

炉内雰囲気制御に使用できる可能性も確認した。

文 献

- 1) 後藤, George R. St. PIERRE: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1873
- 2) 後藤, George R. St. PIERRE: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1760
- 3) 後藤, 松下: 鉄と鋼, 49 (1963) 3, p. 1436
- 4) 呉, 後藤, 松下: 鉄と鋼, 50(1964) 3, p. 470
- 5) 後藤, 松下: 鉄と鋼, 50 (1964) 11, p. 1818; 50 (1964) 11, p. 1821; 51 (1965) 10, p. 1825
- 6) Y. MATSUSHITA and K. GOTÔ: Tetsu-to-Hagané Overseas, 4 (1964) 2 (June), p. 129
- 7) Y. MATSUSHITA and K. GOTÔ: J. Faculty of Engineering University of Tokyo(B), 27(1964), p. 217
- 8) Y. MATSUSHITA and K. GOTÔ: Symposium on Thermodynamics by International Atomic Energy Agency at Wien, Austria, (1965), July 22~27

669.183.4: 669.046.52
: 661.842.22

(68) 平炉における前装入媒溶剤に関する検討

八幡製鉄, 八幡製造所

下郷良雄・中川 一・○森田英臣
吉井 等・縄田義訓・加賀谷武三郎
Study on the Flux for Open Hearth Furnace.
Yoshio SHIMOGO, Hajime NAKAGAWA,
Hideomi MORITA, Hitoshi YOSHII,
Yoshinori NAWATA and Takesaburo KAGAYA.

1. 緒 言

八幡製鉄所の平炉工場において使用されている前装入媒溶剤は昭和 27 年頃を境として生石灰から石灰石に切替えられた。これは石灰石の分解によつて引き起されるライムボイルによつて酸化剤として使用される鉄鉱石が節約されること、および鋼浴の攪拌、伝熱が助長されることを狙つたものであつた²⁾。しかしながらその後酸素製鋼法が導入され、さらにその使用法も溶解期、精錬期の直接吹精が主体となつた今日においては上述の効果をライムボイルに依存する必要はなくなつたと考えられる。また前装入石灰石はその分解に際し多量の分解熱を吸収し、さらにライムボイルによるフラッシュスラグへの粒鉄損失の増加という不利益も考えられる。したがつて前装入媒溶剤を石灰石より生石灰に変更することにより上述の不利益を避け、かつ酸化剤として使用する鉄鉱石量を増加して歩留を向上させ、総合的なコスト切下げをはかることを目的として試験を実施し、良好な結果を得たので報告する。

2. 試験方法

2.1 試験ヒート

2.1.1 試験炉および対象鋼種

試験炉は固定式塩基性 120 t 平炉 (良塊 128 t, 重油専焼) で、対象鋼種は No. 2~3 系セミキルド鋼である。

2.1.2 試験条件

試験ヒートの装入条件は Table 1 に示した。生石灰法の前装入生石灰量は石灰石法の前装入石灰石量の 1/2 とし、前装入鉄鉱石量は一定とした。溶銑配合率は 50% (第 1 次試験) および 60% (第 2 次試験) で、生石灰法と石灰石法を交互に実施した。

2.1.3 調査項目

調査は作業成績およびスラグ組成についておこなつた。スラグ組成の変化については一部のヒートを溶銑注入後より 30 min 間隔でスラグ試料を採取し分析した。

2.2 高溶銑操業ヒート

第 1 次および第 2 次試験の結果が良好であつたので、その後通常ヒートで比較試験を続行した。昨年 7 月以降高溶銑操業に移行したので、溶銑配合率 95% 程度の高溶銑操業における比較をおこなつた。試験方法は前装入鉄鉱石量を規定しなかつたことを除き、第 1 次試験および第 2 次試験に準じて実施した。

3. 試験結果

試験の実施に当つては上記以外の作業条件は極力一定化するように努めた。結果は Table 2 に一括して示す。

4. 考 察

4.1 精錬作業におよぼす影響

生石灰法は石灰石法に比較して吸熱反応であるライムボイルがないため昇熱が良好で、溶落時の温度、[C] ともに高く、以後の精錬作業が容易である。

4.2 製鋼時間

試験ヒートの場合生石灰法は石灰石法に比較して昇熱が良好で後溶解時間が短縮し、酸素原単位も若干低い。しかし溶落時の[C]が高いため精錬時間が若干延長しており、製鋼時間の短縮量は少なくなつてゐる。

高溶銑操業ヒートの場合生石灰法は石灰石法より後溶解時間、製鋼時間も若干長い。これは前装入鉄鉱石量が多く、かつ酸素原単位が低いためで、酸素使用量を補正すれば差はない。

4.3 熱量原単位

試験ヒートの場合生石灰法は石灰石法より熱量原単位が低く、吸熱反応の減少が熱的に有利に作用したことを示している。

Table 1. Condition of experiments.

Experiment	Flux	Hot metal ratio (%)	Cold pig ratio (%)	Charge ore (t/heat)	Charge flux (t/heat)	
					Burnt lime	Lime stone
First experiment	Burnt lime	50	25	3	3	0
	Lime stone	50	25	3	0	6
Second experiment	Burnt lime	60	15	5	3	0
	Lime stone	60	15	5	0	6
High hot metal practice	Burnt lime	95	0	—	3	0
	Lime stone	95	0	—	0	6

Table 2. Experimental results.

Charge flux		First experiment		Second experiment		High hot metal practice	
		Burnt lime	Lime stone	Burnt lime	Lime stone	Burnt lime	Lime stone
Number of heats		24	20	14	21	22	32
Hot metal ratio (%)		49.8	50.2	62.1	61.5	93.4	93.0
Cold pig ratio (%)		25.3	24.8	12.8	14.9	1.3	1.7
Charge flux (kg/t)	Burnt lime	26.1	0	23.7	0	21.2	0
	Lime stone	0	48.9	0	46.1	0	51.7
Ore consumption (kg/t)	Charge ore	23.9	23.8	41.2	41.5	115.8	102.8
	Feed ore	15.0	10.3	23.7	12.3	18.6	16.8
	Total	38.9	34.1	64.9	53.8	134.4	119.6
Metallic yield (%)		92.8	92.3	93.5	92.4	98.7	96.9
Production rate (t/hr)		25.1	24.4	26.4	26.0	25.4	25.9
Fuel consumption ($\times 10^3$ kcal/t)		518	551	448	475	402	382
Oxygen consumption (Nm ³ /t)		27.3	27.7	26.4	29.3	21.0	23.3
Tap to tap time (hr)	Repairing	14	14	12	12	17	12
	Charging	31	34	30	29	11	14
	Heating	46	42	45	41	58	1.03
	Melting	2.13	2.24	1.48	2.15	2.04	1.58
	Refining	1.27	1.19	1.35	1.19	1.41	1.31
	Total	5.11	5.18	4.51	4.56	5.11	4.53
Melt down condition	[C] (%)	1.51	1.33	1.72	1.42	1.83	1.58
	Temperature (°C)	1520	1514	1509	1509	1524	1517

高溶銑操業ヒートの場合生石灰法は石灰石法より若干熱量原単位は高いが、酸素原単位の差を補正すれば差はない。高溶銑操業の場合は溶銑の頭熱が大きいので石灰石の分解吸熱反応の影響が出なかつたものと考えられる。

4.4 製出鋼歩留

製出鋼歩留については生石灰法のほうが良好で、第1次試験では0.5%、第2次試験では1.1%、高溶銑操業ヒートの場合は1.8%高くなっている。この歩留向上の理由としては以下の3項目が考えられる。

(1) 生石灰法は溶落時の[C]、温度とも高く、追加鉄銑石の使用が多い。

(2) 生石灰法は石灰石法に比較して後述するように溶解期の石灰の滓化が早く、フラッシュスラグ中のT. Feが低い。

(3) 生石灰法はライムボイルがないため、それによる酸化損失、粒鉄損失、地金流出が少ない。

Table 3は試験ヒートおよび高溶銑操業ヒートにおける製出鋼歩留の差を理由別に計算したものである。ただし生石灰法と石灰石法のフラッシュスラグ中のT. Feの差は第1次試験では2%、第2次試験では3%、高溶銑操業ヒートでは6%とした。また粒鉄損失は製出鋼歩留の向上量と理由の明らかなものとの差として求めた。

4.5 スラグ成分の変化

4.5.1 滓化速度

溶銑注入後より出鋼前までのスラグ中の(CaO)/(SiO₂)、(CaO)、(T. Fe)の変化をFig. 1に示した。生石灰法は石灰石法に比較して溶解期の石灰の滓化が早く、(CaO)の上昇および(T. Fe)の低下が早期におこ

Table 3. Analysis of difference of metallic yield (%).

Experiment	Difference of ore consumption	Slag loss	Iron shot	Total
First experiment	0.24	0.12	0.14	0.50
Second experiment	0.56	0.20	0.29	1.05
High hot metal practice	0.80	0.56	0.44	1.80

Table 4. Ladle analysis.

Practice	N	[H] (ppm)	Non metallic inclusion (%)			
			A type	B type	C type	Total
Burnt lime	8	4.5	0.087	0.004	0.036	0.127
Lime stone	8	5.4	0.089	0.003	0.041	0.133

なわれるので排滓損失が減少し、製出鋼歩留に有利に作用する。また生石灰を前装入媒溶剤に使用することによる石灰の滓化促進効果は溶銑配合率が高いほど顕著で、生石灰法と石灰石法の溶解期スラグの(T. Fe)の差は第1次試験では約2%、第2次試験では約3%、また高溶銑操業ヒートでは約6%であった。スラグ中の(CaO)と(FeO)の関係をFig. 2に示したが、(CaO)の上昇

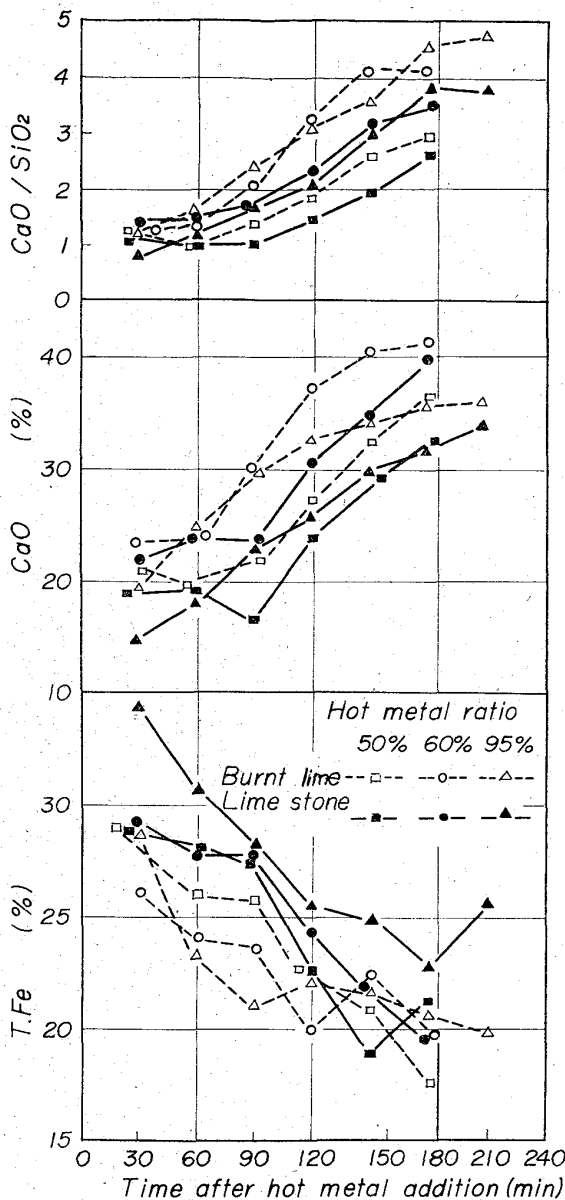


Fig. 1. Change of slag composition and basicity.

に伴い (FeO) は直線的に低下している。これは滓化した (CaO) が滓解初期のスラグ中で ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$) と反応し、遊離した (FeO) が鋼浴と反応して低下するためと考えられる。

4.5.2 脱硫および脱磷³⁾

Fig. 4 はスラグ中の (S) および (P_2O_5) の変化である。生石灰法は石灰石法に比較して石灰の滓化が早いいため溶解中期以後の (S) の上昇が大きく脱硫に有利と考えられる。(P_2O_5) については生石灰法、石灰石法とも大差はない。

4.6 品質への影響

ライムボイルの重要な作用とされている鋼浴の沸騰攪拌による清浄作用の影響を調査するため取鍋下試料について鋼中 [H] および非金属介在物を調査した。結果は Table 4 に示したが生石灰法と石灰石法では差が認められなかった。またセミキルド厚板材について検定成績を比較したが、差は全く認められなかった。

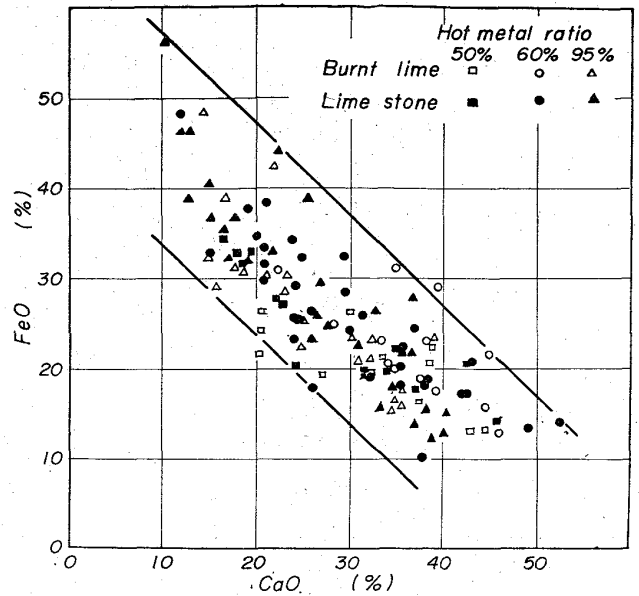


Fig. 2. Relation between (CaO) and (FeO) in slag.

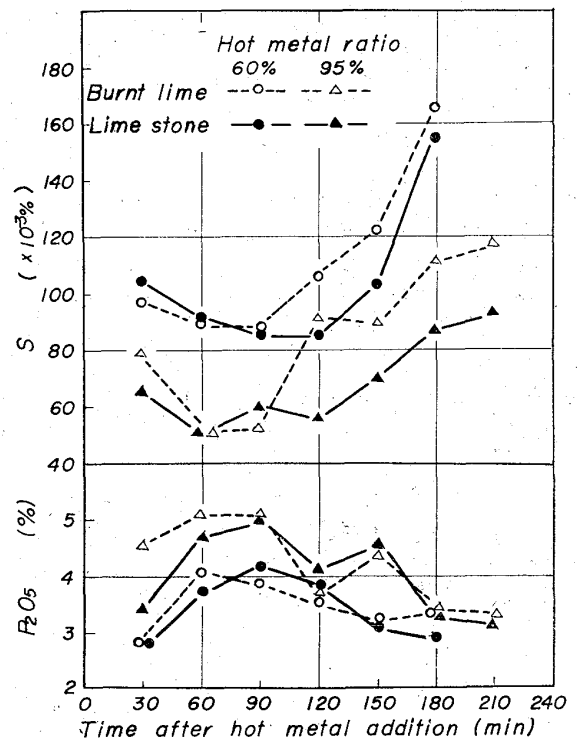


Fig. 3. Change of (S) and (P_2O_5) in slag.

5. 総 括

平炉における前装入媒溶剤として従来より使用されてきた石灰石と生石灰について溶銹配合率をかえて比較し以下に述べる結果を得た。

- (1) 生石灰法は石灰石の分解吸熱反応がないため昇熱が良好で溶落時の温度、[C]が高く精錬作業が容易である。
- (2) 生石灰法は石灰石法に比較して昇熱が良好であるため製鋼時間が短縮し、熱量原単位も低下する。
- (3) 生石灰法は石灰石法に比較して溶解期の石灰の

滓化が早く早期にスラグ中の (CaO) が上昇し (T. Fe) が低下する。またこの効果は溶銑配合率が高いほど顕著である。

(4) 生石灰法は溶解期の石灰の滓化が早いので脱硫には有利である。

(5) 生石灰法は石灰石法に比較して製出鋼歩留が高い。これは溶落[C]が高く鉄鉱石使用量が多いこと、溶解期のスラグ中の (T. Fe) が低く排滓損失が少ないこと、およびライムボイルが起らないために酸化損失、粒鉄損失が少ないためである。

(6) 生石灰法と石灰石法について取鍋下試料についての鋼中 [H] および非金属介在物の比較をおこなったが差は認められなかつた。またセミキルド厚板材の検定成績についても差は認められなかつた。

文 献

- 1) 武田: 鉄と鋼, 38 (1952) 10, p. 738
- 2) Basic Open Hearth Steelmaking, (1951), p. 284
- 3) 大田, 他: 製鉄研究 215 号 (1956), p. 1303

669, 183.4 : 669, 046.54

(69) 平炉炉内の自然酸化について

八幡製鉄, 八幡製造所

中川 一・森田英臣・吉井 等

Oxidation of the Scrap in the Open Hearth Furnace.

Hajime NAKAGAWA, Hideomi MORITA and Hitoshi YOSHII.

1. 緒 言

平炉の炉内で起きる現象は複雑であり従来より十分定量的に把握されていない点が多い。特に装入期, 溶解期については検討されることが少なかつたようである。最近原価管理が徹底し, 製鋼歩留が重要な指標となつている。科学的に鉄分の挙動を論ずるには炉内雰囲気による自然酸化を定量的にとらえる必要がある。今回任意の条件で稼動している平炉の自然酸化量を鉄分バランス・モデルより算出する方法を求めた。これは平炉の諸現象の定量的解析に有効であると思われるので基本的考え方および鉄分挙動との関連の一端について述べる。

2. 鉄バランス・モデル

平炉の炉内に装入された鉄分の酸化還元過程を含んだ鉄分収支モデルを Fig. 1 のごとく構成して鉄分挙動を考える。Fig. 1 においてスラグの酸化鉄は FeO の型態であると仮定した単位を kg/t で表示すると次の関係式を導くことができる。

$$\eta y + \lambda_2 \cdot z + 1.5e\lambda_x \cdot x + a_R = 1000 + k \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$y(1-\eta) - (b+c+d) - 0.5ex = z \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$(y-c) + ex + a = 1000 + k + (\text{Fe}) + d + b + a_L \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$y - (z + 0.5ex + b + c + d) + 1.5e\lambda_x \cdot x + \lambda_2 \cdot z + a_R = 1000 + k \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$(\text{Fe}) - (1-\lambda_2)z - 1.5e(1-\lambda_x)x = 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

ただし y は主原料比, x は鉄鉱石, k は発生屑, b は炉滓屑, c は非鉄成分の酸化除去分, d はダスト損失, a は合金鉄, a_R は止つた合金鉄, a_L は合金鉄の損失分, z は焼減, η は残留歩留, λ_x は鉄鉱石の還元率, λ_2 は焼減の還元率, (Fe) はスラグ損失 (酸化鉄+粒鉄) である。焼減 z は炉内雰囲気による自然酸化 (z_1+z_2) と屑鉄のスケールとして付着装入される鉄分 (z_0) とに区別される。 z_1 は装入開始後受銑終了までに z_2 は受銑後出鋼までに炉内で酸化される鉄分である。また鉄鉱石の反応を $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe} \rightarrow 3\text{FeO}$ とすれば鉄鉱石 ex と反応する鉄分は $0.5ex$ に相当する。 e は鉄鉱石中铁分含有率である。

3. 自然酸化

平炉の炉内雰囲気による自然酸化について HERTY, 他¹⁾は溶落に至るまでの酸化量として溶銑法の場合, 製鋼分塊屑で装入 t 当り酸素 4 kg, 軌条屑で 16 kg に相当すると述べている。BROWER, LARSEN²⁾は 60% 溶銑配合の場合に 100% 重量屑装入で酸素 14.5 kg/t, 100% 軽量屑装入で 23.6 kg/t に達すると報告している。また一戸³⁾はガス焼き 30 t 平炉の受銑までの自然酸化量は酸素 10 kg/t に相当すると報告している。最近では田尻, 田中⁴⁾が重油焼き 60 t 平炉 (著者註: H.M.R=60) について酸素 21 kg/t が溶落までに火焰によつて供給されこれは溶落までの全供給酸素の 40% に相当すると報告している。以上の諸報告により類推される酸化量も炉容, 作業条件が異なれば当然変化するはずであるからここでは任意の場合の求め方を考えることとする。

3.1 酸素バランス

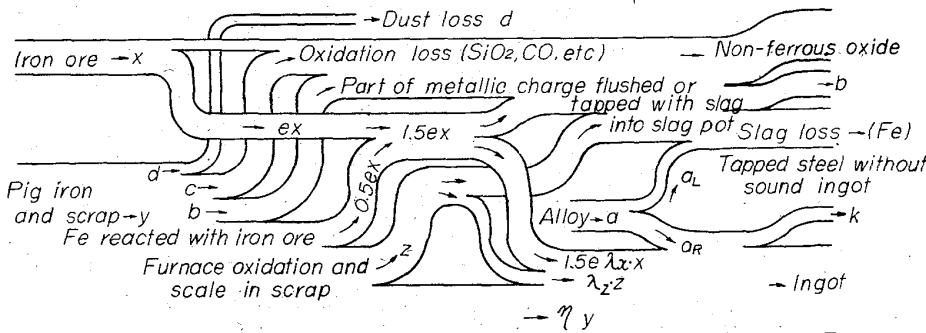
平炉の鋼浴に供給される酸素, 冶金反応に参加する酸素はスラグ中に FeO の型で存在すると仮定して酸素バランスを考え FeO を kg Fe/t で示し (6) 式=(7)式と考えると (8) 式が求められる。

$$\text{FeO}_{\text{input}} = \text{FeO}_{\text{ore}} + \text{FeO}_{\text{atm}} + \text{FeO}_{\text{scrap}} + \text{FeO}_2 + \text{FeO}_{\text{CaCO}_3} \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{FeO}_{\text{output}} = \text{FeO}_{\text{reaction}} + \text{FeO}_{\text{slag}} \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$1.5ex + z + \text{FeO}_{\text{CaCO}_3} + \text{FeO}_2 = \text{FeO}_{\text{reaction}} + (\text{Fe})$$

$$\text{FeO}_{\text{reaction}} - \text{FeO}_{\text{CaCO}_3} - \text{FeO}_2 = (\text{Fe})_{\text{M}\cdot\text{R}}$$



Where: $e = \% \text{ Fe in iron ore}$, $\lambda_x = \text{Reduction rate of iron ore}$
 $\lambda_2 = \text{Reduction rate of furnace oxidation}$, $\eta = \text{Residual rate of metallic charge}$.

Notice: (1) All materials are expressed unit of kg per ton of ingot
 (2) Iron means industrial iron, not pure iron.

Fig. 1. Fe balance diagram.