

示している  $Al_2O_3$ 、および 30mm 付近まで高濃度に吸収されている Fe-oxide が注目される。

焼成ドロマイト煉瓦の主要構成鉱物の一つである tricalcium-Silicate ( $3CaO \cdot SiO_2$ ) は  $1200^\circ C$  付近でつぎのごとく分解して Free CaO を生成する<sup>1)</sup>。

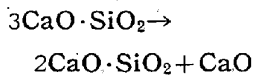


Table 3 は使用後煉瓦中の free CaO を錯酸アンモニウム改良法で定量した結果を示したもので、この free CaO の起源は  $3CaO \cdot SiO_2$  と考えられ、煉瓦内に発生する亀裂の位置と free CaO の最大濃度位置の良好な一致は亀裂発生機構解明の一つの手掛りとなりそうである。

Table 3. Free CaO contents with distance behind the hot face in a burnt dolomite brick after 316 heats service.

Distance behind the hot face	Hot face	40mm	90mm	140mm	170mm
Free CaO (%)	0.38	1.50	1.78	1.55	0.63

稼働面に検出された主要鉱物は periclase ( $MgO$ )、magnesio-ferrite ( $MgO \cdot Fe_2O_3$ )、monocalcium-ferrite ( $CaO \cdot Fe_2O_3$ ) であった。

焼成ドロマイト煉瓦の損耗機構は炉内より Fe-oxide をはじめとする各種成分を吸収し稼働面が一定の熱間粘性値に達したとき熔損されると考えられ、稼働面での機構は上述のタールドロマイト煉瓦と同様であるが、炉内成分を深部まで吸収する点が大きな特徴である。したがってこの場合煉瓦の損耗を律速するのは炉内成分の吸収速度であると考えられ、これは煉瓦の化学的鉱物学的組成、組織の構成および内張内の温度勾配などの影響を受ける。また亀裂の発生も副次的ではあるが損耗と関連する可能性がある。

#### IV. 結 言

純酸素転炉内張に使用したドロマイト煉瓦の使用後試験結果に基づいてその損耗機構を考察した。

(1) 純酸素転炉におけるドロマイト煉瓦の損耗の問題は J. WHITE ら<sup>2)</sup>が報告しているごとく三成分  $MgO-CaO-Fe_2O_3$  系の問題として扱ってよい。稼働面に検出

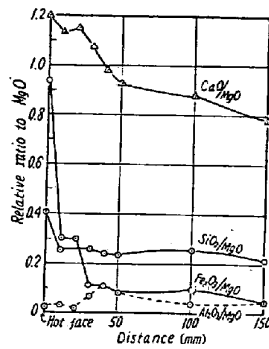


Fig. 2. Distribution of absorbed components with a distance behind the hot face in a burnt dolomite brick after 316 heats service.

された諸鉱物がそれを裏付けている。

(2) タールドロマイト煉瓦の損耗は炉内成分との反応による稼働面の耐火性の低下により起り、その速度は恐らく脱炭層の生成により律速される。

(3) 焼成ドロマイト煉瓦の損耗機構もタールドロマイト煉瓦と同様であるが、その律速段階は炉内成分の煉瓦内への吸収反応と考えられる。

#### 文 献

- 1) E. T. CARLSON: Bur. Standards J. Res., 7 (1931) 5, p. 893~902
- 2) W. F. FORD & J. WHITE, Refractories J., (1958) 4, p. 171~174

### (66) 純酸素転炉による優良低磷高炭素鋼の熔製

八幡製鉄所製鋼部

前原 繁・○若林一男・成田 進・武田雅男  
Production of Superior Low-Phosphorous High-Carbon Steel with an Oxygen-Converter.

Shigeru MAEHARA, Kazuo WAKABAYASHI,  
Susumu NARITA and Masao TAKEDA.

#### I. 結 言

当八幡製鉄所洞岡転炉工場の優良低磷高炭素鋼熔製の概略を説明する。

#### II. 高炭素鋼熔製の二方法

LD法による高炭素鋼熔製については、低炭素水準まで吹錬し加炭する方法と、目標の定点で吹錬を止めて目標の炭素水準で捕える方法とが考えられる。

前者は出鋼前に熔銑または熔融スピーゲルを添加するか、出鋼時に取鍋中に加炭剤を添加する方法などが考えられる。熔銑使用の場合、成品 P, S を考慮した熔銑 P, S また熔銑の C/Mn 比もある制限を受ける。加炭剤を多量炉内および取鍋に添加することは成品窒素において転炉鋼の有利性を捨てるものとなり、成分適中率も変動が余儀なくされまた再現性も不確実となるであろう。

これに反して後者の炭素捕捉法 (catch-carbon process) は、吹錬時間の短縮、酸素原単位の節減、鋼浴中の酸素が低いことによる脱酸剤の節減、鋼中窒素が低いなどの有利な点が認められる。

#### III. 洞岡転炉における優良低磷高炭素鋼の熔製 (Catch-Carbon Process)

試験の終点目標成分および目標温度は下記に示すとおりである。

イ. 目標成分: [C] 0.50~0.60%

: [P], [S] ≤ 0.030%

ロ. 目標温度: 1580~1600°C

(1) 第1次試験 (1960年5月)

試験を始めるに当つて吹錬方法に one-slag を採るべきか two-slag 法を採るべきかが問題になるが, Fig. 1 に洞岡 50 t 転炉の one-slag 法採用の場合の鋼浴成分および鋼滓成分の変化を示す。図から分かるように Si 吹期後の鋼浴中 [P] は 0.070% 近くに低下するが吹錬中期には脱磷は進行せず 17~18 分頃からふたたび脱磷反応が進行してくる。したがつて [C] 0.50~0.60% 付近で吹錬を中止しても, 鋼浴中 [P] は 0.085% 近くあり, したがつて現在使用中の熔銑成分では今回の高炭素鋼熔製の場合は, 当然 two-slag 法を採用せねばならない。

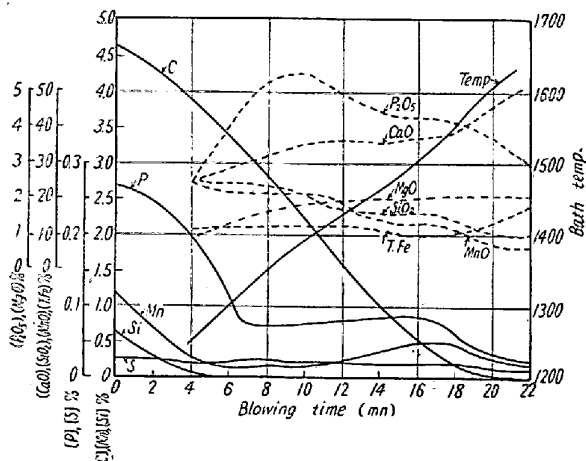


Fig. 1. Changes of chemical compositions of the bath and slag with time at the Kukioka 50t oxygen converter.

two-slag 法では既発表のように Si 吹期において scale を富化し, 高压吹錬を行ない scale に slag の滓化助長剤というよりも, いち早く酸化性 slag をつくり強烈に炉内の攪拌を行ない, しかも鋼浴を低温に保つという役割を果させて Si 吹期での脱磷を図つた。さらに今回は Si 吹期の石灰はその滓化率を促進するために細粒石灰 (10~20mm) を使用した。

吹錬は試験基準(省略)にしたがつて行なわれたが, とくに中途排滓後は soft-blow し slag 滓化に留意し目標点で吹錬を中止した。しかし第1次試験はまったく不満足な結果に終つた。その成績を Table 1 に示す。成功しなかつた理由としては Si 吹期後の鋼浴温度が高すぎ (1420~1500°C) したがつて Si 吹期後の鋼中 [P]

が 0.050~0.130% と非常に高かつたためでありその状況下では two-slag 法で中途排滓する意味も失われた。

転炉の熱源は熔銑の顕熱と潜熱であり, 高炭素領域で終点目標温度を確保するためには熔銑の使用比率を増す必要があつたが, 第1次試験の結果 Si 吹期直後すなわち中途排滓時の鋼浴温度を脱磷のため低くする必要が生じた。

したがつてその後の C 吹期で目標 [C] にて目標温度を確保するためにはなんらかの熱源が必要となりその対象として coke を選んだ。しかし coke の添加は多量必要であり (28 kg/製出鋼 t) 現状では装入方法に問題がありまた目標 [C] を catch する上で作業の標準化は困難と思われた。

(2) 第2次試験 (1960年9月)

第2次試験では Si 吹期に脱磷を C 吹期で catch carbon に主眼をおいた。Si 吹期の作業の要点としては Si 吹後 [C], Si 吹後の鋼浴温度を目標に合せ鋼中 [P] を最小にし slag 流動性排滓に留意のため吹錬基準を若干第1次試験よりも変更したがその骨子は変わらない。

そして Si 吹期終了後, 中途排滓を行なつたのち, 鋼浴温度上昇, 早期造滓, slag 流動性の三者の役割を兼ねさせて炉内に Fe-Si を投入した。また Fe-Si と併用した coke は鋼浴温度上昇よりも吹錬時間を延長して slag formation をよくする時間的余ゆうを与える意味で用いられた。

試験は順調に進みこの方法では脱磷および catch-carbon も目標内の成分が得られた。その結果は Table 1 に示してある。

(3) 第2次試験の熱精算

第2次試験において中途排滓後 Fe-Si と coke を炉内投入した。普通操業では出熱の項目の中の「その他不明損失」が 8% 程度という結果が出ているので今その不明損失を 8% として計算すると出熱の計は  $512.3 \times 10^3$  kcal/t となる。入熱の計算の場合 Fe-Si と coke を除いて計算すると入熱の計は  $495.3 \times 10^3$  kcal/t となるから出熱と入熱の差の  $17.0 \times 10^3$  kcal/t が両者のもたらした熱量と考えれば Fe-Si, coke の全体の効率は約 45% 程度と考えられる。

またこの熱精算から Fe-Si, coke 投入なしで熱的バランスを得るためには 68 t 装入で約 8% の熔銑配合率を上げることが必要となりこれは Table 1 において全装入量が異なるけれども屑鉄配合率が約 9% 違つているのと大体一致する。

(4) Catch Carbon の技術

Table 1 Result of test heats.

		Pig	Scrap	Total	Scrap ratio	Flux <sub>1</sub>			Flux <sub>2</sub>					
						Lime	Scale	Fluos	Lime	Scale	Fluos	Silica	Fe-Si	Coke
A n = 5	Average	t 55.0	t 3.2	t 58.2	% 5.5	t 2.6	t 2.9	t 0.21	t 2.2	t 0.6	t 0.29	t 0.49	t 0	t 0
	Range	49.0~ 57.5	2.0~ 4.5	51.0~ 60.2	4.0~ 7.5	2.5~ 2.8	2.5~ 3.0	0.20~ 0.25	1.0~ 2.8	0~ 1.0	0.25~ 0.30	0.45~ 0.50	0	0
B n = 3	Average	59.2	8.8	68.1	13.0	2.0	3.0	2.0	2.0	1.0	0.32	0	250	300
	Range	59.0~ 59.5	8.5~ 9.5	68.0~ 68.2	12.5~ 13.2	2.0	3.0	2.0	2.0	1.0	0.30~ 0.35	0	250	300
C n = 5	Average	59.3	8.9	68.1	12.9	2.0	3.0	0.25	2.0	1.0	0.41	0	290	420
	Range	59.0~ 59.3	8.5~ 9.0	68.0~ 68.2	12.5~ 13.2	2.0	3.0	0.25	2.0	1.0	0.35~ 0.45	0	250~ 300	300~ 500

		After Si-blow			At catch carbon			
		[C]	[P]	Temp.	[C]	[P]	[S]	Temp.
A n = 5	Average	3.00	0.087	1452	0.46	0.052	0.014	1600°C
	Range	2.51~3.90	0.058~ 0.130	1418~1510	0.35~0.65	0.041~ 0.066	0.012~ 0.015	1579~1624
B n = 3	Average	3.10	0.022	1355	0.40	0.022	0.020	1590
	Range	3.06~3.15	0.017~ 0.028	1343~1365	0.34~0.68	0.020~ 0.028	0.018~ 0.023	1580~1596
C n = 5	Average	306	0.020	1355	0.45	0.017	0.016	1591
	Range	302~310	0.017~ 0.026	1345~1362	0.52~0.56	0.012~ 0.025	0.015~ 0.017	1580~1600

A: Primary test, B: Secondary test (preparatory), C: Secondary test.

今回の試験では、目標の定点での catch carbon には別に特別な装置は設けず、酸素量、吹錬時間、炉口からの火花判定を参考にした。その結果実際上では一定の熔銑を使用し精密な酸素流量計で吹込酸素を管理すれば catch carbon もさして困難でないことが明らかとなった。

しかし catch carbon した後は汲取試料の火花肉眼判定では正確な carbon 値は分らなかったし吹止時に目標 [C] 値より高い [C] 値も得られた。(Table 1 参照) したがって catch carbon 後は成品 [C] の厳しい範囲内では迅速分析で確認することが必要である。

将来分析技術が発達すればこの迅速分析待時間も短縮されよう。

(5) 鋼中酸素について

catch carbon 法によつてある一定点で吹錬を止めてそのまま出鋼可能であるかどうかは鋼中酸素が Fe-C-O 系平衡よりどれほどずれているかを調べる必要がある。鋼中の [C] と [O] は Fe-C-O 系にしたがつて推移することはよく知られているが MARSHALL and CHIPMAN によるとその関係は  $P_{CO} + P_{CO_2} = 1$  at の場合 Fig.

2 のようである。

Fig. 2 には八幡平炉および 29~32 年まで操業された 5 t 試験転炉の値も付した。洞岡 50 t 転炉のデータは 1960 年 1 月~11 月間の成績であり高炭素領域のデータ (●印) は今回の catch carbon 試験のデータである。

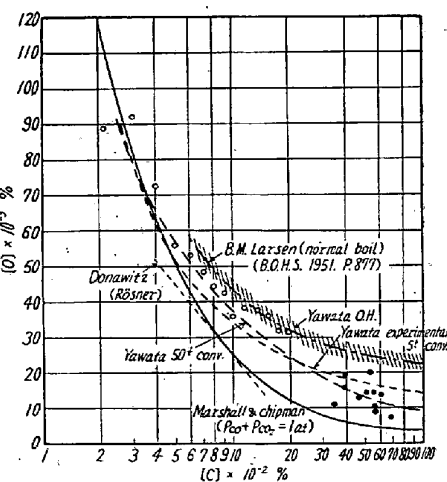


Fig. 2. Relations between [C] and [O] in Fe-C-O system.

図中洞岡 50 t 転炉の曲線は大体 5 t 試験転炉の曲線とほぼ一致し [C] 0.04% で平衡値に達しているが高炭素領域では試験転炉よりもやや平衡線に近づいているようである。いずれにしても平炉鋼の鋼中酸素に比して明らかに平衡線からのずれは小さく、したがって catch carbon ができれば平炉法より少量の脱酸剤で介在物の

Table 2. The mean value of [O] content in ingots.

[C] × 10 <sup>-2</sup> %	2.1	3	4	5	6	7	8
Sample No.	4	7	32	113	84	66	34
[O] × 10 <sup>-3</sup> % Average	88.8	91.3	70.3	56.0	53.0	48.7	44.4

[C] × 10 <sup>-2</sup> %	9	10	11~12	13~14	15~16	17~18	19~20
Sample No.	29	21	23	9	7	5	4
[O] × 10 <sup>-3</sup> % Average	42.5	35.9	38.3	37.9	35.6	31.8	31.8

少ない清浄な高炭素鋼を熔製することができる。また鋼中の [N] および [O] も catch carbon 時で [N] = 0.0017%, [H] = 1.3ppm と低く優秀なものが得られた。

#### IV. 結 言

純酸素転炉において低燐高炭素鋼を熔製する場合、two-slag 法を採用せねばならぬがそのさい Si 吹期後温度を低くするためには Si 吹時後なんらかの熱源を加えることが必要であり、中途排滓後 Fe-Si と coke を炉内添加した。また酸素量と吹錬時間を規制することにより catch carbon 法の見通しもつき LD 法による優良低燐高炭素鋼を熔製することができる。

#### 文 献

- 1) MARSHALL & CHIPMAN: Trans. Amer. Soc. Metals. (1942) p. 695

## (67) 純酸素転炉による厚鋼板の熔製

八幡製鉄所製鋼部

前原 繁・若林一男・○山口豊明・阿南春男

### Production of Ship Plates with an Oxygen-Converter.

Shigeru MAEHARA, Kazuo WAKABAYASHI

Toyoaki YAMAGUCHI and Haruo ANAMI.

#### I. 結 言

当八幡製鉄所洞岡転炉では、純酸素転炉による熔製鋼種の拡大について、たえざる努力を続けて来たが、このたび造船用厚鋼板の熔製態勢を確立し 1960年5月11日ロイド規格 P4(S-K) P5(S-K, K), 1960年7月1日AB規格 section 39, クラスA, B, CおよびT/ABについて承認を得た。さらに現在 NK, NV ロイドX NT, について承認申請中であるが、すでに 1960年末現在厚鋼板用鋼塊 14,000 t 余り出鋼し標準作業の整備作業熱錬度の向上など、見るべきものがあるので、ここに作業方法および鋼板品質の一例としてロイド承認試験結果を紹介する。

#### II. 熔 製 法

吹錬法としては極軟鋼とほとんど変りないが、復燐に注意するほかone slag法で行なつた。[C]適中は catch carbon 法を採用し [C] 分析を行なつて出鋼するため約 12 分間の熔製時間の延長がある。

#### III. 熔 製 結 果

Table 1-2 に ladle analysis および脱酸剤使用量を示す。[C] [Mn] とともに安定した成分を示し [P] [S] [O] [N] [H] は低いところで安定している。

#### IV. 材質試験結果

Table 1-1. Operational data. (1)

Class	Marks	Materials		Scrap ratio (%)	Yield (%)	Fluxes				Oxygen Nm <sup>3</sup> /t-Ingot	Time(mn)		End point		
		Pig (t)	Scrap (t)			Lime (t)	Lime stone (t)	Scale (t)	Fluor (t)		Flow	Ope-rate	[C] (%)	[Mn] (%)	Temp. (°C)
P-4 (S-K)	1	50.5	6.0	10.6	91.0	3.7	1.0	2.0	0.15	55.5	21.61	47	0.14	0.40	1604
	2	50.4	6.5	11.4	92.7	3.5	//	//	//	51.7	21.28	41	0.15	0.30	1586
	3	//	//	//	91.8	3.7	//	//	//	53.7	22.20	44	0.10	0.38	1602
	4	48.0	7.0	12.7	88.3	3.8	//	//	//	58.1	21.40	45	0.06	0.30	1605
P-5 (S-K)	5	53.0	7.0	14.5	88.7	3.7	1.0	2.0	0.15	57.9	24.48	51	0.09	0.24	1591
	6	53.7	9.0	14.3	91.3	//	//	//	//	55.3	24.57	//	0.07	//	1595
	7	53.0	8.0	13.1	92.4	//	//	//	//	56.9	23.98	44	0.06	0.26	1641
	8	//	//	//	94.4	//	//	//	//	52.3	24.03	45	0.09	0.27	1588
P-5 (F-K)	9	56.4	7.0	11.4	89.6	3.5	1.0	2.0	0.14	57.0	22.1	52	0.08	0.28	1617
	10	50.6	8.5	14.4	91.7	3.7	//	//	0.15	57.3	21.3	47	0.04	0.22	1608
	11	53.6	9.0	//	85.0	3.4	//	//	0.18	59.5	22.2	47	0.09	//	1623
	12	51.4	7.5	12.7	91.9	3.6	0	//	0.14	57.5	21.6	44	0.06	0.24	1638