

Table 4. Typical thermal properties of open hearth checker bricks.

Bricks	Specific heat*	Bulk density	Thermal conductivity	Thermal diffusivity	Total emissivity
Chrome-magnesite	0.28 kcal/kg °C	2.90 g/cc	2.00 kcal/m.h.°C	0.00246 m <sup>2</sup> /h	0.87
Fireclay	0.27	2.00	1.00	0.00185	0.60

\* at 1200°C

熱交換性に関連する各種の要因の中で、煉瓦材質面での条件を示せば、①熱容量(比重, 比熱), ②熱伝導率, ③煉瓦表面の伝熱特性(輻射係数など)がある。とくにダストの付着は熱交換性低下の第一の原因と考えられる。

Table 4 はギッター煉瓦の熱交換性に関連する数値の代表例を示したもので、今後は熱交換性の見地からも煉瓦材質を検討すべきである。

IV. 結 言

(1) クロマグ煉瓦使用中の膨張脆化には、雰囲気の影響がもつとも大きく、Fe-oxide 含有量の低い塩基性煉瓦の使用が望ましい。

(2) シャモット煉瓦の熔損は、Fe-oxide との反応によるもので、煉瓦の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>% を増加する必要がある。

(3) 熱交換性をも考慮した煉瓦材質の検討が、今後の課題である。

文 献

- 1) J. FRANCL & W. D. KINGERY: J. Amer. Ceram. Soc., 37 (1954) 2, p. 99~107
- 2) T. I. LITVINOVA, et al., Ogneupory, 22 (1957) 5, p. 213~222
- 3) A. N. MOIROSHNICHENKO, et. al., ibid., 25 (1960), p. 197~207
- 4) J. F. SCHAIRER & K. YAGI: Am. J. Sci, Bowen Volume, (1952) p. 489

(60) 大量酸素使用時の平炉燃焼法の研究

川崎製鉄千葉製鉄所

○三枝 誠・塩川 信正

Research of Combustion Control for Open Hearth Furnaces Using Bulk Oxygen.

Makoto SAIGUSA and Nobumasa SHIOKAWA

I. 緒 言

平炉における酸素の大量使用は製鋼能率を大巾に増大せしめたが、この場合でも燃焼方式の能率におよぼす影響は無視できない。千葉製鉄所の平炉においては、「製鋼能率—稼働率をも含めて—を増進させること」を条件として燃焼方式を決めているが、この経緯と現状を報告する。

II. 燃料停止試験

酸素原単位が大きく増加した 33 年秋に、酸素吹込時に燃料を完全に停止する試験を行なった。間歇的に行なつた試験ヒートの成績は Table 1 に示すように満足すべきものであつたが、連続的に操業を行なつたところ、しだいにギッター温度が低下し製鋼時間が延長したので、これを中止した。そこでつぎに、製鋼能率を上げ炉体損傷を少なくすることを目的に、脱炭によつて発生す

Table 1. Result of three tests.

		Fuel cut-off test		First test		Second test		
Date		1959 June		1960 March		1960 May		
Operating furnaces		100 t fc. × 3		100 t fc. × 3 150 t fc. × 2		100 t fc. × 3 150 t fc. × 3		
	Unit	Test heat	Comparative heat	Test heat	Comparative heat	Test heat	Comparative heat	
Number of heats		13	15	10	11	56	63	
Average value	Heat time	0'	3°13'	3°10'	3°33'	3°34'	3°18'	3°23'
	Time between hot metal teeming and tap	0'	—	—	2°15'	1°58'	2°02'	2°28'
	O <sub>2</sub> consumption	Nm <sup>3</sup> /t	48.9	50.1	21.8	18.4	42.5	45.7
	Fuel consumption	kcal × 10 <sup>3</sup> /t	135	235	352	400	346	311
	Tap temperature.	°C	—	—	—	—	1612	1590
Hot metal	%	70~80		48.1	49.0	48.8	47.0	
Cold pig iron	%	0		7.7	6.0	14.0	17.6	

る CO ガスを完全燃焼して、その分だけ燃料を減らすことができるような燃焼基準を設定することとした。

III. 燃焼基準の設定

1 燃焼基準設定のための計算の基礎

燃焼基準作成に当って使用した条件、計算式はつぎのとおりである。

(条件)

- i 吹込空気量  $L: 10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$
- ii 酸素効率  $\eta: (\text{脱炭反応で CO になる } \text{O}_2 \text{ 量})/(\text{吹込酸素量})$
- iii 燃焼熱量 重量:  $9500 \text{ kcal/l}$   
 Cガス:  $4650 \text{ kcal/Nm}^3$   
 CO :  $3035 \text{ kcal/Nm}^3$
- iv 各種理論空気量燃料に対する  
 重油:  $10 \cdot 3 \text{ Nm}^3/\text{l}$   $1 \cdot 08 \text{ Nm}^3/10^3 \text{ kcal}$   
 Cガス:  $5 \cdot 0 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$   
 $1 \cdot 08 \text{ Nm}^3/10^3 \text{ kcal}$   
 CO :  $2 \cdot 4 \text{ Nm}^3/\text{Nm}^3$   
 $0 \cdot 79 \text{ Nm}^3/10^3 \text{ kcal}$
- v 過剰空気率 120%
- vi 装入中は完全燃焼できる最大熱量をとる。
- vii 酸素吹込中は発生COと燃料が完全燃焼できるように、酸素、燃料、空気をとる。

(計算式)

$x$ : 酸素流量  $\text{Nm}^3/\text{mn}$   
 $y$ : 燃料燃焼熱  $\times 10^6 \text{ kcal/h}$   
 $H$ : 必要熱量 (燃料燃焼熱量 + 発生 CO 燃焼熱量)  $\times 10^6 \text{ kcal/h}$   
 $A$ : 必要通入空気量  $\times 10^3 \text{ Nm}^3/\text{h}$  とすると  
 $H = (x \times 60 \times \eta \times 2 \times 3035 \times 10^{-6}) + y \dots\dots (1)$   
 $A = \{x \times 60 \times \eta - x \times 60 \times (1 - \eta)\} \div$   
 $0 \cdot 21 \times 10^{-3} + y \times 1 \cdot 08 \times 1 \cdot 2 - 0 \cdot 5 L \dots\dots (2)$

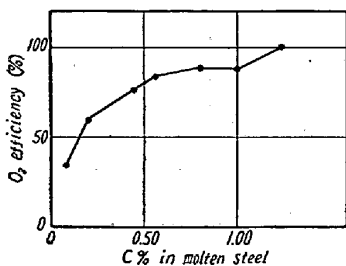


Fig. 1. Variation of O<sub>2</sub> efficiency [= O<sub>2</sub>(B)/O<sub>2</sub>(A)] in several C ranges.  
 O<sub>2</sub>(A): O<sub>2</sub> sent into the bath through the lance  
 O<sub>2</sub>(B): O<sub>2</sub> consumed for decarbonization

となる。この式のうち、 $\eta$ と $L$ を調べ、 $H$ または $A$ を決めれば $y$ が $x$ の函数として出てくる。すなわち必要熱量または、必要通入空気量を決めれば、酸素流量によつてとるべき燃料通入量が決つてくる。

2 予備試験と燃焼基準の作成

まず $\eta$ の値を調べるため、20ヒートにつき試験した。Fig. 1がその結果で、 $C > 0 \cdot 30\%$ の平均値は、 $\eta = 0 \cdot 88$ であつた。吸込空気量については、最初  $6000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ という仮定をしたが、試験の結果、 $8000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ が妥当なようであつた。つぎに必要な熱量であるが、これについては仮計画を立てて実際操業で試験を行ない、この結果から仮計画を修正して行く方式をとることとし、二回の試験を行なつた。

第一回試験

(条件)  $H = 21$   $L = 6$   $\eta = 0 \cdot 88$

第二回試験

(条件)  $A = 27$   $L = 8$   $\eta = 0 \cdot 80$

第一、二回の試験の結果を Table 1 に示す。第一回試験は熱量原単位の減少を狙つたのに対し、第二回試験は製鋼時間の短縮が目的であつた。このため、通入可能最大限の二次空気を送り込み、それにより完全燃焼する最大熱量をとつた。この方法で熔解が促進され熔鋼温度の上昇が早くなれば鉍石投入によりさらに能率を増進しようとするものである。ただしこの場合は当然炉体の損傷が問題となる。これら二回の試験の結果、つぎのことが判つた。

必要熱量 (必要空気通入量) :  $21 \times 10^6 \text{ kcal/h}$  では少な過ぎる。一方、通入空気量  $27000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  では、炉体の損傷が激しい点で問題はあつたが能率は確かに上る。

吸込空気量 :  $8000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  がよさそうだ。ガス分析の平均値は、南北上昇道で  $\text{O}_2 = 2 \cdot 6\%$   $2 \cdot 4\%$   $\text{CO} = 0 \cdot 9\%$   $0 \cdot 6\%$  であつた。

酸素効率 : 第一回  $77 \cdot 3\%$  第二回  $75 \cdot 3\%$

この結果から新燃焼基準の設定条件として、 $A = 24$   $L = 8$   $\eta = 0 \cdot 80$  をとることにした。

これを (2) 式に当てはめると、

$0 \cdot 17x + 1 \cdot 3y = 28 \dots\dots (2)'$  となる。

炉前では二次空気量を  $24000 \text{ Nm}^3/\text{h}$  と一定にして置き、酸素の圧力、流量により燃料通入量を決めることにした。こうして 35 年 8 月に Table 2 に示す燃焼基準を作成した。

IV. 新燃焼基準の実施状況

千葉製鉄所においては、発生酸素を球型ホルダーに圧送し、そこから減圧弁で圧力  $9 \text{ kg/cm}^2$  に落して炉前に送つている。酸素の供給が十分な場合の酸素吹込み状況は、圧力  $9 \text{ kg/cm}^2$ 、ランス 8 本 ( $60 \text{ Nm}^3/\text{mn}$ ) の形となる。この場合の燃料通入量は、 $13 \cdot 5 \times 10^6 \text{ kcal/h}$  と一定になるので、これをチャートに記入し操業しやすくした。ところが 6 基の炉が新設、改造を終つて整備され

Table 2. Standard combustion control.

	Fuel $\times 10^6$ kcal/h	Secondary air $\text{Nm}^3/\text{h}$	Excess air factor %	Atomized air $\text{Nm}^3/\text{h}$	Furnace pressure mmAq
Reconditioning period	15.0	17,000	105	1,000	1.8~2.3
Charging period	24.0	27,000	105	1,000	3.0
O <sub>2</sub> blowing period	According to following table	24,000	170 (Hand operated)	700	2.6

Fuel supply (O<sub>2</sub>-blowing period)  $\times 10^6$  kcal/h

O <sub>2</sub> volume $\text{m}^3/\text{min}$	O <sub>2</sub> pressure $\text{kg}/\text{cm}^2$					
	20~30	30~40	40~50	50~60	60~70	70~80
5~6	19.0	18.0	17.0	16.0	15.0	14.0
6~7	19.0	18.0	16.5	15.5	14.5	13.5
7~8	18.5	17.5	16.5	15.0	14.0	13.0
8~9	18.5	17.5	16.0	15.0	13.5	12.5
9~10	18.5	17.0	16.0	14.5	13.0	12.0
10~11	18.0	17.0	15.5	14.0	13.0	11.5

For the O<sub>2</sub>-blowing period, the secondary air supply is held constant ( $=24,000\text{Nm}^3/\text{h}$ ) by hand-operated control, and the fuel supply is controlled in accordance with the table above, depending on the change of O<sub>2</sub> pressure and volume, except the case that C% in molten steel is below 0.30.

た現在、酸素の供給はやや不足気味の時が多く、使用酸素の圧力、流量の変動が大きいので、この基準は守り難いものとなつてゐる。この対策として後章で述べる ACC の改造が考えられているが、 $4200\text{Nm}^3/\text{h}$  酸素発生設備が近く稼働するので、ふたたび簡単な形に戻れるものと期待している。なお、この守られ難い時期の間に、基準の遵守状況を各炉ごとに調べ、一週間ごとにまとめて、これと酸素原単位、炉況などと、製鋼能率、熱量原単位の関係を調査し、現在の基準の妥当性のチェックを行なつてゐる。

#### V. 自動燃焼装置 (ACC) の改造

現在の ACC は酸素吹精によつて発生する熱量、またそれに伴つて発生する CO の燃焼熱および燃焼空気については全然考えられていない。酸素の大量使用により燃焼制御は手動で行なわざるを得なくなつたが、この操作は非常に複雑である。そこで上記 CO を考慮に入れた ACC に改造すべく計画中で、4, 5, 6 号では 7 月に実現の予定である。この改造によつて、酸素の圧力、流量の変動に対応して、炉内に常に一定の熱量を通入するような複雑な燃焼操作を自動的に行なうことが可能になる。

#### VI. 結 言

酸素大量使用時の燃焼方法を調べてつぎの結論を得た。

i 燃料を酸素使用時に完全に停止する操作は連続的に行なつた場合、製鋼能率を落とす結果となつた。

ii 酸素の脱炭効率を調べた。熔銑注入後、 $C > 0.3\%$  までの平均で大体 80% である。

iii 試験の後、酸素吹込時二次空気を  $24000\text{Nm}^3/\text{h}$  と一定にして、発生する CO および通入燃料を完全燃焼させる燃焼基準を作成した。

iv 6 基の平炉が整備された現在、上記基準は実際作業上、酸素供給量の変動が激しいため、複雑な操作を必要とするので、自動燃焼装置の改造が計画され、近く実現の予定である。

#### (61) 熔鋼酸素計によるセミキルド鋼の脱酸調整について

日本鋼管川崎製鉄所 北村 洋二  
 〃 技術研究所 中村 正十  
 〃 川崎製鉄所 長 昭二  
 〃 〃 〇田 中 駿一

#### Deoxidizing Control of Semi-Killed Steel by Using an Oxygen-Meter.

Yoji KITAMURA, Masato NAKAMURA,  
 Akiji CHO and Shunichi TANAKA

#### I. 緒 言

従来、熔鋼中のガス含有量とくに酸素含有量の測定についていろいろの研究、調査が行なわれているが、熔鋼を熔融状態で直接ガス量を定量することは困難であり、