

IV. 考 察

以上の計算にて明らかなる如くコークス比は瓦斯還元率および直接還元率の増減により変化するものである。今仮に Fe の 100% が瓦斯還元を受け CO/CO₂ の比が平衡値の 1.80 になつたとしてもコークス比は 0.72 であり実際作業より可成り高い値を示すものである。この時の瓦斯の発熱量は 605 cal となり利用価値はなくなるであろう。また熱平衡においても過剰熱となり衝風を加熱する必要はないであろう。

最近わが国各製鉄所共瓦斯還元率向上の手段として鉄鉱石の破碎強化、粒度管理に意をそそぎ CO/CO₂ の比は数年前までは 2.0 以上であつたものが漸次低下し最近では 1.60~2.00 となつている。これを瓦斯還元効率で示せば従来 28%~30% のものが 33%~35% に向上した事になる。なお経済限界の CO/CO₂=1.38 までになるには 38% に向上させなければならぬ。

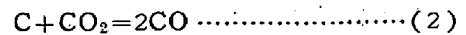
次に CO/CO₂ と最も関係の深いのは heavy charge であるが、heavy charge の前提条件として必ず原料の粒度管理を行わなければならない。戦前の如く、粉鉱より 100mm 前後の広い range では瓦斯の均一上昇を阻害し還元率の向上は望み得ない。瓦斯還元は必ず鉄石の加熱された表面より行われ漸次内部へ進むものである。100mm の塊鉄を 50mm に破碎すれば表面積は 2 倍となり 25mm に破碎すれば 4 倍となる。実験の結果鉄石が 800°C の温度に達するまでの表面よりの還元深度は約 5mm である故、100mm の鉄石の場合は瓦斯還元は僅かに 27%、50mm にすれば 49%、25mm に破碎すれば 78% までは瓦斯還元が行われる事になる。磁鉄鉱より 1 kg の Fe を還元するに要する熱量を比較すれば

Size of ore	Gas reduction at 800°C
100mm	27%
50mm	49%
25mm	78%

Reduction cal of Fe ₃ O ₄	CO→CO ₂	C→CO	Cal
-1.593 cal	+438 cal	+503 cal	-652 cal
-1.593 cal	+794 cal	+352 cal	-447 cal
-1.593 cal	+1.265 cal	+152 cal	-176 cal

上記の熱量計算に示す如く粒度管理を行う事により所要熱量は小さくなり、heavy charge が可能となりコークス比の低下となる。

次に直接還元であるが、鉄鉱石を主体に考えれば直接還元であり、コークスを主体に考えれば Solution loss である。



Fe の大部分は (1) の如く CO により還元されるものであるが 900°C 以上の温度では生成された CO₂ ガスの一部は隣接コークスと反応して (2) の Solution loss 反応を起す事が考えられる。また Fe の一部は未還元のまま熔融し slag となり solid carbon による (3) の反応で還元されるものである。両者の割合を計算にて知る事は不可能であるから此処では両者を合して直接還元または Solution loss と称する事にする。従来直接還元または Solution loss を技術的に調整する事は困難視されていたが最近では装入物の粒度コークスの反応性を知る事により或る程度制御ができるようになった。

V. 結 論

仮定を設けて熔鉱炉の操業限界を純理論的に計算した結果次の限界値を知る事ができた。(但し送風温度 700°C, 瓦斯発熱量 750cal)

- (1) コークス比 0.585
- (2) ore/coke 2.65
- (3) 風量 1,000m³/mn 時の出鉄量 920t

この時の Fe に対する還元率の平衡値は瓦斯還元率 69% 直接還元率 31% である、C の Solution loss 平衡値は鉄 t 当 80 kg, 装入炭素量に対して 16% である。

この時の排出瓦斯は温度 150°C, 潜熱 750 cal まで低下する。

- (1) 鉄鉄 t 当発生量 2.217m³
- (2) CO₂ 含有量 17.5%
- (3) CO " 24.1%
- (4) CO/CO₂ 1.38

以上の数値を示す時が熔鉱炉の最も経済的な操業限界である。

(54) 熔鉱炉のコークス比に対する一考察

(A Study on Coke Ratio of Blast Furnace)

Yuji Togino.

八幡製鉄株式会社 工 研 野 雄 二

熔鉱炉は還元炉および溶解炉としての条件を満足しなければならない。この二つの条件を満足させるために必要にしてかつ充分な装入カーボン量がコークス比を決定

する。以上の考え方からコークス比を計算して見た。

1. 計算上の仮定

吹製銑種: Fe 93.0%, C 4.3%, Si 0.75%, Mn 1.00%, P 0.35%, Ti 0.25%, S 0.035% の成分を有する製鋼用銑とする。

コークス: F.c 86.5%, 灰分 12.0% 潰裂強度 15mm 指数 92% の高炉用コークスとする。

鉄鉱石: 平均鉄分 57% 銑鉄となる鉄分の 70% は磁鉄鉱, 30% は赤鉄鉱より還元され, C.W. 2.0%, 平均水分 6.0% とする。

雑原料: 使用量 60 kg/t-pig. 鉄分は 85% とする。

その他: 石灰石使用量 280 kg/t-pig. 平炉滓使用量 150 kg/t-pig. 造滓量 500 kg/t-pig. ガス灰 12 kg/t-pig. 炉頂温度 150°C 送風中水分 10gr/m³ とする。

結晶水は水蒸気として炉頂ガスに入り, H₂ ガスによる鉄石の還元は考えない。鉄石中の CaO, MgO はすべて炭酸塩の形で含まれるものとする。

2 還元炉としての条件

Fe₂O₃, Fe₃O₄, 高次酸化物の FeO への還元は全部ガス還元により炉頂部で行われ FeO の Fe への還元はシャフトで行われる。Fe, FeO, CO, CO₂ が共存し FeO が Fe に還元されるためには温度により決定されるシャフトガスの CO/CO₂=P (平衡比率) 以上の CO/CO₂ を有していなければならない。(Fig. 1)

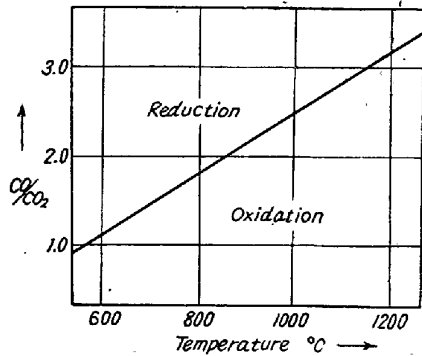


Fig. 1. Equilibrium ratio of CO-CO₂ system contact with FeO.

前述の仮定から P は次式で与える事ができる。

$$P = \frac{1.03A + 2S - 175.7}{230.4 - S} \dots\dots\dots (1)$$

A: 羽口前送風中酸素により燃焼する炭素量 kg/t-pig

S: ソリューションロスにより消費される炭素量 kg/t-pig

洞岡 4 高炉の実績から平衡比率を計算して見ると 600 kg 合にコークス比が低下した 29 年 8 月以後は P=2.5

が求められる。

3 溶解炉としての条件

溶解炉として稼動する条件を与えるのが熱バランスである, 熱バランスを現わす条件式として第(2)式が求まる。

$$2.10 \times 10^3 A - 3.32 \times 10^3 S + (4.45q_1 + 4.45q_2 + 10^{-3}q_2) A \cdot T = 1.07 \times 10^6 \dots\dots\dots (2)$$

q₁: 送風温度 T°C における空気の比熱

q₂: 送風温度 T°C における水分の比熱

4 コークス比

(1)(2) 式により決定される。A.S より次式でコークス比は計算される。

$$\text{コークス比} = \frac{\text{全所要炭素量}}{0.865} = \frac{1.03A + S + 56.2}{0.865} \dots\dots (3)$$

(1) (2) (3) 式から送風温度コークス比-P の関係を図示すると Fig. 2 の如くなり, P=2.5 とした場合送風温度によるコークス比の変化は次表の如くなる。

Table 1. Relation of coke ratio, top gas and blast temperature (P=2.5).

Blast temp °C	Coke rate kg/t-pig	Top gas %		
		CO	CO ₂	CO/CO ₂
500	679	23.8	16.5	1.44
600	662	23.9	16.8	1.42
700	646	24.0	17.1	1.41
800	631	24.1	17.3	1.39
900	618	24.2	17.6	1.37

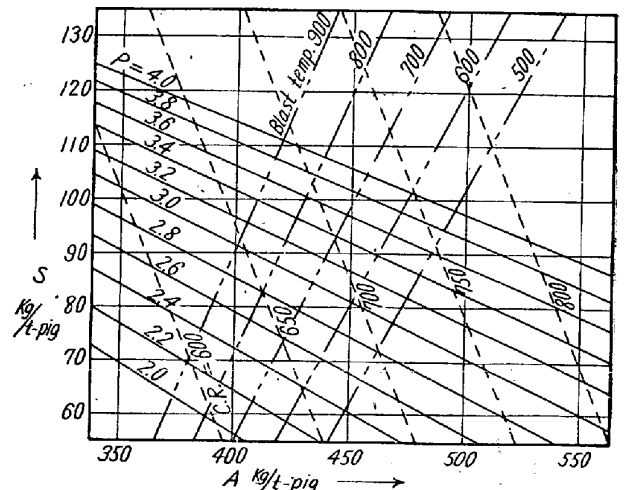


Fig. 2. Relation between P, blast temperature and coke ratio.

5 結論

以上還元炉, 溶解炉二つの観点から装入カーボンの分配を検討しコークス比を理論的に導いて見た。この結果

から熔鉄炉の能率を代表する数値であるコークス比を下げるためには次の様な方法が考えられる。

- (1) 重装入を行い高送風温度を使用する。
- (2) 炉頂温度を低下させる。
- (3) 装入物の粒度および分布を適当にしガスと固体の接触をよくする。
- (4) 操業速度を適当にする。
- (5) 石灰石の粒度を小さくして煨焼を速に行う。
- (6) 高品位鉄石、低灰分コークス、平炉滓の使用増加石灰煨結等の使用により石灰石の使用量を少なくする。
- (7) 炉頂ガスの連続分析による炉況の安定を計る。
- (8) 更にコークスの燃焼性或いは反応性等の研究によりソリューション、ロスを人為的に管理できる様になれば炉況の安定コークス比の低下が得られる様に思う。

(55) 炭素飽和熔鉄と CaO-Al₂O₃-SiO₂ 熔滓間の反応について (II)

(FeO, MnO, 及び Na₂O 添加の影響)

On the Chemical Reaction between Carbon-saturated Molten Iron and CaO-Al₂O₃-SiO₂ Slag (II)

(The effects of FeO, MnO, and Na₂O addition)

Masamitsu Soga.

九州大学工学部冶金学教室

助教授 曾 我 正 満

I. 緒 言

著者は先に第 47 回本大会において CaO-Al₂O₃-SiO₂ 三元滓の塩基度 (CaO/SiO₂) を約 0.8, 1.0, 1.3 とし、それに Al₂O₃ を夫々 5, 10, 15, 20% になる様に配合熔製した基本滓 (8 gr) と熔鉄 (15gr) との間の反応、即ち珪素の還元反応および脱硫反応について、その結果を発表した。

この度は上記の基本滓に FeO, MnO および Na₂O を夫々単独に添加した場合の上記反応について実験を行った。

同一基本滓を用いて各種の酸化物添加を行つた実験は尠く、またこれにより各種の熔滓と熔鉄との間の反応に対する種々の酸化物の影響を比較検討しようと考えられる。

II. 試料及び実験方法

試料および実験方法は第 I 報と同じものを用いた。

FeO を添加した実験では、予め含硫鉄 (0.47% S) および基本滓を黒鉛坩堝に装入し速かに所定の温度に達せしめたる後、FeO を添加した。FeO としてはミルスケールを使用し、その量は一率に 10gr とした。

また MnO 添加の実験では MnO として MnO₂ を用い、この場合は MnO₂ 1gr を予め基本滓とよく混合し上記鉄と共に坩堝に装入した。Na₂O 添加の実験では MnO の場合と同様にし Na₂O としては Na₂CO₃ を用いた。

III. 実 験 結 果

1 FeO 添加の影響

熔鉄の脱硫に対する (FeO) の影響について Fig. 1 に滓の種類、熔解時間、滓中に残留した FeO の量および鉄中の S との関係を示した。またこれを滓中の Al₂O₃ 含有量に対して描いたものを Fig. 2 に示す。

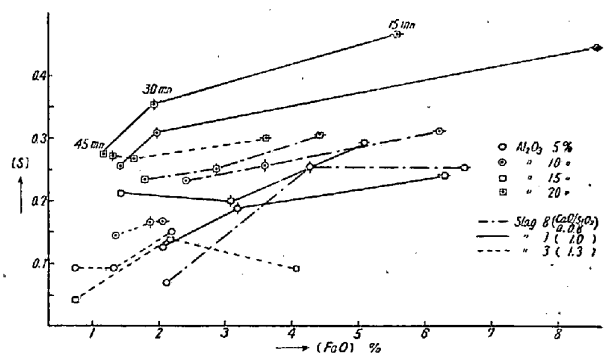


Fig. 1. Relations between residual (FeO) contents in slags, kind of slags, melting times and sulphur contents of irons.

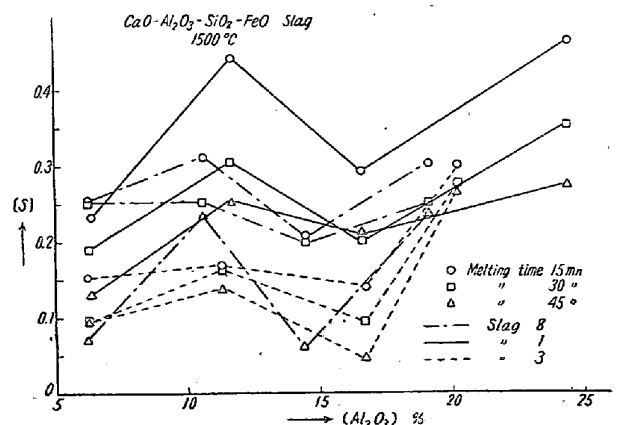


Fig. 2. Relations between Al₂O₃ contents in slags and desulphurizing power of CaO-Al₂O₃-SiO₂-FeO slags.

これ等から判る様に装入した FeO は C により還元され、滓中の FeO の量は熔解時間と共に減少する。既知の如く何れの滓においても FeO の添加によりその脱