

Fig. 6. Comparison of SAC hardenability of L.D., O.H.F. and Elec. Arc F. Steel.

あつた。

(6) 地 疵

学振第1法にもとづく3段割り地疵試験の結果では、平炉材にやや多いものが見られたが、転炉材は電気炉材と同等、あるいはやや良好であつた。

(7) 機械的性質

丸鋼鍛造材(焼準状態)の機械的性質は Table 4 および Fig. 5 に示すごとくで、RINEBOLT によるカーボン当量に対する機械的性質ではほとんど差は見られなかつたがカーボン当量の高い所で電気炉材の引張強さがやや高く、転炉材の伸びがやや高い傾向を示した。シャルピー衝撃値およびロックウエル硬度については、明りよ様な差は認められなかつた。

(8) 焼入性

焼入性は化学成分およびオーステナイト結晶粒度によつて左右されるので、SAE法による鋼片試料のSAC焼入性測定値のうちA値と、化学成分およびオーステナイト結晶粒度とから算出した理想臨界直径 D_1 との関係进行调查した結果は Fig. 6 に示す通りである。Fig. 6 では転炉材、平炉材、電気炉材には全く差は見られず、したがつて転炉鋼の焼入性が低く現われるのは転炉鋼の鋼質自体の問題ではなく、化学成分、特にCr, Ni, Cuなどの不純金属元素が少いためと思われる。

IV. 結 言

高炭素鋼の試作開始以来、数次にわたつて吹錬方法の検討を行なつた結果、溶銑中の[P]%が0.200%以下であれば、C0.55%程度の鋼種を、シングルスラグ法により成品Pを0.030%以下に抑えて溶製することができると見通しが得られた。また鋼質的にも平炉、電気炉鋼に比して何ら遜色のないことがわかつた。

純酸素転炉による高炭素鋼の溶製

神戸製鋼所神戸工場

杉沢英男・佐伯 修・○光島昭三
同 中央研究所

成田貴一・富田昭津

On Melting of High Carbon Steel by Oxygen Process.

Hideo SUGIZAWA, Osamu SAHEKI,

Shozo MITSUSIMA, Liich NARITA

and Akitu TOMITA

I. 緒 言

昭和36年、当社灘浜工場に公称60t純酸素転炉が設置されて以来、順調な操業を続けているがその間溶製鋼種の開発に勉めた結果、現在では数十種におよぶ鋼種の溶製をおこなつている。その内容は、操業当初においては低炭素鋼を主体とし、順次操業の安定とともにさらに高炭素域の検討を進め、溶製鋼種も中炭素鋼、高炭素鋼におよび現在では平炉、電炉にて溶製された高炭素鋼と比較してなんら遜色のない鋼を転炉にて安定した操業のもとに溶製を行なつている。

本報においては、転炉による高炭素鋼の溶製についてその操業経過と2~3の検討結果について報告する。

II. 高炭素鋼の溶製方法

転炉による高炭素鋼の溶製方法としては主原料である溶銑の[P]含有量、成品として要求されるP含有量によつて①ダブルスラグ法、②シングルスラグ法が。また吹止め目標炭素の捕捉方法によつては、①キャッチカーボン法、②加炭法

の4方法の組合せが一般に採用されている。

当社は操業の経済性ならびに作業性を考慮して、最終的にはシングルスラガー・キャッチカーボン法の採用に目標をおきまずダブルスラグキャッチカーボン法の検討から開始した。

III. ダブルスラグ・キャッチカーボン法による溶製

ダブルスラグ法は先にも記したごとく、原料溶銑の[P]含有量が高い場合には有効な方法であるが、吹錬途中の排滓にともなう製鋼時間の延長、あるいはそれに附随する作業の繁雑さ、溶鋼歩留の低下、など問題になる点が少なくない。

特に、吹錬終点期における脱磷の達成度および鋼浴温度の確保に関する排滓の時期ならびに排滓の方法について検討する必要がある。

そこで試験溶製にあつては、主副原料、吹錬条件を Table 1 に示すごとくきめ排滓時期の検討を行なつた。

1) 1次吹錬の検討

試験溶製にあつては次の点に重点をおいた。すなわち①早期造滓による脱磷の促進および多量排滓方法の検討 ②鋼浴温度の確保 である。

最終々点時の鋼中の[P]%は一次吹錬期の脱磷達成度にかなり支配されると思われるのでこの期間の脱磷を出来るだけ促進させ、しかも出鋼温度を確保するためには一次吹錬の終点時期の決定は重要である。

Table 1. Operating conditions.

1st Blow	
Hot metal	69 t/ch
Raw materials	
Burnt lime	(CaO/SiO ₂ ; 3.0)
Iron ore	1500 kg/ch
Mill scale	1500 kg/ch
Fluorspar	200 kg/ch
O ₂ pressure	5~7 kg/cm ²
Lance height	1.4~1.5m
2nd Blow	
Raw materials	
Burnt lime	(CaO/SiO ₂ ; 4.0)
Iron ore	500 kg/ch
Mill scale	700 kg/ch
Acid O.H.F. slag	800 kg/ch
Fluorspar	300 kg/ch
O ₂ pressure	3.5~6.0 kg/cm ²
Lance height	1.4~1.5m

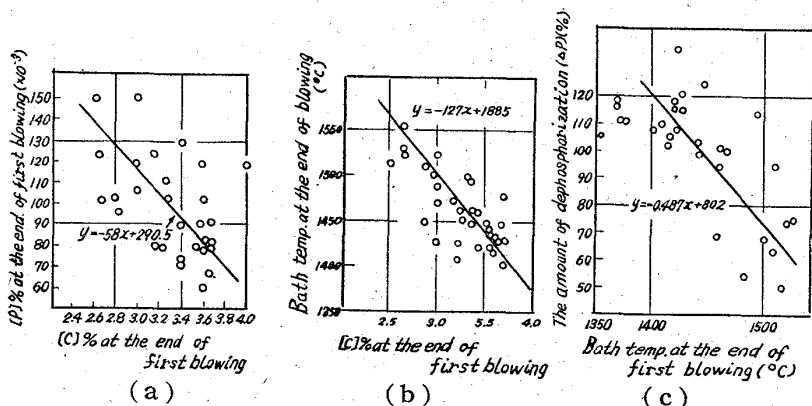


Fig. 1 (a) Relation between [C]% and [P]% at the end of 1st blowing.
 (b) Relation between [C]% and bath temp. at the end of 1st blowing.
 (c) Relation between bath temp. and the amount of dephosphorization at the end of 1st blowing.

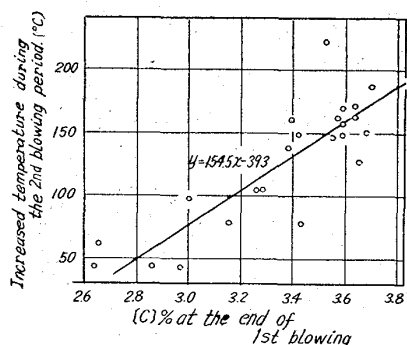


Fig. 2. Relation between [C]% at the end of 1st blowing and increased temperature during the 2nd blowing period.

Fig. 1 a) は一次吹錬終点の炭素量と P 含有量, b) は一次吹錬終点の鋼浴温度と炭素量, c) は一次吹錬終点の鋼浴温度と脱磷を示したのであるが, 図よりわかるごとく, 一次吹錬の脱炭量が少いほど鋼浴温度は低く, しかも脱磷はかなり進行している. しかし脱炭量が少ないということは一次吹錬中の反応の時間が短いことを意味し, このために造滓が不完全になり脱磷が期待でき

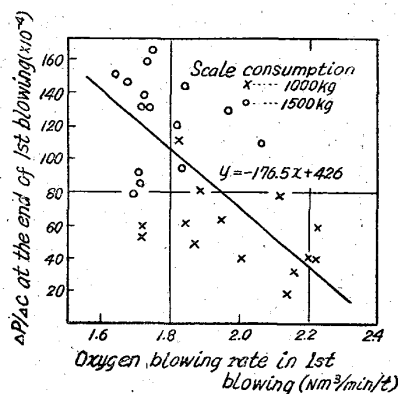


Fig. 3. Relation between $\Delta P/\Delta C$ and oxygen blowing rate at the 1st blowing.

ぬ状態を呈する恐れもある.

また二次吹錬における鋼浴温度の上昇と一次吹錬終点の [C]% との関係は Fig. 2 に見られるごとく一次終点の [C]% が高いほど温度上昇は大きくなるのがわかり二次吹錬期における造滓生成時間の問題を考慮して一次吹錬終点が時期としては

- ① 一次吹錬期の脱炭量が 0.70~0.90 % である
- ② 一次吹錬終点の鋼浴温度が 1,350°C ~ 1,390°C

の範囲の場合が適当であることが推定された.

Fig. 3 は一次吹錬期の吹込み酸素速度の影響を示したものであるが, 図より脱磷量と脱炭量の比に対する吹込み酸素の速度の関係は速度がおそいほど脱磷は有利となっていることがわかる.

従つて一次吹錬の酸素圧力は低圧で行なうほど効果的である.

2) 二次吹錬にあつては

- ① 二次造滓の早期達成, ② 目標炭素の捕捉, ③ 出鋼温度の確保
- に重点をおいた.

実際に溶製を行なつた結果, 炭素の捕捉は吹錬時間, 酸素使用量, 火焰状況などにより比較的容易に行なうことができた. しかし鋼浴の温度は一次鋼滓の排出, 二次造滓剤の投入などにより鋼浴温度の上昇が困難で 2 次吹錬にあつては熱源としての Fe-Si などの投入が必要である.

3) ダブルスラグ・キャッチカーボン法による高炭素鋼の溶製例 Table 2 は前記検討結果を参考として操業条件を定め, それにもとづいて溶製を行なつた結果である.

III. シングルslag・キャッチカーボン法による溶製

1) シングルslag・キャッチカーボン法による高炭素鋼溶製の一例,

ダブルslag法による高炭素鋼の溶製の実施とともにシングルslag法による溶製の検討を進めた結果

- ① スケール, 螢石などの多量使用による早期造滓の達成, ② 酸性平炉滓などの投入による鋼滓量の確保および塩基度の調整, ③ 低圧吹錬の実施

Table 2. Operating data for double slag process.

Hot metal 76 t/ch (C: 4.46, Si: 0.69, Mn: 0.71, P: 0.162, S: 0.034)

Raw materials			Raw materials		
1st Blow	Burnt lime	3500~4000 kg/ch	2nd Blow	Fe-Si	Some
	Iron ore	1000 kg/ch		Burnt lime	2500~3800 kg/ch
	Mill scale	2300 kg/ch		Mill scale	1600 kg/ch
	Fluorspar	200 kg/ch		Fluorspar	200 kg/ch and more
	Acid O.H.F slag	300 kg/ch		Acid O.H.F slag	500~800 kg/ch
O ₂ pressure	5.0 kg/cm ²		O ₂ pressure	3.5~5.0 kg/cm ²	

Chemical compositions

	Metal								Slag							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	P ₂ O ₅	MgO
Stop point of 1st blow	3.83	tr	0.22	0.084	0.035	—	—	—	14.23	13.15	4.78	24.31	35.33	12.56	2.90	1.21
End point	0.45	tr	0.29	0.014	0.020	—	—	—	10.99	8.52	2.24	15.78	57.48	4.98	2.16	2.32
Ladle	0.45	0.26	0.71	0.018	0.022	0.07	0.03	0.06	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 3. Operating data for single slag process.

Total charge 82 t (Hot metal 74 t, Scrap 8 t)

Raw materials

Burnt lime	5000~5500 kg/ch	Fluorspar	800 kg/ch
Mill scale	1200~1300 kg/ch	Acid O.H.F slag	600 kg/ch
Iron ore	500~800 kg/ch		

O₂ pressure 3.5~6.0 kg/cm²

Chemical compositions

	Metal								Slag							
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	T.Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	P ₂ O ₅	MgO
Charge	3.91	0.43	0.55	0.193	0.040	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
End point	0.42	tr	0.23	0.015	0.022	—	—	—	10.04	9.43	3.83	10.83	61.52	4.19	3.06	2.21
Ladle	0.45	0.27	0.75	0.020	0.024	0.07	0.04	0.07	—	—	—	—	—	—	—	—

Tap to tap; 45mn, Blowing time; 26min, Metal temp. at the end point; 1618°C

Table 4. Dephosphorization equilibrium value before tapping in case of melting of high carbon steel by single slag method.

Slag composition before tapping							End point [P]	N _{CaO'}	N _{Ca₄P₂O₉}	N _{FeO}	Observed log K'p = N _{Ca₄P₂O₉} / [%P] ² / T	Calculated value log Kp = 40007 / T - 1506	
FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MnO	P ₂ O ₅	MgO							
0.167	0.027	0.218	0.980	0.044	0.024	0.044	0.020	0.636	0.027	0.190	6.22	5.27	6.06
0.124	0.030	0.205	1.012	0.044	0.024	0.102	0.021	0.688	0.027	0.138	6.74	5.30	6.17
0.136	0.030	0.173	1.058	0.054	0.022	0.055	0.016	0.718	0.023	0.139	6.81	5.29	6.14
0.149	0.013	0.189	0.940	0.059	0.024	0.092	0.016	0.687	0.027	0.169	6.55	5.36	6.41
0.136	0.034	0.198	1.000	0.062	0.022	0.062	0.027	0.676	0.025	0.152	6.31	5.31	6.22
0.202	0.040	0.242	0.911	0.066	0.028	0.084	0.030	0.594	0.039	0.282	5.29	5.34	6.33
0.122	0.037	0.228	0.985	0.063	0.025	0.062	0.022	0.634	0.031	0.150	6.72	5.31	6.22
0.126	0.037	0.230	1.028	0.066	0.024	0.059	0.023	0.650	0.028	0.146	6.65	5.34	6.33
0.094	0.075	0.250	0.907	0.065	0.025	0.067	0.023	0.533	0.037	0.138	7.24	5.26	6.03
0.149	0.027	0.191	1.066	0.063	0.021	0.062	0.022	0.704	0.021	0.151	6.35	5.23	5.88

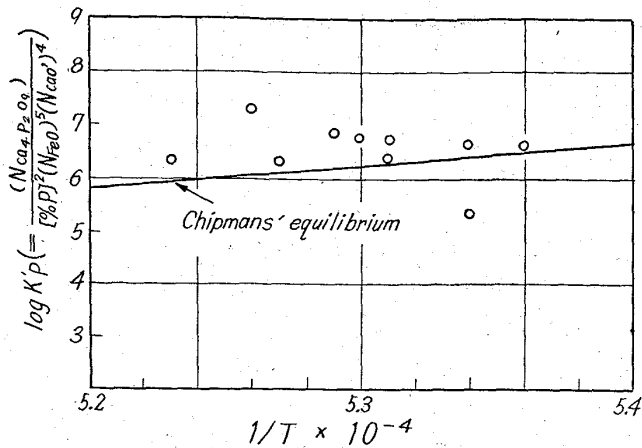


Fig. 4. Relation between bath temperature and dephosphorization equilibrium constant in the case of melting of high carbon steel by single method.

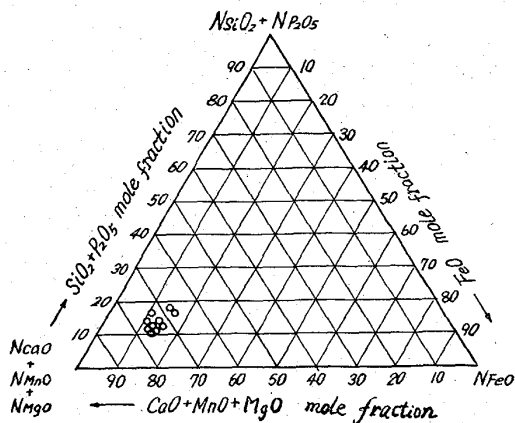


Fig. 5. Slag composition before tapping in single slag method.

などによるシングルスラグ法にても十分溶製可能であることがわかった。そこで上記検討結果より作業条件を決定して数ヒートの試験溶製を行なった、Table 3 はその一例である。

ダブルスラグ法で大きな問題点であった出鋼温度の確保はシングルスラグ法の場合には中途排滓および二次造滓剤の投入を行なわないため、装入冷剤の調節により安定した結果を得ることができた。しかし脱磷についてはダブルスラグ法が大きな値を示すことがわかった。

2) シングルスラグ法による脱磷に関する検討

Table 3 に示したとき溶製結果につき脱磷平衡の検討を行なった。J. CHIPMAN らの平衡式を適用して作業値の解析を行なってみると Table 4, Fig. 4 に示すとき結果となりシングルスラグ法による脱磷反応は一応平衡状態に達しており安定した操業状態にあるものと考えられる。

なお解析に使用した出鋼前の鋼滓成分は Fig. 5 に示すごとく ($N_{CaO} + N_{MnO} + N_{MgO}$) は 0.68~0.78 mol, (N_{FeO}) は 0.10~0.15 mol, ($N_{SiO_2} + N_{P_2O_5}$) は 0.10~0.20 mol の範囲にあつた。

次に磷分配率におよぼす鋼滓組成の影響をしらべた結

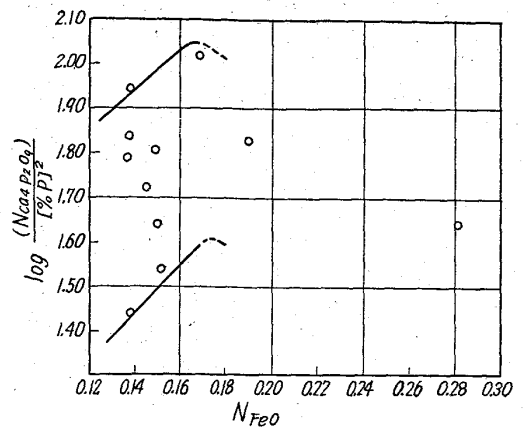


Fig. 6(a). Relation between N_{FeO} and [P] division ratio.

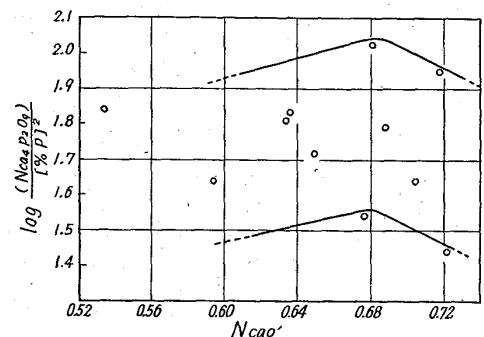


Fig. 6(b). Relation between $N_{CaO'}$ and [P] division ratio.

果、鋼滓中の (FeO) モル分率、或いは遊離石灰のモル分率の間には Fig. 6 に示すとき結果が見られる。これからわかるごとく (FeO) および遊離石灰のモル分率の増加とともに P 分配率は大きくなるが、ある範囲を過ぎると逆に減少する傾向が見られた。

したがって脱磷に対する個々の要因を総括すれば、本操業下では塩基度 4.6, slag 中の (T.Fe) が 3% の鋼滓成分のとき脱磷は最も進行することがわかった。

X. 結 言

純酸素転炉による高炭素鋼の溶製について実際の溶製例および 2~3 の検討考察についてのべたが要約すると

① ダブルスラグ・キャッチカーボン法により高炭素鋼の溶製を行なうには一次吹錬では適切な吹錬終点期の捕捉二次吹錬にあつては出鋼温度の確保のための昇熱剤の投入および低圧吹錬の実施溶製が可能である。

② シングルスラグ・キャッチカーボン法による高炭素鋼の溶製も副原料の使用量、スラグ量の確保、低圧吹錬の実施により十分可能である

③ またシングルスラグ法の場合はダブルスラグ法に比較して製鋼能率および作業性は著るく向上し得る。

④ 純酸素転製による高炭素鋼の鋼質は平炉および電気炉により溶製されたものと比較してもなんなら遜色のないものである。

のごとき結果を得ることができた。