

(FeO), 塩基度の差によるもので, 製品にも影響が残っている. S についても溶落で低い. これは溶銑の含有量が低いことによるが, (S)/[S] と (CaO)/Σ(FeO + MnO) の関係を見ると普通法に比し特に酸化初期に (S)/[S] が高目になつていることも一因である. すなわち鉍石法, 鉍石酸素法では溶落時に製鋼反応が相当行なわれている状態であり, 普通法に比べ有利な点の一つである.

c) 溶鋼中のガスについては H<sub>2</sub> は差がなく, O<sub>2</sub> は酸末期より出鋼前まで普通法より稍高目であつたが, N<sub>2</sub> には大きな相違が生じた. しかし今回は冬季水蒸気分圧が低い場合の試験であり高水蒸気分圧下での状況は不明である.

d) V については普通法は酸素吹精後に除去され, 鉍石使用の場合では溶解中にほとんど除かれる. いずれにしても砂鉄溶銑の場合は予備処理による V 回収が今後の問題である.

(7) 経済性について: 溶銑と鋼屑および鉍石と酸素の価格差, 電力単価, 作業費中の能率要素などの多くの要因があり簡単にはいえないが, 一般的にみて鉍石法ないし鉍石酸素法の方が若干有利な結果になつた.

V. 結 言

当社における第 1 回試験の結果を基として, 今回電気炉に溶銑を配合して高炭素鋼を製造する試験を行ない普通法と比較した結果つぎのことが確かめられた.

- (1) 操業は安定しており危険性も皆無である.
- (2) 製鋼作業および受電管理の面で有利である.
- (3) 操業時間は短縮され, 生産能力は増大する.
- (4) 酸化剤としては鉄鉍石の外に Mn 鉍石, 自溶性焼結鉍の活用が考えられる.
- (5) 経済性は一般的にみて若干有利である.

669.187.45:669.014.6:669.787

(42) 塩基性電気弧光炉溶解の酸化期における酸素の挙動

大同製鋼研究所

工博 浅田 千秋・酒井 稔三郎  
工博 梶山 太郎・〇瀬津 行雄  
鈴木 信雄

62042  
366~368

Behavior of Oxygen during Oxidizing Period in a Basic Electric Arc Furnace.

Dr. Chiaki ASADA, Kumesaburo SAKAI

Dr. Taro SUGIYAMA, Yukio NETSU and Nobuo SUZUKI.

I. 緒 言

塩基性電気弧光炉における酸化精錬に際し酸素が鋼浴—鋼滓系に供給され, 反応し系外に逸出する過程について物質精算的な検討を行ない, 酸化期の製鋼反応に関する問題点を見出そうとした.

II. 実 験 方 法

装入量 2700 kg の塩基性電気弧光炉においては, 溶落後酸素吹精を行ない, その後除滓して還元精錬に移行するが, その溶落から除滓前までの期間(酸化期)を調査

の対象とした. 炉の天井は珪石煉瓦, 炉壁はマグクロ煉瓦, 炉床はマグネシアスタンプである. 装入鉄原料の大部分は屑鉄であり残部は銑鉄である. 炭素含有量の異なる各種の炭素鋼や低合金鋼を溶製したので, 溶落時の C%, 除滓時の C% はチャージにより異なり, 前者は 0.80~0.40%, 後者は 0.40~0.05% の範囲にある.

酸素吹精はポンベ酸素によつて行なつた. ランスパイプには外径 19mm 内径 16mm の鋼管を用いた. 吹精中のポンベ出口の圧力は 4.0 kg/cm<sup>2</sup> に保持した. 吹精後吹精酸素量 (Nm<sup>3</sup>) をポンベ容積, 室温, ポンベの使用前後の圧力差から算出した.

鋼浴試料, 鋼滓試料を溶落時, 酸素吹精直前, 酸素吹精直後, 除滓前の 4 時点において採取した. また鋼浴温度はスプーン汲出し光高温計法によつて測定した.

装入時, 溶解期, 酸化期の間に添加する石灰(焼石灰あるいは石灰石)の種類, 量, 添加時期を下記のごとく 3 通りに変化させ, 夫々を数チャージ宛行なつた.

第 1 系列: 石灰石を屑鉄装入時に炉床に 50 kg, 溶落時の試料採取直後に 50 kg, 酸素吹精最中に 50 kg 添加. 合計 150 kg.

第 2 系列: 焼石灰を第 1 系列と同じ時期に 30 kg 宛添加. 計 90 kg.

第 3 系列: 石灰石を, 屑鉄装入時に炉床に 50 kg 屑鉄間に 25 kg 添加してから送電し, 7 分溶の時さらに 75 kg を添加, 溶落後は添加しない. 合計 150 kg.

III. 実 験 結 果

実験結果を要約して Table 1 に示す(一部省略). 鋼浴の P%, S% の含有量は比較的小さく, またその変動も僅少であつて酸素の物質精算の取扱には大した影響を与えないと考えられるので, これを無視した.

IV. 実験結果の物質精算的考察

溶落, 酸素吹精前, 吹精後, 除滓前の鋼滓重量は鋼滓の化学分析結果, CaO の添加量, 補修材の焼ドロマイトの組成より求めた. 酸化期の間の鋼浴重量屑鉄装入量の 94% であるとした.

酸素の物質精算:

本実験の場合には, 酸化期のある期間に鋼浴—鋼滓系に供給された酸素量を次式によつて推定することができる.

$$\{ \text{鋼浴相中の炭素の重量の減少に当量な酸素量 (C-O)} \} + \{ \text{鋼浴相中のマンガンの重量の減少に当量な酸素量 (Mn-O)} \} + \{ \text{鋼浴相中のクロムの重量の減少に当量な酸素量 (Cr-O)} \} + \{ \text{鋼浴相中の溶解酸素の重量の増加 (O-O)} \} + \{ \text{鋼滓相中の酸化鉄の重量の増加に当量な酸素量 (Fe-O)} \} = O_{\Delta}C + O_{\Delta}Mn + O_{\Delta}Cr + O_{\Delta}O + O_{\Delta}Fe \dots \dots \dots (1)$$

(1) 式の第 1 項はその期間において鋼浴—鋼滓系から逸出した酸素の量でもある.

溶落→酸素吹精直前, 酸素吹精直前→酸素吹精直後, 酸素吹精直後→除滓前の 3 つの期間における鋼浴—鋼滓系に対する推定酸素供給量と系からの推定酸素逸出量を (1) 式によつて求めて見た. また酸素吹精量は実測してあるのでそれを酸素吹精直前→直後間の推定酸素供給量と比較した. その結果を Table 2 に示す.

Table 2 から明らかなように, 溶落から酸素吹精開

Table 1. Experimental results.

Series	Number of heat	Sampling time	Time (mn)	Bath temperature (°C)	Metal composition (%)				Slag composition (%)							Charged scrap weight (kg)	Slag weight at slag off (kg)	Blowing oxygen volume (Nm <sup>3</sup> )	Kind of slag-forming material and its weight (kg)			Note	
					C	Si	Mn	Cr	O	ΣFe	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	MnO				CrO	Char-ging	70% Mel-ting		After M.D.
I	1	M.D.	0	1575	0.37	0.02	0.17	0.19	—	12.29	35.73	26.68	4.08	4.84	6.30	1.80	2650	8.29	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>		
		B.O.B.	19	1640	0.26	0.02	0.27	0.16	0.028	6.48	47.21	26.20	3.31	5.64	4.13	0.65			50	45	40		
		A.O.B.	23	1650	0.07	0.03	0.23	0.20	—	15.30	42.73	18.76	2.60	5.16	4.80	2.10	250						
		S.O.	32	1650	0.06	0.03	0.20	0.20	0.057	12.96	45.02	19.88	2.80	5.52	5.27	1.55							
I	2	M.D.	0	1575	0.45	0.04	0.16	0.17	0.015	12.62	33.32	27.48	3.62	4.72	7.44	1.82	2650	6.95	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	CaCO <sub>3</sub>	40	
		B.O.B.	21	1635	0.38	0.03	0.21	0.20	0.029	8.04	45.36	25.16	3.06	5.12	5.73	1.19			50	45	40		
		A.O.B.	27	1640	0.15	0.02	0.22	0.17	0.039	12.96	46.09	19.48	2.40	4.44	5.88	1.55	225						
		S.O.	38	1640	0.12	0.02	0.21	0.16	0.041	10.95	45.92	19.88	2.60	4.52	6.17	1.46							
II	8	M.D.	0	1590	0.48	0.06	0.35	0.24	0.015	11.17	36.29	16.60	3.77	5.32	12.42	2.06	2600	11.44	(CaO)	(CaO)	(CaO)		
		B.O.B.	15	1635	0.44	0.04	0.36	0.18	0.019	10.16	54.82	10.80	1.94	5.08	6.15	1.39			30	30	30		
		A.O.B.	20	1620	0.10	0.06	0.28	0.24	0.037	13.40	51.80	10.20	1.73	5.08	6.41	1.88	190		30	30	(CaF <sub>2</sub> ) (7.5)		
		S.O.	39	1640	0.07	0.05	0.20	0.18	0.042	13.18	51.13	9.60	1.73	5.00	5.95	1.93			(CaO)	(CaO)	(CaO)		
II	9	M.D.	0	1570	0.51	0.03	0.20	0.31	0.013	10.83	35.06	20.52	3.57	8.32	7.20	4.61	2700	10.25	(CaO)	(CaO)	(CaO)		
		B.O.B.	16	1625	0.47	0.03	0.25	0.42	0.019	7.48	48.61	18.52	2.35	7.90	3.94	1.73			25	25	25		
		A.O.B.	20	1655	0.19	—	0.22	0.40	0.028	9.49	51.30	15.72	2.35	8.14	3.34	2.45	290		25	25	25		
		S.O.	35	1655	0.17	0.03	0.22	0.42	0.023	8.60	50.62	16.72	2.04	8.87	2.84	1.27							
III	13	M.D.	0	—	0.61	0.03	0.38	0.22	0.010	8.71	54.85	16.24	2.19	5.08	4.25	1.79	2650	9.83	75	75	75		
		B.O.B.	14	1630	0.56	0.03	0.39	0.32	0.021	10.95	53.84	14.12	1.99	7.26	4.32	2.50							
		A.O.B.	19	1630	0.23	0.03	0.30	0.37	0.031	11.73	46.94	17.52	1.89	7.58	4.95	2.99	230					(CaF <sub>2</sub> ) (4.5)	(CaF <sub>2</sub> ) (7.0)
		S.O.	28	1630	0.20	0.03	0.26	0.35	0.028	8.95	51.03	15.92	1.94	6.69	4.60	2.36							
III	15	M.D.	0	1565	0.45	0.03	0.25	0.08	0.025	13.61	49.29	13.12	2.55	4.19	5.68	0.97	2650	8.89	75	75	75		
		B.O.B.	11	1640	0.38	0.03	0.23	0.08	0.030	12.06	47.11	15.28	2.80	6.13	5.17	1.07							
		A.O.B.	16	1650	0.14	0.03	0.19	0.09	0.039	14.07	44.49	17.20	2.29	6.21	5.41	1.11	220						
		S.O.	30	1655	0.11	0.03	0.19	0.10	0.049	14.07	45.09	16.88	2.60	7.18	5.48	1.29							

\* M. D.: Melt-down. B. O. B.: Before O<sub>2</sub> blowing.  
A. O. B.: After O<sub>2</sub> blowing. S. O.: Before slag-off.

Table 2. Oxygen balance of bath-slag system from melt-down to before O<sub>2</sub> blowing.  
(unit Nm<sup>3</sup>)

Series	Number of heat	Input					Output O=O <sub>ΔC</sub> (B)	(A)−(B)
		O <sub>ΔC</sub>	O <sub>ΔMn</sub>	O <sub>ΔCr</sub>	O <sub>ΔFe</sub>	Total (A)		
I	1	2.56	−0.51	0.15	−0.66	1.54	2.56	−1.02
	2	1.62	−0.52	−0.15	−0.59	0.63	1.62	−0.99
	3	2.28	0.00	−0.15	1.74	3.87	2.28	1.59
	4	0.93	−0.05	−0.05	1.35	2.18	0.93	1.15
	5	4.94	−0.51	−0.24	−0.12	4.07	4.94	−0.93
II	8	0.91	−0.05	0.31	0.10	1.27	0.91	0.36
	9	0.94	−0.26	−0.60	0.08	0.16	0.94	−0.78
	10	0.70	−0.15	−0.05	0.51	1.01	0.70	0.31
III	13	1.16	−0.05	−0.54	1.74	2.31	1.16	1.15
	15	1.62	0.10	0.00	0.33	2.05	1.62	0.43
	17	1.39	−0.52	−0.11	0.57	1.33	1.39	−0.06

始までの間の推定酸素供給量はどの溶解でも正の値を示し、その間に鋼浴—鋼滓系全体は外部から酸素の供給を受けるものと推察される。また O<sub>ΔFe</sub> の値に示されるごとくこの時期に石灰石を添加した第 1 系列の溶解には鋼滓中の酸化鉄量が還元によつて減少する場合が多いことも注目される。他の系列の溶解ではこの時期には焼石灰を添加するかあるいは石灰添加を行なっていないが、鋼滓の酸化鉄量は増加する傾向がある。

酸素吹精中の酸素バランスを Table 3 に示す。当然推定酸素供給量は大きな正値を示すが、それと脱炭量に相当な酸素逸出量との差が吹精中に石灰石を添加した第 1 系列の各溶解の場合に比較的大きな値を示すことは注目される。これは鋼浴—鋼滓系に侵入した後逸出しないで滞留する酸素の量が大であることを意味し、その原因は O<sub>ΔFe</sub> が大きな正値を示すこと、すなわち鋼浴の鉄の酸化の程度が大であることに帰せられるべきであろう。第 1 系列の場合には実測した吹精酸素量よりも推定酸素供給量の方が明らかに大であり、吹精中に焼石灰を添加した第 2 系列や石灰添加を行なわなかつた第 3 系列の溶解の場合にはそれと逆の傾向を示すことから、前者の場

合には吹精酸素以外に添加石灰石も酸素の供給源になっていること、および後者の場合には吹精酸素以外の酸素供給源を考えなくても良いことがわかる。したがつて普通の酸素吹精中には吹精酸素以外の酸素が鋼浴—鋼滓系に供給されることはないが、同時に石灰石を添加すればそれからも酸素が供給され溶鋼の鉄の酸化すなわち鋼滓中の酸化鉄量の増加を促進すると云い得る。なお、その石灰石添加が鋼浴の脱炭をもさらに促進しているとは認め難い。

酸素吹精後除滓前までの間の酸素バランスを Table 4 (省略) に示す。この期間は何の系列の溶解も石灰を添加していない。鋼浴—鋼滓系への外部からの推定酸素供給量は非常に小さく、それにもかかわらず軽微な脱炭が行なわれるために、系全体の酸素はやや減少する傾向を有するよう見られる。鋼滓中の酸化鉄が僅かながら鋼浴中の炭素によつて還元されることを示すものである。

Table 3. Oxygen balance of bath-slag system from before O<sub>2</sub> blowing to after O<sub>2</sub> blowing.  
(unit Nm<sup>3</sup>)

Series	Number of heat	Input						Output O=O <sub>ΔC</sub> (B)	(A)−(B)	Blowing oxygen volume (C)	(A)−(C)
		O <sub>ΔC</sub>	O <sub>ΔMn</sub>	O <sub>ΔCr</sub>	O <sub>ΔO</sub>	O <sub>ΔFe</sub>	Total (A)				
I	1	4.43	0.20	−0.21	0.51	5.37	10.30	4.43	5.87	8.29	2.01
	2	5.34	−0.05	0.51	0.16	2.95	8.55	5.34	3.21	6.95	1.60
	3	7.95	0.76	0.30	0.05	5.53	14.62	7.95	6.57	13.12	1.50
	4	5.10	0.53	0.15	0.23	5.04	11.05	5.10	5.95	6.33	4.72
	5	8.23	0.28	0.06	0.64	3.16	12.37	8.23	4.14	9.21	3.16
II	8	7.75	0.40	−0.31	0.30	3.30	11.44	7.75	3.69	11.44	0.00
	9	6.64	0.15	0.11	0.16	1.78	8.84	6.64	2.20	10.25	−1.41
	10	9.07	0.61	0.15	0.19	0.66	10.68	9.07	1.61	12.90	−2.22
III	13	7.67	0.46	−0.27	0.20	1.78	9.84	7.67	2.17	9.82	0.02
	15	5.56	0.20	−0.05	0.15	1.60	7.46	5.56	1.90	8.89	−1.47
	17	7.18	0.25	0.11	—	3.46	11.00	7.18	3.82	11.76	−0.76