

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った。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った。

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ったようである。最近原価管理が徹底し, 製鋼歩留が重要な指標となっている。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。

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

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

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

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

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

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 Fe_2O_3 + Fe → 3FeO 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 4kg, 軌条屑で 16kg 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 14.5kg/t, 100% 軽量屑装入で 23.6kg/t に達すると報告している。また一戸³⁾はガス焼き 30t 平炉の受銑までの自然酸化量は酸素 10kg/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 60t 平炉 (著者註: H.M.R=60) について酸素 21kg/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

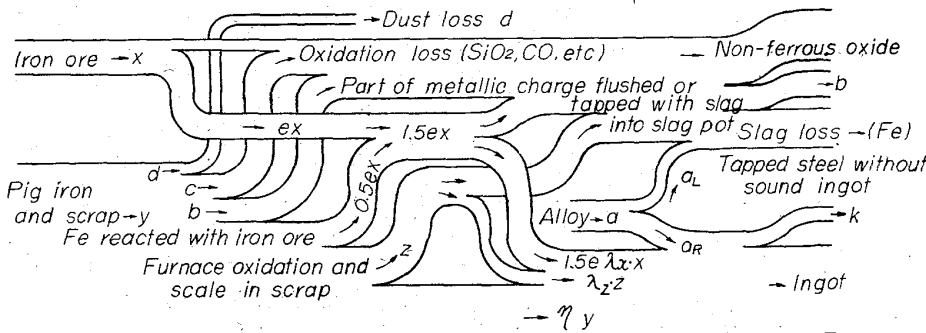
平炉の鋼浴に供給される酸素, 冶金反応に参加する酸素はスラグ中に FeO の型で存在すると仮定して酸素バランスを考え FeO を kg Fe/t で示し (6) 式=(7)式と考えると (8) 式が求められる。

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

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

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

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



Where: e=% Fe in iron ore, λ_x=Reduction rate of iron ore
λ_2=Reduction rate of furnace oxidation, η=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.

Table 1. Calculation result of furnace oxidation (kg O₂/t of ingot).

Hot metal rate (%)	Start charge to finish hot metal (z ₁)		Finish hot metal to tap (z ₂)		Charged scale in steel scrap (z ₀)		z = z ₀ + z ₁ + z ₂	
	60 t	120 t	60 t	120 t	60 t	120 t	60 t	120 t
40	20.3	4.3			4.0	4.6	34.4	12.9
50	18.9	5.4			4.3	4.6	33.2	14.0
60	14.0	3.2			3.7	4.3	27.7	11.4
70	11.4	2.9	10.0	4.0	2.6	3.4	24.0	10.3
80	4.6	1.4			2.6	2.6	17.2	8.0
90	1.4	0.9			1.4	1.4	12.9	6.3
100	0	0			0	0	10.0	4.0

とおけば

$$z = (\text{Fe}) + (\text{FeO})_{\text{M.R}} - 1.5ex \dots\dots\dots (8)$$

FeO_{reduction} は冶金反応に参加した全 FeO であり, (FeO)_{M.R} は焼減, 鉄鉱石より供給された FeO のうち冶金反応にあずかった分である. 酸素ガスによつて与えられる FeO は 100% 冶金反応に加わるものとする. また (5), (4) 式から (9) 式が求まるから作業成績 (y, x, O₂, k, a, b, etc.) がわかれば焼減量を算出することができる.

$$(\text{Fe}) = (y + ex) - (1000 + k + b + c + d - a_R) \dots\dots\dots (9)$$

3.2 焼減の計算および結果

実際の計算には電子計算機を使用した. Table 1 および Fig. 2 に 60 t 平炉の No. 1~2 系セミキルド条鋼, 120 t 平炉のセミキルド厚板の例を示す. Table 1 は代表値の結果である. 代表値は溶銑比の変動に対応して変化する冷銑比, 酸素, 鉄鉱石, 主原料などの回帰線上の数値である. 両平炉ともに重油専焼固定式平炉で酸素は 20~30 m³/t 使用している. データはいずれも月単位で採取した. プログラムを組む場合次の点を仮定した.

- (1) 酸素の冶金反応効率を 87% とする.
- (2) ライム・ボイルによる CO₂ の 2/3 が脱炭反応に参加⁵⁾ する.
- (3) ダスト発生量は酸素使用量より求める.

4. 考 察

4.1 焼減の分解

田尻, 田中⁴⁾ の報告を適用してスケールとして装入された鉄分(z₀)を除くと Table 1 のごとく自然酸化量を求めることができる. これらの数値は従来の報告と良く一致している. 自然酸化量が溶銑比の減少とともに増加するのは当然であるが最近では早期受銑が徹底しているため大型平炉においては増加率は低い. 小型平炉は大型平炉の約 2 倍, 受銑前まででは約 3 倍近い自然酸化を受けていることがわかった. これは大型平炉に比べ炉床単位面積当たり約 2.5 倍の二次空気を送風していること装入物の重量がほぼ 1/2 であることなどのためである.

4.2 二次空気の酸化割合

二次空気により供給される酸素が炉内酸化に消費される割合を製鋼時間と送風量, 自然酸化量より求めると Table 2 のごとくなる. 炉内酸化に消費される割合は溶銑比が減少すると増加するが溶銑化 50~70% の範囲では全期を通じて小型で約 10% 弱大型で約 4% 程度である. 受銑前では両者ともに大きな値を示している. 小型では供給される酸素の 20~30% が炉内酸化に使用されている. これは単位重油量に対する送風量が多い (約

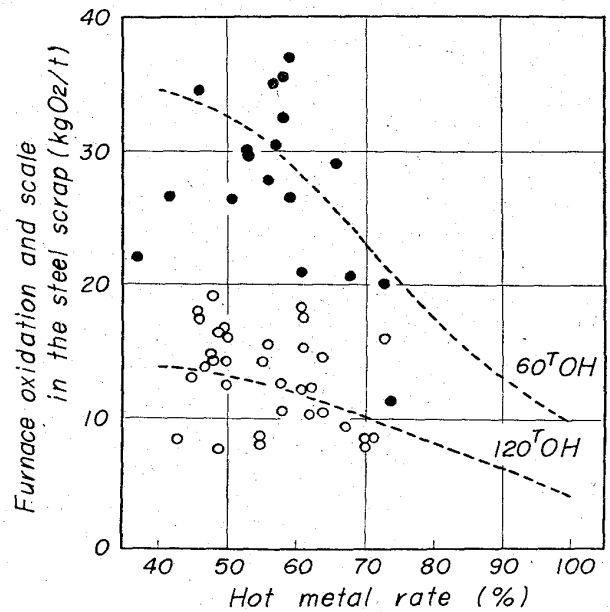


Fig. 2. Furnace oxidation and charged scale in the steel scrap.

Table 2. Oxidation rate of combustion air (%).

Hot metal rate (%)	Start charge to finish hot metal		Finish hot metal to tap		Average	
	60 t	120 t	60 t	120 t	60 t	120 t
50	28	10	4	2	9	4
60	20	6	4	2	7	3
70	17	5	4	2	6	3

1.5 倍) 事実と一致している.

4.3 鉄バランスと酸化鉄の還元

焼減計算の結果より鉄バランスを求めると Table 3 のごとくなる. スラグ損失に着目すれば良塊 t 当たり 5~6% でありこれは従来の実験結果と良く一致している. これらの関係より鉄分収支を論ずる場合にスラグ中酸化鉄の挙動に関心が持たれる. すなわち酸化鉄の還元率が問題となるがいま λ_x = λ_z と仮定した場合の還元率を求めると Fig. 3 のごとくなる. Fig. 3 は焼減と鉄鉱石から供給される酸化鉄と還元率の関係である. 同一 FeO ポテンシャルの場合には大型平炉の還元率が高い, また横軸を切る点がスラグ損失鉄分に相当する. 小型平炉が

Table 3. Fe balance from calculation result (kg Fe/t).

Nominal furnace capacity	Fe input			Fe output						
	Metallic charge	Fe in Fe ore	<i>a</i>	Ingot	<i>k</i>	<i>b</i>	Slag loss	Oxidation loss	<i>d</i>	Unknown Fe
120 t	1120	7	14	1000	13	5	47	54	15	7
	1115	12					50	54	14	5
	1102	27					53	54	13	5
	1088	43					54	55	12	6
	1074	58					54	56	11	7
	1061	73					57	58	11	4
	1047	88					54	60	11	6
60 t	1136	3	9	1000	15	5	59	56		4
	1136	3					60	56		3
	1122	18					61	56		3
	1105	36					60	57	9	4
	1089	53					62	57		3
	1073	71					62	58		4
	1056	88					60	60		4

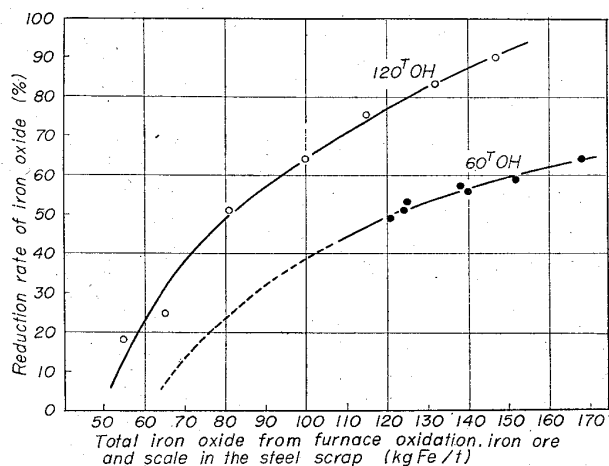


Fig. 3. Reduction rate of iron oxide. ($\lambda_x = \lambda_z$)

大型平炉に比べて自然酸化量が大であるのに酸化量に比例してスラグ損失が増加しないのは酸化鉄の還元能力が大きいためと思われる。還元能力の大なる理由として自然酸化が大なるためもともと全 FeO ポテンシャルが高いことライムアップが早いことなどが考えられる。

5. 結 言

鉄バランス・モデルより任意の条件下における平炉の自然酸化を求める方法を考え、作業成績をあてはめたところ従来の報告と一致した。これらを炉内現象の追跡に適用することによりより定量的考察が可能となることが期待される。

文 献

- 1) C. H. HERTY, et al.: The Physical Chemistry of Steelmaking, (1934), p. 104
- 2) T. E. BROWER and B. M. LARSEN: Trans. Met. Soc., Amer. Inst. Min., Met. & Pet. Eng., 176 (1948), p. 92
- 3) 一戸: 八幡製鉄技研報告, 25 (1950) 1, p. 110
- 4) 田尻, 田中: 鉄と鋼, 41 (1955), p. 951
- 5) B. O. H. (3rd edition), p. 817

669.046, 55 : 669, 127.3
: 621, 365.5

(70) 高周波真空溶解炉による電解鉄のC脱酸に関する研究

(純鉄の溶製—I)

石川島播磨重工業, 技術研究所

工博 中村 素・田知本一雄

工博 栗山良員・恒久好徳・○福井洗一

Study on the Carbon Deoxidation of Electrolytic Iron by High Frequency Vacuum Induction Furnace.

(Melting of pure iron—I)

Dr. Hajime NAKAMURA, Kazuo TACHIMOTO,

Dr. Yoshikazu KURIYAMA, Yoshinori TSUNEHISA

and Kanichi FUKUI.

1. 緒 言

鉄鋼の機械的性質におよぼす元素, 化合物の単独の影響, 一般物性研究等の分野で, 近年純鉄の純度の要求が高くなってきた。一般に純鉄としては電解鉄が用いられていたが, 酸素介在物が多いきらいがあつたので, 比較的簡単な電解鉄の脱酸方法として, 真空溶解によるC脱酸が開発されてきた。しかし従来のC脱酸は脱酸のみを目的としたもの, および C, O を対象としたものが多く^{1)~4)}, C脱酸中に侵入してくる Si の問題を加えたものは少ない。C, O, Si をともに下げた最も良いものの例としては, 20 kg 溶解の場合 C-0.003%, O-0.002%, Si-0.002% という報告⁵⁾があるが, 溶解条件(温度, 真空度の影響等)については, はつきりしていない。今回は 20 kg 高周波真空溶解炉を使用して, C脱酸により, C, O, Si をともに下げた純鉄を溶製する条件を求めるための試験を行なつた。その結果を報告する。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

100 kg, 100 kW, 3 kc/sec 高周波真空溶解炉に, 20 kg 溶解用炉体を取りつけ, MgO ルツボにより溶解した。