

であるのに対し石灰添加焼結の場合は平均 10・2kg で減少した。

(4) 現在の問題点

現在当所の第2高炉は吹下し直前にあり相当老朽化しているの、石灰焼結鉄使用によるシャフト温度の上昇が煉瓦およびシャフトマンテルの膨張損傷に対し悪影響があるのでこの対策を考究中である。また鉄滓塩基度のバラッキの問題は炉況悪化の際の銑質の調整に安定性を欠くので、この解明を試みている。またこれに関連して見られた石灰石装入量の計算値による Balance より低いことも同様の問題点である。

IV. 結 言

石灰添加焼結鉄の製造および高炉使用実績については日なお浅い関係上 Data の不十分、研究試験方法の不足等により反応の理論的考察、実績の統計的解析等は困難であるが、現在迄の量産により一応、成功したものと考えている。現在の所前述せる問題点を除いては生産および使用上特別な難点には際会していない。

炉内の還元性の向上、装入鉄石荷重の増加可能、媒溶剤の減少等によりコークス比において 10~15kg の低下、出銑量において 2~3% の増加を可能とし銑鉄製造原価の低下と増産に寄与することができた。

文 献

- 1) Wittenberg, H. und K. Meyer: Stahl u. Eisen, 63 (1943), 840.
- 2) 佐々木幸三, 藤原利三: 製鉄研究, 205 (1953), 312.
- 3) Stanley, A. and Joseph, C. Mead: Mining Eng. 1 (1949), 81.
- 4) W. Luyken, Kraeber: Mitteil. K-W-Inst. Eisenf. 13 (1937) Lief. 21, S. 247/60.
- 5) Kramer, H. M.: Mining Eng. 5 (1953), 1114.

(35) 熔鉄炉の熱収支及びコークス比の計算式に関する研究

(The Study on the Heat Balance and the Formula for Calculating the Coke Ratio in the Blast Furnace.)

Kiyoshi Segawa

八幡製鉄所技術研究所 工博 瀬 川 清

I. 緒 言

熔鉄炉のコークス比は、どんな要因によつてどの程度左右されるかを理論的並びに統計的に研究し、熔鉄炉操業成績の解析の一助にせんとして研究した。色々の操炉条件に対しコークス比が計算により推定できれば、コークス比低下に貢献するだけでなく、操業成績を理論的に解析し、成績向上のための研究の基礎ともなり得る。このためには種々の方法が考えられるが炉の熱収支を基礎として推論してゆくのが合理的だと考える。その理由は、出熱と入熱とが等しいと言うことは、炉の形式、操業条件、炉況の如何を問わず常に成立するのであるから、この関係から導き出したことからは一般性のあるものである。

II. 熔鉄炉の熱収支に関する理論的考察

入熱と出熱とが相等しいと言う関係は普遍的なものであつて、このことを数式的に表現すれば普遍的に成立する熱収支の関係式が得られる。しかしすべての入熱とすべての出熱を考えることは非常に繁雑になるので、小さい項を省略することによつて近似式を考えてみる。どのような項が小さいかということは、熱精算の結果を見れば明らかになるし、大きい項目でも近似的に他の項目に比例すると考えられるときには項目がそれだけ少なくなつて熱収支の関係式はそれだけ簡単になる。このような省略算の結果、入熱および出熱は近似的に次式で表現できることを認めた。まず入熱であるが、コークスの燃焼熱と熱風の顕熱とを考慮に入れて、

$$\text{入熱} = pC \dots\dots\dots(1)$$

ここで C は装入カーボン ton/day で p は比例恒数である。同様に出熱の方は

$$\text{出熱} = iFe + j\tau + dC + eCoC + k\phi \text{Coke} + gS \dots\dots\dots(2)$$

ただし i, j, d, e, k, g; 比例恒数
 τ; 出銑トン数 ton/day, φ; コークス灰分%
 Fe; 装入鉄石の平均全鉄%, Co; 炉頂ガスの CO%,
 Coke; コークス 装入量 ton/day, S; 炉床直径×炉高 (ストックラインまで)

(1) 式の理論的誤差は 1% 未満であり、(2) 式の方は 2.7% 未満である。(1) 式と (2) 式とから、コークス比 η を計算する式 (3) が求められる。

$$\eta = \frac{\text{Coke}}{\tau} = \frac{a \frac{S}{\tau} + b + cFe}{1 - d\phi - \left(1 - \frac{\phi}{100}\right)eCo} \dots\dots(3)$$

但し η; コークス比,
 a, b, c, d, e; 比例恒数

従つて (3) 式は、熱精算結果が余り突飛な場合でさえなければ、最大 3% 程度の誤差以内で成立する関係式である。

III. コークス比計算式の統計的検討

実際に (3) 式によつてコークス比を推定するためには、*abcde* の各恒数の値が解らねばならない。そこでこれらの恒数を決定するために、八幡製鉄の 6 基の溶鉱炉の作業データを用いて統計的方法を応用することにした。昭和 29 年 4 月から昭和 30 年 3 月までの 1 年間のデータを用い、各炉の 1 ヶ月宛の平均データによつて (3) 式を検討した。つまり、 C/τ 、 ϕ 、 CoC/τ 、 Fe 、 S/τ の 5 つの値について最小自乗法で各恒数を決定した。その結果は (4) 式の通りであつて、(4) 式から計算した η と実際のコークス比との差の標準偏差は約 0.015 で、大体 2% である。

$$\eta = \frac{0.150 \frac{S}{\tau} + 0.534 - \frac{0.606}{100} Fe}{1 - \frac{2\phi}{100} - \left(1 - \frac{\phi}{100}\right) \frac{1.80}{100} Co} \dots\dots (4)$$

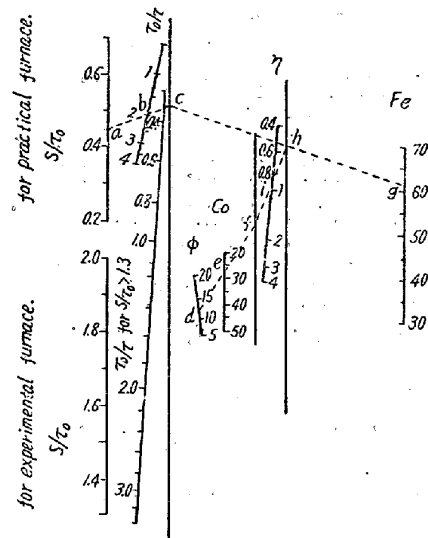
つまり、(4) 式は熱精算が大体普通の値をとつている場合であれば、炉の如何、炉況の如何にかかわらず相当の精度で成立する筈である。

この (4) 式は 400~1000 トン程度の 6 基の炉から恒数を決定したものであるが、3 トン試験高炉のような超小型炉に適用しても、約 10% 程度の標準偏差で計算値と実測値とが合致し、(4) 式が可なり普遍性のある式であることを裏付けている。

IV. コークス比の計算式からの推論

(4) 式を計算に便利なように計算図表にしたのが Fig. 1 である。この計算図表の使い方は、*a* と *b* を結んで *c* を求め *g* と *c* とから *h* を求め、*d* と *e* とから求めた *f* と *h* とを結んで求めるコークス比 *i* を求めることができる。

(4) 式で明らかなように、コークスの灰分も炉頂ガスの CO% も増加する程コークス比は大きくなり、夫々の 1% 当りの変化のコークス比への影響は大体同程度であつて、夫々 1% の変化に対してコークス比は 3~10% 変つてくる。また鉱石の Fe 1% の変化に対してコークス比は 0.015~0.03 程度 (約 3% 位) 変化する。次に、他の条件が同じなら、(特に Co% が同じ) 出鉄量が増加する程コークス比は下り、この下り方は小型炉程甚しく、大型炉ではその影響は極く小さい。例えば 1000 トン炉で 500 トンしか出鉄しなければ、1000 トン出鉄し



- τ ; Pig production rate, in ton/day.
 - ϕ ; Ash % in coke.
 - Co; CO % in top gas.
 - η ; Coke ratio.
 - S; $(\pi \times \text{hearth dia.}) \times \text{height of furnace}$, in m², where height is the distance from hearth to stock line.
 - τ_0 ; Capacity of pig production, in ton/day.
 - Fe; Average total Fe % in the ore charged.
- Formula;
- $$\eta = \frac{0.150 \frac{S}{\tau_0} + 0.534 - \frac{0.606}{100} Fe}{1 - \frac{2\phi}{100} - \left(1 - \frac{\phi}{100}\right) \frac{1.80}{100} Co}$$

Fig. 1. Nomogram for Coke Ratio of Blast Furnace.

たときよりもコークス比は 0.13 しか増加しないけれども、3 トン炉程度の炉で 1.5 トンしか出鉄しなければ、3 トン出鉄したときよりも 0.9 も増加する。

Fe の影響は小型炉よりも大型炉の方が顕著にあらわれる。Co や ϕ のコークス比への影響は大型炉でも小型炉でも全く同程度である。

(4) 式によると、一定の炉では装入物の品質が同じなら、炉頂ガスの CO% と出鉄量のみによつてコークス比が左右されることになり、ここに多少の不合理的があるように感じられるけれども、他の色々の炉の条件は、CO% と出鉄量とを通じて間接的にコークス比に影響をおよぼすものと考えることができ、コークス比は CO% と出鉄量とをパラメーターとして表現することができることを物語っている。そこで、溶鉱炉の能率について考える場合には、CO% と出鉄量をパラメーターとして問題にすればよいことになり、色々の他の操業条件は、出鉄量と CO% とにどんな影響をおよぼすかを研究すればよいことになる。

V. 結 論

熔鉄炉の寸法と出鉄量と鉄石の平均 $Fe\%$ とコークス灰分と炉頂ガスの $CO\%$ とから、コークス比を推定することのできる計算式を求めた。(4)式) この式の誤差は3%程度未満であつて、相当の精度をもっている。しかも大型熔鉄炉から小型の試験炉にまで適用できるものである。この計算式を図表にして計算が容易にできるようにしたのが Fig. 1 である。もし装入原料が同じものならば、出鉄量と炉頂ガスの $CO\%$ とによつてコークス比が左右され、その他の炉の諸条件も、出鉄量と炉頂ガスの $CO\%$ とを通じてコークス比に影響を与える。従つてコークス比への諸作業条件の影響は出鉄量と $CO\%$ との2つの要因をパラメーターとして考えることができる。

コークスの灰分や炉頂ガスの $CO\%$ が増加したり、鉄石の $Fe\%$ が減少したり、出鉄量が減少すると、他の条件が一定ならコークス比は高くなる。出鉄量の影響は超小型の試験炉では非常に大きく、大型炉では僅少である。鉄石の Fe の影響はその逆である。

(36) 鉄石の還元性と粒度が熔鉄炉能率に及ぼす影響に関する理論的研究

(Theoretical Study on the Effect of Reducibility and Particle Size of the Ore to the Productivity of the Blast Furnace)

Kiyoshi Segawa

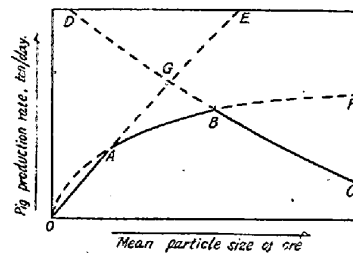
八幡製鉄所技術研究所 工博 瀬 川 清

I. 緒 言

熔鉄炉の出鉄量は色々な要因によつて左右されるが、ここでは装入鉄石の還元性と粒度とによつて出鉄量がどのように左右されるかを理論的にしかも定量的に研究することにする。還元しにくい鉄石や、粒度が大きければそれだけ炉の能力は低下することは既に明らかなことである。このことを定量的に解析するためには、今までの還元実験のデータを使い易い形に整理しておくことが望ましい。そこで当報告の準備段階としてこの点から着手し、その次に鉄石の種類並びに粒度によつて出鉄量がどのように左右されるかを検討する。

II. 熔鉄炉の生産能力を制限する各種要因について

熔鉄炉の生産能力を制限する物理的要因として次の3つのことが考えられる。(i) 鉄石の品種と粒度。(ii) ガスの流れの抵抗、(iii) 炉内の Flooding. 最後の Flooding とは、送風量がある限度を越すと熔融開始層で熔融物の逆流を起しハンギングの重要な一因となることを言つている。この3つの要因の中、ここでは一番始めの項目のみについて考えてみることにする。



Curve DBC indicates the effect of reducibility of ore.

Curve OABF indicates the effect of resistance of flow.

Curve OAE indicates the effect of flooding. Full line OABC indicates the maximum of the possible pig production rate.

Fig. 1. Effects of three factors to the pig production rate in the blast furnace.

同じ品種の原料を用いた場合、鉄石の各種粒度に応じて上記三要因が生産能力をどのように制限するかを説明図的に示したのが Fig. 1 である。鉄石の還元性に関する要因の影響は D G B C のカーブで表わせる。粒度が小さいときには還元速度が大きいからそれだけ出鉄量も増加する。この要因だけについて考えれば粒度は小さい程よいことになる。次に流れの抵抗は鉄石粒度が小さい程大きくなり或る限度以下の粒度にすると送風量が減じてそのために出鉄能力は低下する。その様子は Fig. 1 の O A B F のカーブで表わせる。Flooding も第2の要因と大体似ており、O A E のようなカーブで表わせる。以上を総合して考えてみると、Fig. 1 の実線 O A B C によつて出鉄能力は制限を受けることになり、A~B の附近の粒度で出鉄能力が最大になる。但し余り A に近い状況で操業すればハンギングの危険性が大きいことになる。この報告ではまず還元性による制限カーブ D G B C のみについて定量的に研究を進めることにする。

III. 熔鉄炉内での還元速度について

水素による還元実験のデータから、鉄石の各種粒度における還元速度は (1) 式で表わせることを認めた。但しこの式は 10% 程度の標準誤差である。