

4. 結 言

平炉における熱量原単位の算定を合理的に行なうために熱量換算係数を理論的に検討し、次のような結果を得た。

- (1) 酸素換算係数は 12000 kcal/Nm³ に相当する。
- (2) 溶銑-鉍石換算係数は良塊あたり 5000 kcal/%HM 程度である。
- (3) 冷却剤は単位使用量 (kg/t) の変化で 2500kcal/t の熱量の変化を示す。
- (4) 以上の換算係数を適用することによつて平炉の熱エネルギー使用水準を合理的に評価できる。

文 献

- 1) 製鋼部会資料
- 2) 中川, 他: 鉄と鋼, 50 (1964) 9, p. 1510
- 3) 八幡製鉄, 製鋼部資料 (未発表)
- 4) 八幡製鉄, 熱技術課資料 (未発表)

(136) 平炉における製鋼能率の算定について

八幡製鉄, 八幡製造所

中川 一・鈴木康夫・○吉井 等

The Calculation Formula of the Production Rate in the O.H.F.

Hajime NAKAGAWA, Yasuo Suzuki and Hitoshi YOSHII.

1. 緒 言

当所の平炉工場では標準値を設定し生産計画の立案, あるいは作業能率の管理などに適用してきた。最近一般的に見られる傾向として平炉の作業領域が拡大しているが当所の平炉工場についても例外でなく大きな変化を示すに至り従来限定された領域で使用されてきた標準値の適合度が問題となった。従来より平炉の製鋼能率は溶銑比と酸素使用量 (door lance) の2要因で補正して表わしてきた。補正係数は過去のデータの統計解析より求めるのが常であつた。したがつて適合の精度を上げるためには換算率をより適正化することと必要であれば第3の要因を導入することが考えられる。今回製鋼能率の標準値を再検討するに際してより技術的意味を持たせるために若干の理論的検討を加え第3の要因として冷剤効果を導入しほぼ満足すべき結果を得たので概要を報告する。

2. 換算係数の理論的検討

2.1 燃料原単位と製鋼能率

従来より燃料原単位と製鋼能率の間には分数関数で示されるような関係があるといわれてきた¹⁾。その後平炉における酸素製鋼法の導入があり作業能率も質的に大きな変化を受けたと考えられる。そこで最近の作業成績(旬別)に基づいて両者の散布図を求めるとFig. 1に示すごとく直線関係が存在すると思われる結果が得られた。この関係は次のように説明することができる。すなわち燃料原単位(K)と製鋼能率(P)がそれぞれ(1), (2)式で表わされると仮定した場合(2)式を(1)式に代入しPで偏微分すると(3)式となり

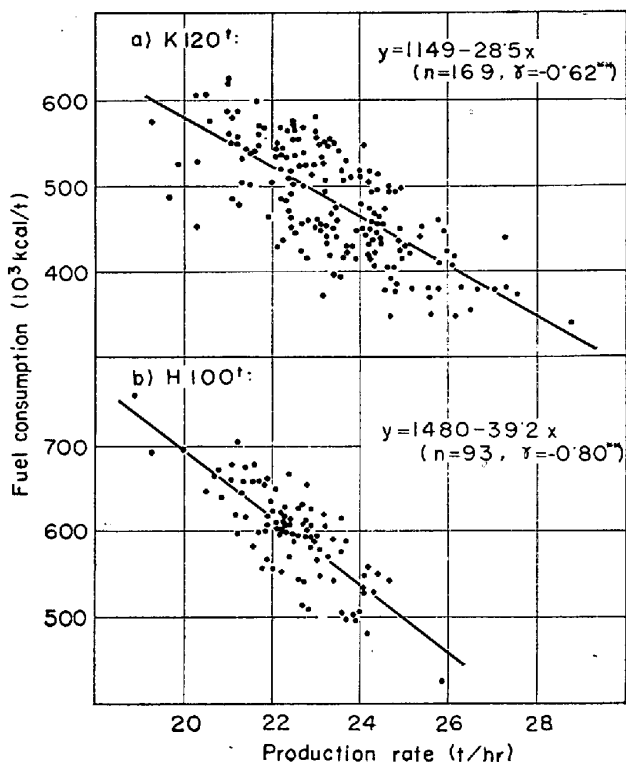


Fig. 1. Fuel consumption and production rate.

$$K = K_O - K_{O_2} X_{O_2} - K_{HM} \cdot X_{HM} + K_e \cdot X_e + \epsilon_K \quad (1)$$

$$P = P_O + P_{O_2} \cdot X_{O_2} + P_{HM} \cdot X_{HM} - P_e \cdot X_e + \epsilon_P \quad (2)$$

ただし $X_{O_2} = \text{Nm}^3/\text{t of oxygen}$
 $K_{O_2}, K_{HM}, K_e = \text{constant}$
 $X_{HM} = \% \text{H.M.R}$
 $P_{O_2}, P_{HM}, P_e = \text{constant}$
 $X_e = \text{ore}_{\text{obs}} - \text{ore}_{\text{st'd}} \text{ (kg/t)}$
 $\epsilon_K, \epsilon_P = \text{error}$

$$\frac{\partial K}{\partial P} = -K_{HM} \cdot \frac{\partial X_{HM}}{\partial P} - \frac{K_{O_2}}{P_{O_2}} + \frac{K_{O_2} P_{HM}}{P_{O_2}} \cdot \frac{\partial X_{HM}}{\partial P} - \frac{K_{O_2} P_e}{P_{O_2}} \cdot \frac{\partial X_e}{\partial P} + K_e \cdot \frac{\partial X_e}{\partial P} \quad (3)$$

(3)式において仮定より

$$\frac{\partial K_{HM}}{\partial P} = \text{constant} \left(= \frac{1}{P_{HM}} \right)$$

$$\frac{\partial X_e}{\partial P} = \text{constant} \left(= -\frac{1}{P_e} \right)$$

であるから $\frac{\partial K}{\partial P} = -\frac{K_{HM}}{P_{HM}} + \frac{K_{O_2}}{P_{O_2}} - \frac{K_e}{P_e} \quad (3)'$

$$\therefore K = -\left(\frac{K_{HM}}{P_{HM}} - \frac{K_{O_2}}{P_{O_2}} + \frac{K_e}{P_e} \right) P + C \quad (4)$$

したがつて燃料原単位が製鋼能率の一次式で示されることが立証された。ただし(1), (2)式における K_{HM} , P_{HM} は純粋に溶銑のみによる係数ではなく酸化剤の効果も合せ考えた係数, すなわち $K_{HM-\text{ore}}$, $P_{HM-\text{ore}}$ である²⁾ (以下同じ)。

2.2 換算係数の算出

燃料原単位と製鋼能率が(5)式で示される場合に熱量

Table 1. Calculation results of coefficients.

Capacity	<i>b</i>	<i>P</i> _{O₂}	<i>P</i> _{HM}	<i>P</i> _ε
H 100 ^T	39.2	0.306	0.128	0.064
H 150 ^T	26.4	0.454	0.189	0.095
T 130 ^T	42.4	0.283	0.118	0.059
K 120 ^T	28.5	0.421	0.175	0.088

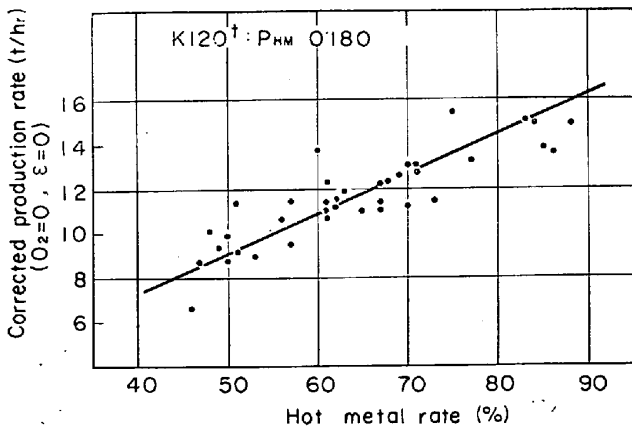


Fig. 2. Production rate and hot metal rate.

換算係数²⁾より製鋼能率の換算係数を求めることができる。すなわち(5)式を(1)式に代入し*P*で微分した(6)式と(2)式を*P*で微分した(7)式を対比すると(8)の関係が成立する。

$$K = a - bP \dots\dots\dots (5)$$

ただし $b \geq 0$

$$1 = \frac{K_{O_2}}{b} \cdot \frac{dX_{O_2}}{dP} + \frac{K_{HM}}{b} \cdot \frac{dX_{HM}}{dP} - \frac{K_\epsilon}{b} \cdot \frac{dX_\epsilon}{dP} \dots\dots\dots (6)$$

$$1 = P_{O_2} \cdot \frac{dX_{O_2}}{dP} + P_{HM} \cdot \frac{dX_{HM}}{dP} - P_\epsilon \cdot \frac{dX_\epsilon}{dP} \dots\dots\dots (7)$$

$$P_{O_2} = \frac{K_{O_2}}{b}, P_{HM} = \frac{K_{HM}}{b} \text{ かつ } P_\epsilon = \frac{K_\epsilon}{b} \dots\dots\dots (8)$$

そこで(5)式の係数が分れば(8)より製鋼能率の換算係数を導くことができる。Table 1に最近3年間の旬単位集計データより求めた*b*に基づいて各炉容別の換算係数を求めた結果を示す。

3. 結果と考察

理論的に求めた換算係数の妥当性を示す目的で最近3年間の作業成績(月単位)を適用して確認した。

Fig. 2はK120t平炉の溶銑換算係数の例である。縦軸は酸素、冷剤(ε)の水準を零に合せた時の補正製鋼能率であり図中に挿入した直線は理論値の勾配を示す。これによつて実績値と理論値がよく一致していることがわかる。

Fig. 3は酸素の換算係数を示す。a)は溶銑、冷剤効果を零に合せた補正值と酸素使用量の関係である。b)は溶銑比50~55%の範囲の実績値を選択して酸素使用量に対してプロットしたものである。いずれも理論値とよく一致した結果を示している。

Fig. 4は冷剤の効果を示す図である。横軸に酸化剤定数(ε)²⁾を取り縦軸に補正值(H.M.R=0, O₂=0)を取

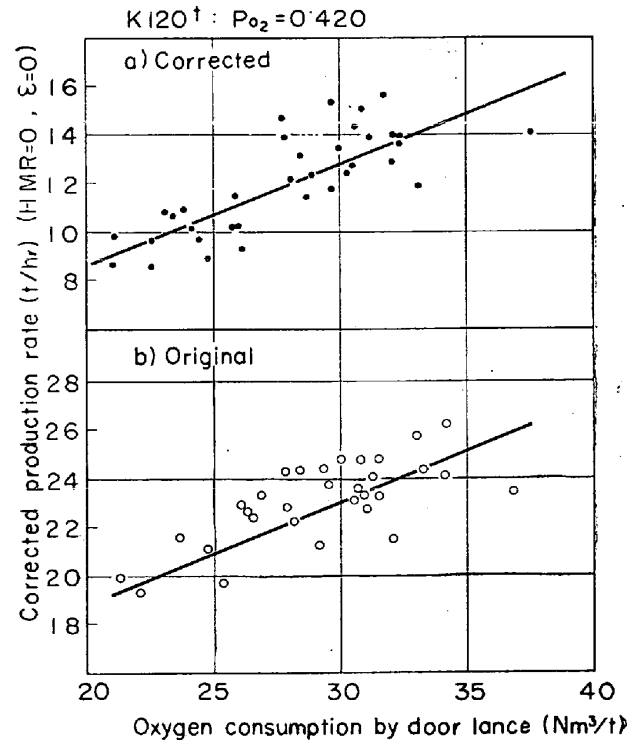


Fig. 3. Production rate and oxygen consumption.

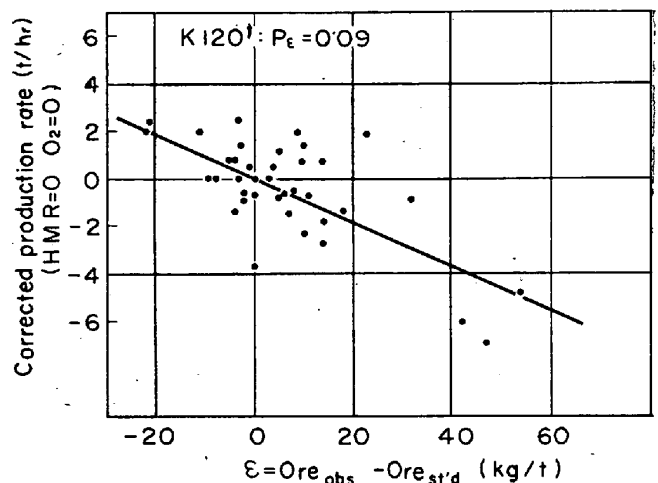


Fig. 4. Cooling effect and production rate.

つて示したが理論値とほぼ一致した傾向を示している。以上の諸関係は他の炉についても確認され理論的に求められ換算係数は期待される適合性を有しているものと判断された。

3.1 製鋼能率の径年変化

以上の検討と考察によつて平炉における製鋼能率の標準算定式は(9)式で与えられるが実際には工程平均の変動も考慮する必要があるだろう。

$$P_{st'd} = P_{O_2} \cdot X_{O_2} + P_{HM} \cdot X_{HM} - P_\epsilon \cdot X_\epsilon \dots\dots\dots (9)$$

$$P_O = P_{Obs} - P_{st'd} \dots\dots\dots (10)$$

いま(10)式のように実績値と標準値の差を取りこれを*P*_Oで表わす。*P*_Oの径年変化を見るとactionによる母集団の変化に伴つて工程平均が変化している状態が良

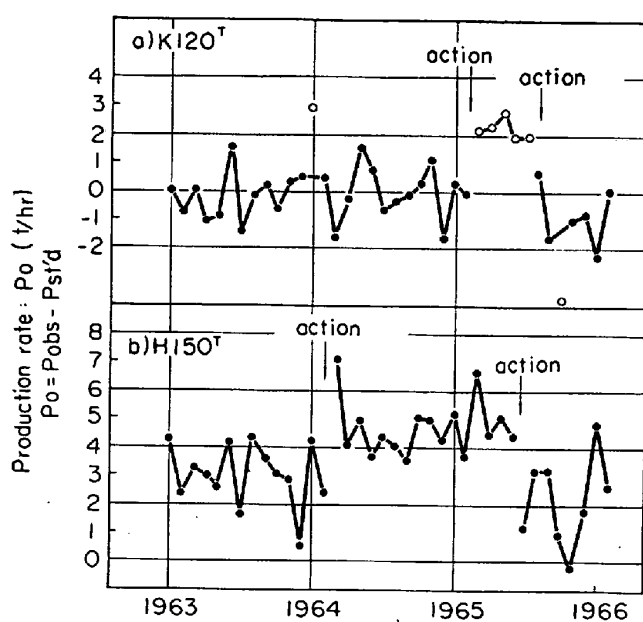


Fig. 5. History of the production rate in Po.

く示されている。(9)式は広範囲にわたる作業条件の変動に対して任意の条件のもとにおける製鋼能率の標準値を与える式として適当であると思われる。

また(9)式によつても若干のバラツキが残るが技術的要因以外にも事務処理上の問題もある。たとえば純製鋼時間の中にも実質的には非製鋼時間として計上すべきと考えられる loss time が混入している。この種の混入に対しては区分を厳密にすることにより事務上の手続きによつて処理できるから作業率を明確化することで精度の向上がまた期待できる。

4. 結 言

従来ほとんど理論的に検討されることのなかつた製鋼能率の換算係数に対して若干の検討を行ない溶銑、酸素、冷却剤などの換算係数を求め実績と照合した結果良く一致することを確かめ実際の管理に適用している。燃料原単位および製鋼能率が諸要因の1次式で表示できることすなわち燃焼原単位と製鋼能率が直線関係にあることの理論的必然性についてはさらに研究すべき問題と考えられる。

文 献

- 1) 製鉄研究, (八幡製鉄) 212号, p. 19
- 2) 中川, 他: 鉄と鋼, 52 (1966) 9, p. 1507

(137) マグネシア(低シリカ)ルツボによるカーボン脱酸純鉄の溶製

(純鉄の溶製—II)

石川島播磨, 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・○福井浣一

Melting of Carbon Deoxidized Pure Iron in Magnesia Crucible of Low Silica Content.

(Pure iron melting—II)

Dr. Hajime NAKAMURA, Kazuo TACHIMOTO,

Dr. Yoshikazu KURIYAMA, Yoshinori TSUNEHISA and Kanichi FUKUI.

1. 結 言

C脱酸において溶鋼中に Si が侵入することについては前報¹⁾に報告した。この侵入 Si は一般の MgO ルツボに2%内外含まれている SiO₂ が、脱酸のために添加したCにより還元されるためであると考えられていた。しかしわれわれの試験においては、ルツボを繰り返し使用したため、このほかに炉修材および炉修用の粘結剤として使用した水ガラスにも原因があつたと考えられる。

一般の MgO ルツボに SiO₂ 同様2%程度含有されている Al₂O₃ も、Cによつて還元されて Al となつて鋼中に入るといわれているが、われわれの試験においては十分繰返し溶解後使用したためか、ほとんど侵入しなかつた。

今回は SiO₂, Al₂O₃ 共に0.5%以下という MgO ルツボを使用し、また炉修用の粘結剤としては苦汁を使用して、Siの侵入源を極力少なくしたC脱酸試験を行ない、生産に近い規模でかなりの純度の純鉄を溶製することができたので報告する。

2. 実験装置および方法

100 kg, 100kW, 3 kC 高周波真空溶解炉に20 kg 溶

Table 1. Chemical composition of electrolytic iron. (%)

C	Si	Mn	P	S	O	Cl
0.004	0.006	0.003	0.003	0.001	0.04~0.12	0.040

Table 2. Chemical composition of MgO crucible. (low SiO₂) (%)

MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
98.83	0.33	0.22	0.13	0.12

Apparent porosity: 25%

Table 3. Chemical composition of usual MgO crucible. (%)

MgO	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
92.85	0.74	3.35	3.35	0.27

Apparent porosity: 38%