

純酸素転炉による高炭素鋼の製造

尼崎製鉄所製鋼部

青山芳正・○白井弘治

松永 昭・小林清二

High Carbon Steelmaking by Oxygen Converter.

Yoshimasa AOYAMA, Hiroharu USUI,
Akira MATSUNAGA and Seiji KOBAYASHI

I. 緒 言

極軟鋼を主体として発達した純酸素転炉法は、最近、新しい開発領域として、さかんに高炭素鋼の製造を採り上げているが、普通の吹錬方法ではPが十分下がらないので、加炭、合せ湯、低圧吹き、中間除滓などの方法を単独あるいは組合せて使用するなど、脱磷に苦心している(1)。

比較的Cの高い鋼種を対象としている当所は、操業開始以来、これらの方法を逐次検討したが、目標成分の適中率、作業性、生産性などの点に問題があるので、現在ではランス高さの調節による方法を高炭素鋼の製造に採用している。

II. 酸素ジェット

脱磷には、塩基度が高く酸化性の強いスラグが必要であるが、純酸素転炉でのスラグの酸化性は、主として、鋼浴に対する酸素ジェット衝突面積の割合および衝突圧力の分布状態で規定されると考えられる。したがって、強い酸化性のスラグを得るには、衝突面積が大きく、圧力分布の緩やかな吹錬条件が必要となる。

Fig. 1 は当所における酸素ジェットの測定例であるがランス高さ、酸素流量が一定でも、ジェット内の圧力分布は、ノズル径が大きくなるにつれて緩かになることがわかる。

Fig. 2 はジェット圧力および分布を測定した装置を示す。これは鋼板の同心円位置に小孔を明け、これをパイ

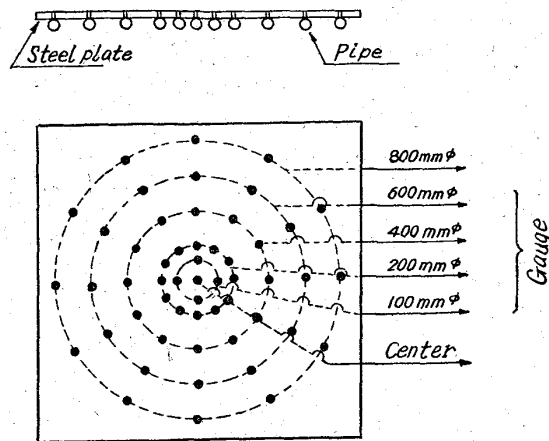


Fig. 2. A device of measuring pressure distribution.

プで結び、それぞれ差圧計に連結したもので、これに実際の酸素ジェットを当て、各位置の平均圧力(総圧)を同時に測定した。

使用したランスノズルは、衝突圧力が低い特徴をもつ拡散型ノズルで、その拡り角度は片側約 8° である。

操業当初のノズル径は 35mm であつたが、吹止[C]がやや高く、高温出鋼を必要とする操業条件では脱磷に若干問題があつたので、35mmでは高圧吹に過ぎると考え、ノズル径を 40mm に変更し、同一酸素流量で吹錬圧力を下げることが計つた。Fig. 3 は脱磷に対するノズル径の影響を示すが、ノズル径を拡大し、吹錬圧力を下げた 40mm ノズルの場合明らかに脱磷状況が改善されている。

Fig. 4 は当所におけるランスノズル径と、酸素流量調整後の本管圧力との関係を示す。

その後、さらに 45mm ノズルを採用し、酸素流量を 4,500 Nm³/hr から 5,000 Nm³/hr に増して、吹錬時

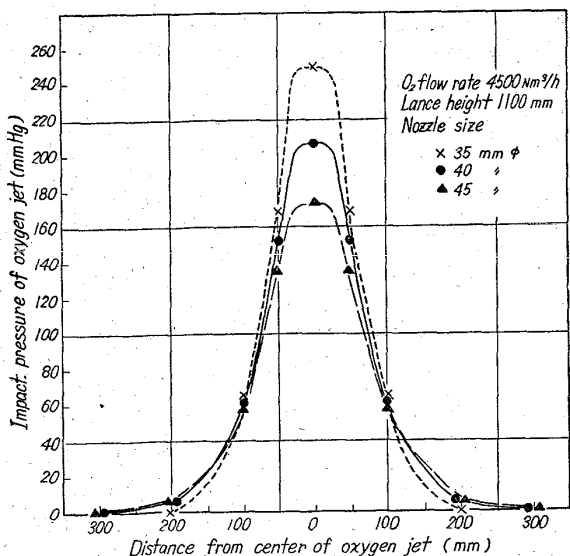


Fig. 1. Relation between diameter of lance nozzle and distribution of collision pressure.

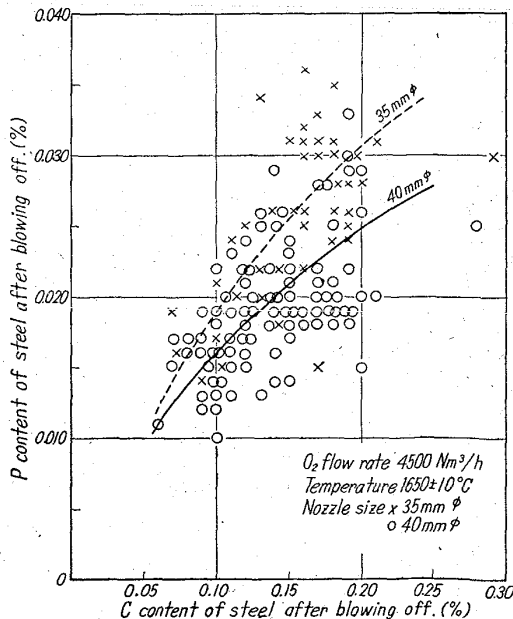


Fig. 3. The influence of nozzle diameter on dephosphorization.

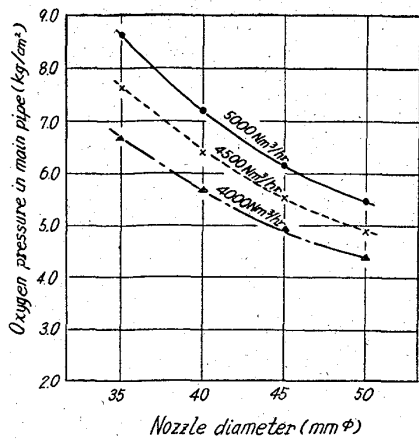


Fig. 4. Relation between nozzle diameter and oxygen pressure of the main pipe.

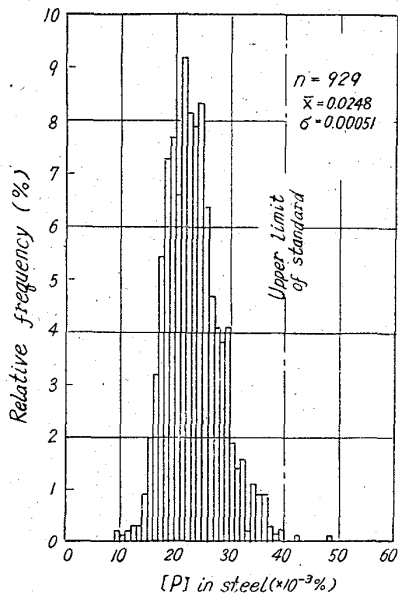


Fig. 5. The distribution of phosphorus in "DACON".

間を短縮したにもかかわらず、1650°C の高温出鋼を必要とする小鋼塊の中炭素鋼種 (C : 0.15~0.30%) の製造にもならなく今日にいたっている。Fig. 5 は当所における C : 0.20%, Mn : 1.25% の高降伏点異形棒鋼についての成品 P の分布を示すが、P のバラツキは完全に規格限界内に収まっている。

III. 高炭素鋼の製造

C 0.40% 以上の高炭素鋼の吹錬では、脱磷がさらに困難になるので、一般にはダブルスラグ法が採用されているが、当所の経験によれば、脱磷に有利な低温域ではたとへ早期造滓に留意して、溶鋼の脱磷を強化しても、除滓作業が困難で十分に行なわれ難く、また再吹錬後のキャッチカーボンの適中率が悪いなど、実際作業上に多くの難点があつた。しかし中間除滓を省略し、吹錬後半の酸素圧力を下げる低圧吹きも、スラグのフォーミング (foaming) が不安定で結果が良くなかつた。低圧吹きによつて、脱磷に有効なスラグ中の酸化鉄を増すという条件は、確かに作られるが、単位時間内に供給される酸

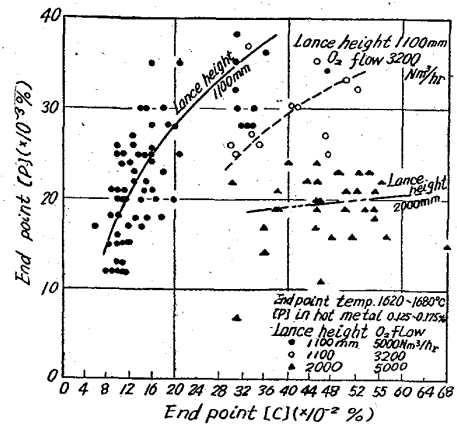


Fig. 6. Relation between [C] % and [P] % at the end point.

素量が減少するので吹錬時間が延長するほか、脱磷が不安定で、吹止め倒炉後も復磷の傾向が強い。

これに対して、酸素流量を高い水準に維持したまま、吹錬後半にランスを上げる方法は、スラグのフォーミングが大きく、吹錬中のスロッピングはやや増大するが、高炭素領域における脱磷が強化され、脱磷効果に対する吹止 [C]、吹止温度、鋼浴条件などの影響が大幅に減少し倒炉後の復磷傾向も少なく、安定した作業性を持っている。

Fig. 6 は吹止 [C] と吹止 [P] の関係を示す。図中・印はランス高さ 1.1 m、酸素流量 5,000 Nm³/hr の基準吹の例であるが、吹止 [C] が高くなるに伴い吹止 [P] は急激に上昇する、○印は吹錬後半に酸素圧力を下げ、酸素流量を 3,200 Nm³/hr にした例で、吹止 [P] は前例より低下している。一方△印は酸素流量 5,000 Nm³/hr のまま吹錬後半にランス高さを 2.0 m に上げた例であり、吹止 [P] は低く、吹止 [C] の影響をあまり受けていない。

この方法では、脱磷平衡に有利な低温域では酸素ジェットによる鋼浴攪拌を強化して脱磷反応を促進し、鋼浴温度上昇後はランス位置を上げることにより、ジェットの衝突面積を拡大し、圧力分布を緩かにする。ジェットの攪拌力が弱まることにより鋼浴の脱炭速度は抑制され酸化能の高いスラグが生成するので、この方法では、スラグによる間接精錬の要素が強くなっている。実際にはスラグ層がある厚みを持ち、ランス引上後吹止迄、スラグがフォーミングして初めてこの吹錬の特徴が現れるが、この状態に吹錬を管理することは容易である。

Fig. 7 は吹止 [C] 0.40~0.60% での吹止 [P] と吹止温度の関係を示す。吹止温度が上昇すると、復磷により吹止 [P] が急増する傾向を示すが、フランス引上げによるソフトブローでは、この傾斜が緩かとなる。

Fig. 8 は吹止 [C] とスラグ中 (T.Fe) との関係を示す。・印はランス高さ 1.1 m の基準吹の例を示すが、中炭素鋼種を主体に製造しているため、他社の例に比較しやや (T.Fe) が高くソフトブロー気味になつている。スラグ中の (T.Fe) はランス位置が高いほど増加し、鋼浴 [C] による制約はあまり受けず、高炭素領域においても高い酸化能を維持している。

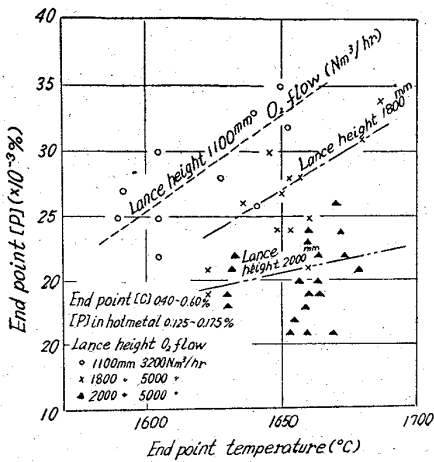


Fig. 7. The influence of the end point temperature on the end point [P].

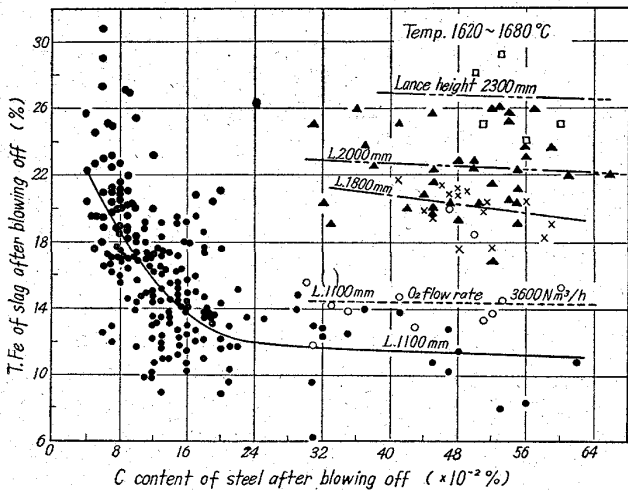


Fig. 8. Relation between lance height and (T.Fe) in slag.

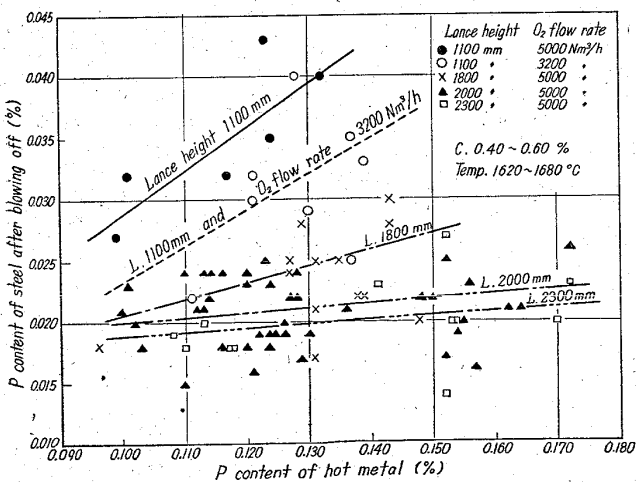


Fig. 9. The influence of lance height on dephosphorization.

Fig. 9 は吹止[C]0.40~0.60%, 吹止温度1650°±30°における使用溶銑[P]と吹止[P]の関係を示す。普通吹錬では、脱磷率のベースが低く、溶銑[P]の影響が強く現れるが、この方法では、溶銑の[P]が多少増しても、

Table 1. Average basicity under various blowing conditions.

Blowing condition	O ₂ flow (Nm ³ /hr)	5000	5000 ~ 3200	5000	5000	5000
	Lance height (mm)	1100	5.98	1100 ~ 1800	1100 ~ 2000	1100 ~ 2300
Basicity (CaO/SiO ₂)		4.51	5.98	5.39	5.66	5.55

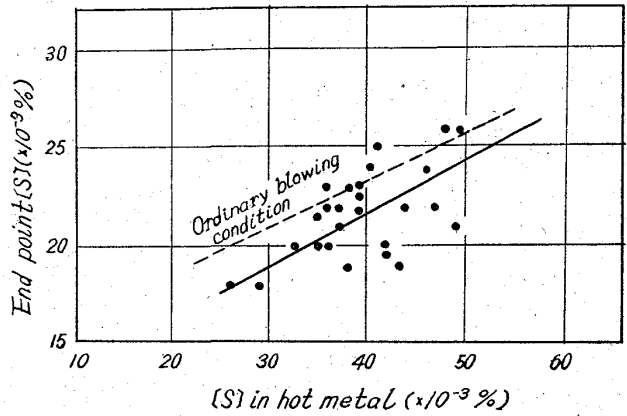


Fig. 10. Relation between [S] in hot metal and point [S] of the end point (C:0.45~0.60% in steel)

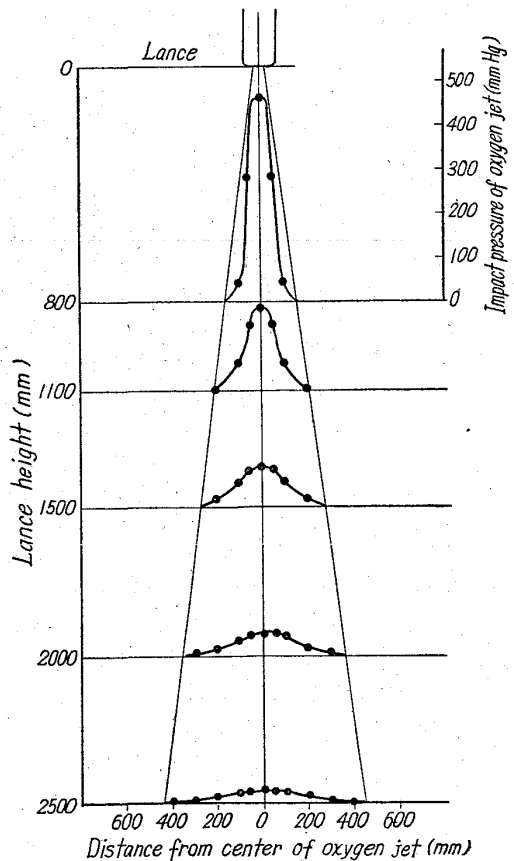


Fig. 11. Influence of lance height on pressure distribution.

Table 2. Operating data of 0.55% carbon steel melting.

Blowing condition oxygen flow rate (Nm ³ /hr) lance height (mm)	Number of heats	Main raw materials (kg/ch)			Substitute raw materials (kg/ch)			Time (min)		Oxygen consumption	
		Hot metal	Scrap	Total	Burnt lime	Scale	Fluor- spar	blo- wing	Melting		
a 5000(Nm ³ /hr) 1100~1800(mm)	3	33,873	4,127	38,000	1,815	1,080	172	19.82	36	1733	
b 5000 1100~2000	12	34,383	3,617	38,000	1,840	1,105	168	20.65	40	1820	
c 5000 1100~2300	12	33,453	4,573	38,026	1,944	1,170	150	22.67	42	1937	
Chemical composition									Tap tempe- rature (°C)	Meight of heat (%)	Yield (kg/ch)
	C	Mn	Si	P	S	Cu	Al	Ti			
a	End point	0.49	0.31	tr	0.023	0.021				1650	
	Ladle	0.52	0.74	0.24	0.026	0.024	0.09	0.02	0.02		55,772 94.13
b	End point	0.51	0.22	tr	0.024	0.023				1662	
	Ladle	0.54	0.75	0.25	0.026	0.025	0.09	0.03	0.03		55,300 94.13
c	End point	0.53	0.18	tr	0.019	0.021				1667	
	Ladle	0.55	0.74	0.25	0.023	0.023	0.10	0.03	0.03		34,680 91.20

Table 3. Chemical composition of sample.

Ch No.	Chemical composition in ladle								Notes
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sol Al	
T2027	0.55	0.24	0.73	0.021	0.024	0.11	0.04	0.02	S 55C
T2029	0.52	0.23	0.69	0.017	0.020	0.12	0.03	0.01	S 50C
T2108	0.45	0.26	0.77	0.021	0.022	0.12	0.03	0.02	S 45C
T2140	0.39	0.26	0.77	0.019	0.021	0.11	0.04	0.01	S 40C
T2170	0.35	0.24	0.70	0.019	0.022	0.11	0.03	0.01	S 35C

吹止[P]への影響が少ないという長所がある。その上、吹止時にスラグのファーミングが大きいので、倒炉のみで多量の自然排滓が可能で、分析待ちなどによる復焼もごく少ない。

Fig. 6~Fig. 9で扱ったチャージのスラグ塩基度をTable 1に示す。造滓剤として、生石灰、スケール、ほたる石を普通チャージより多目に使用しており、塩基度も5.5前後と高くなっている。

Fig. 10は溶銑[S]と吹止[S]の関係を示すが、高炭素鋼の吹錬では中炭鋼種の普通吹錬より良い結果が得られている。これはスラグの塩基度が高く、ほたる石の使用量も多いためと考えられる。

Fig. 11は酸素ジェットの高さと圧力が、ランス高さによつていかに変わるかを示す一例で、ランス湯面間の距離が離れるにしたがつて、衝突圧力の強さが減じ、その分布は拡大している。したがって、送酸量、ランス高さを組合すことにより、脱炭、脱磷の反応をコントロールすることができるので、鋼浴、原料、鋼種などの条件により、ランス高さ、ランス引上げの時期を適宜調節

している。

上記の方法による高炭素鋼溶製の一例として、C:0.55%炭素鋼の作業データをTable 2に示すが、いずれもシングルスラグ法で十分製造できている。

同じ吹止[C]でも、ランスを上げるにつれて、吹錬時間は延び、酸素の使用量は増加する。実際作業では[C]は目標よりやや低目に吹止し、若干の加炭により調節する。また、[P]は吹止以後成品分析迄に0.002~0.004%復焼が認められる。製出鋼歩留はスラグの酸化度を高めるに従つて低下しているが、これにはスロッピング滓、吹止滓中の粒鉄損失の増加も考えられ、ランス高さ2.3mではそのバラツキも増大する。

吹錬作業の実績から、ランス引上げ高さは、この流量では2.3mが限度であり、これ以上のソフトブローは脱磷効果の増大より、作業性の悪化が目立ち不利となる。

IV. 鋼 質

上記の方法で製造した高炭素鋼の材質につき、その調査結果を以下に述べる。

Table 3に供試チャージの取鍋下溶鋼分析値を示すが

Table 4. Segregation of ingot.

Sampling position for chemical analysis	Check analysis (%)																																																																																
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Sol Al																																																																								
T2075 C700 type Percentage from top (%) <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>9.9→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17.3→</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td></tr> <tr><td></td><td>8</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>25.6→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>34.5→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>10</td><td>11</td><td>12</td></tr> <tr><td>47.2→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>13</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>58.6→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>14</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>70.0→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>15</td><td>16</td><td>17</td></tr> <tr><td>79.5→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td></td><td>18</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>91.0→</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table> <div style="margin-left: 10px;"> 1380mm 240mm </div> </div>		1	2	3	9.9→	0	0	0		4			17.3→	5	6	7		8			25.6→	0	0	0		9			34.5→	0	0	0		10	11	12	47.2→	0	0	0		13			58.6→	0	0	0		14			70.0→	0	0	0		15	16	17	79.5→	0	0	0		18			91.0→	0	0	0	1	0.59	0.24	0.70	0.019	0.023	0.11	0.039	0.029
		1	2	3																																																																													
	9.9→	0	0	0																																																																													
		4																																																																															
	17.3→	5	6	7																																																																													
		8																																																																															
	25.6→	0	0	0																																																																													
		9																																																																															
	34.5→	0	0	0																																																																													
		10	11	12																																																																													
	47.2→	0	0	0																																																																													
		13																																																																															
	58.6→	0	0	0																																																																													
		14																																																																															
	70.0→	0	0	0																																																																													
		15	16	17																																																																													
	79.5→	0	0	0																																																																													
	18																																																																																
91.0→	0	0	0																																																																														
2	0.52	0.23	0.69	0.015	0.017	0.11	0.037	0.031																																																																									
3	0.56	0.23	0.67	0.019	0.020	0.11	0.038	0.032																																																																									
4	0.57	0.24	0.70	0.018	0.030	0.11	0.036	0.031																																																																									
5	0.58	0.24	0.70	0.018	0.023	0.11	0.038	0.031																																																																									
6	0.55	0.23	0.72	0.017	0.021	0.11	0.038	0.030																																																																									
7	0.55	0.23	0.71	0.018	0.022	0.11	0.039	0.030																																																																									
8	0.56	0.24	0.72	0.018	0.022	0.11	0.036	0.030																																																																									
9	0.57	0.24	0.70	0.019	0.021	0.11	0.036	0.031																																																																									
10	0.56	0.24	0.71	0.019	0.022	0.11	0.038	0.031																																																																									
11	0.55	0.24	0.73	0.018	0.022	0.11	0.038	0.032																																																																									
12	0.55	0.23	0.71	0.019	0.022	0.11	0.037	0.032																																																																									
13	0.55	0.24	0.73	0.019	0.022	0.11	0.038	0.032																																																																									
14	0.55	0.23	0.74	0.019	0.023	0.11	0.037	0.031																																																																									
15	0.54	0.24	0.72	0.018	0.023	0.11	0.038	0.032																																																																									
16	0.54	0.23	0.74	0.020	0.022	0.11	0.036	0.031																																																																									
17	0.55	0.23	0.73	0.019	0.023	0.11	0.039	0.031																																																																									
\bar{x}	0.56	0.24	0.71	0.018	0.022	0.11	0.038	0.031																																																																									
Ladle analysis (%)		0.56	0.24	0.73	0.021	0.024	0.11	0.04	0.02																																																																								

Table 5. Cleanness of steel.

magnification $\times 400$

Ch. No.	Size mm ϕ	Cleanness (%)				Notes
		dA	dB	dC	d	
T2075	19	0.05	0.01	0.00	0.06	Equiv. to S55C
	32	0.07	0.00	0.00	0.07	
	38	0.05	0.00	0.00	0.05	
	50	0.06	0.00	0.01	0.07	
T2029	19	0.06	0.00	0.00	0.06	" S50C
	32	0.04	0.02	0.00	0.06	
	38	0.05	0.00	0.02	0.07	
	50	0.06	0.01	0.00	0.07	
T2108	19	0.05	0.01	0.00	0.06	" S45C
	32	0.07	0.00	0.00	0.07	
	38	0.06	0.00	0.00	0.06	
	50	0.05	0.01	0.01	0.07	
T2140	19	0.05	0.00	0.00	0.05	" S40C
	32	0.05	0.00	0.00	0.05	
	38	0.07	0.01	0.00	0.08	
	50	0.04	0.00	0.01	0.05	
T2170	19	0.05	0.00	0.00	0.05	" S35C
	32	0.03	0.00	0.00	0.03	
	38	0.05	0.00	0.00	0.05	
	50	0.05	0.00	0.01	0.06	
S50C	19	0.10	0.00	0.02	0.12	Being sold for market
S50C	32	0.03	0.01	0.02	0.06	
S45C	19	0.09	0.00	0.02	0.11	
S40C	19	0.09	0.09	0.03	0.12	
S35C	19	0.08	0.00	0.01	0.09	

各鋼種ともそれぞれ JIS G 3102 機械構造用炭素鋼に規定された化学成分値に適合している。

1) 成分偏析

溶鋼は下注法により単重 570kg の鋼塊に造塊し、これを鋼塊直圧により 19mm ϕ から 50mm ϕ の丸棒に圧延した。鋼塊直圧材の場合、鋼塊頭部側の製品は成分偏析のため底部側の製品に比べて一般に強度が大になる。しかし機械構造用として使用される鋼材は、熱処理条件での機械的性質が規制されるので、成分偏析による変動も当然規格の幅の中に収まらなければならない。そこで鋼塊断面のサルファプリント像にもとづいて各位置から分析試料を採取し偏析状況を調べた。Table 4 は C:0.55% 鋼の例を示すが、1次パイプ附近にやや C, S の濃化が認められるが、概していえば、小鋼塊であるため成分偏析の度合は少なく、頭部パイプ部を成品で切捨てることを考慮すれば、材質は均質で使用上問題ないと考えられる。

2) 非金属介在物

各鋼種、各サイズの製品試料につき JIS G0555 の手法により非金属介在物の測定を行なった。Table 5 に各サイズにつきその清浄度を示すが、比較のため同時に行なった S C 材市販品の 1 例も併記した。転炉による供試鋼はこの市販の同鋼種に較べて一段と清浄度が優れ、これは非金属介在物生因元素の介入が少ない転炉鋼の特質を示すものと考えられる。

3) 機械的性質

各種丸棒圧延材につき調査した機械的性質の 1 例を Table 6 に示す。各鋼種ともそれぞれの試験成績は全て、JIS G 3102 に規定される機械的性質の規格値を遙かに上回るものであり、転炉溶製の高炭素鋼が十分機械構造用鋼として使用し得ることが示された。

なお、当社においても、これら鋼種は条材および板材として日々生産されている。

V. 結 言

純酸素転炉による高炭素鋼の吹錬方法を論じ、当所の

Table 6. Mechanical properties of samples.

Heat treatment	Items of test	Charge No.	T2075	T2029	T1208	T2140	T2170	
			S55C equiv.	S50C equiv.	S45C equiv.	S40C equiv.	S35C equiv.	
Normalized	Tension test	Yield point kg/cm ²	42.6	44.0	45.5	42.3	42.7	
		Tensile strength kg/mm ²	76.8	76.2	70.2	64.8	61.6	
Elongation %		26.0	24.5	30.0	32.0	34.0		
Reduction %		44.0	42.8	50.5	53.5	54.6		
	Hardness test	Hardness(H _B)	219	216	194	186	175	
As roll	Bending test	Test condition r=3d	Good	Good	Good	Good	Good	
		r=2d	//	//	//	//	//	
		r=1d	//	//	//	//	//	
		r=0	//	//	//	//	//	
Quenched and tempered	Tension test	Yield point kg/mm ²	69.2	69.6	67.2	60.5	52.0	
		Tensile strength kg/mm ²	91.8	86.6	84.7	79.8	74.0	
		Elongation %	21.0	20.8	25.0	22.8	26.3	
		Reduction %	53.3	51.7	58.1	56.5	63.2	
		Hardness test	Hardness(H _B)	264	260	249	241	220
		Charpy test (charpy value) (kg·m/cm ²)	Test temperature -20°C	6.93	6.20	10.39	11.49	15.44
0°C	8.42		7.05	10.27	20.71	18.60		
Room temp.	7.04		11.83	15.58	22.13	22.25		

(Notes) Tension test : JIS No. 4 Probe. Numbers are average value of top and bottom
 Charpy test : JIS No. 3 Probe. Numbers are average value of three test
 Normalizing : 850°C×1hr→air cool
 Quenching and normalizing : 850°C×1hr→water cool→600°C×2hr→rapid cool

ごとく、1640°C～1660°Cという高温出鋼を必要とする高炭素鋼種の場合にも、ランス距離の調節により、鋼浴に対する酸素ジェットの圧力と衝突面積を変えて、脱磷能力の大きなスラグを作れば、中間排滓なしの一回吹錬法で、能率および適中率の低下を防ぎながら、鋼中のPを十分、規格値以下に収めることを示した。

また、このようにして製造した高炭素鋼は、転炉鋼の本質上、清浄度も良く、機械的性質も優秀で、機械構造用鋼上として十分使用に耐えることが明らかとなった。

文 献

- 1) K. ROSNER: Stahl u. Eisen, 76 (1956), p. 1337
- 2) O. CUSCOLECA: J. Metals, 10 (1958), p. 673
- 3) H. TRENKLER: J. Metals, 12 (1960), p. 538
- 4) 前原, 他: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 345
- 5) 板岡, 他: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1366~1368

純酸素転炉による高炭素鋼の吹錬

(主として脱磷について)

日本鋼管(株)川崎製鉄所製鋼部

土居 襄 ○板岡 隆 斎藤 剛

On Melting of High Carbon Steel by L.D. Process.

(Some problems on dephosphorization)

Takeshi ITOOKA

I. 緒 言

周知の通り日本の粗鋼生産量に対するLD鋼の生産化

率は年々増大しており、今後ますます増加して行くことが予想されている。したがってLD転炉による生産鋼種も従来の低炭素鋼にとどまらず、当然高炭素鋼の分野に進出して行くものと考えられる。

斯様な点からみて、今後わが国のLD転炉工場が品質の優秀な高炭素鋼を経済的に製造して行く技術を得て行くことは極めて重要なことであらう。日本鋼管川崎製鉄所転炉工場における高炭素鋼の溶製に関しては、昭和37年秋、広島鉄鋼協会において、機械構造用高炭素鋼(JIS-S45C)²⁾および油井用鋼管(API-J55)³⁾についてそれぞれその溶製方法、圧延成績および鋼の性質などを報告した通りであり、鋼質の優秀性については充分立証されているところである。また溶製方法特に吹錬の方法についても現在は当時と本質的に変った点はないが、その後種々の現場操業上の実験を行い多少の改善を重ねて来たので、ここでは脱磷を中心として現在当工場、高炭素鋼の溶製にさいし採用している作業方法ならびにその作業方法を決定するまでの経緯について報告する。

II. 鋼中[P]含有量におよぼす主なる製鋼要因

LD転炉において高炭素鋼を溶製する場合に、まず問題となる点はいかにして脱磷を促進し、良好な低磷鋼を製造するかである。当然のことながら高炭素鋼において低炭素鋼と同様な吹錬方法を行えば充分脱磷が行われず、鋼中の[P]が極めて高い値を示す結果となる。しかしこの場合の鋼中の[P]の絶対値はその吹錬方法のみならず、各工場における前提条件、すなわち使用する溶銑[P]含有量あるいは出鋼温度によつて大きく左右されることは他製鋼法におけると同様である⁴⁾⁵⁾。