

i) 水性ガス反応

鉄鉱石の気体還元の場合は、Table 1 に示した炉内の反応系は全体として水性ガス雰囲気中で起つているものと考えることができ、この場合の平衡定数 $kp = P_{H_2O} \cdot P_{CO} / P_{H_2} \cdot P_{CO_2}$ を求めると (4) 式が得られる。

$$kp = \{ (N_2\%)_P (H_2\%)_0 - (N_2\%)_0 (H_2\%)_P \} \times (CO\%)_P / (CO_2\%)_P (H_2\%)_P (N_2\%)_0 \dots (4)$$

ii) 還元量の算出

還元ガスのうち鉄鉱石の還元に作用したガス量 ($CO^R + H_2^R$) は次式で与えられる。

$$CO^R + H_2^R = -v_0 \{ (CO\%)_P (N_2\%)_0 + (N_2\%)_0 - 2(N_2\%)_0 (H_2\%)_P + 2(N_2\%)_P (H_2\%)_0 - (N_2\%)_P \} / (N_2\%)_P \dots (5)$$

上式から、還元過程における CO および H₂ による酸素除去量 $w(g)$ および、還元率 $R(\%)$ は、鉄石の含有酸素量を $w_0(g)$ とすると、つぎの両式で与えられる。

$$w = -\Sigma (CO^R + H_2^R) / 1.4 \times 10^3 \dots (6)$$

$$R = -\Sigma (CO^R + H_2^R) / 14w_0 \dots (7)$$

IV. 実験結果

i) 水性ガス反応

水性ガス反応 ($H_2 + CO_2 \rightleftharpoons H_2O + CO$) の平衡定数 kp を与える実験的方程式として、A. Gokcen²⁾ は次の式を提出している。

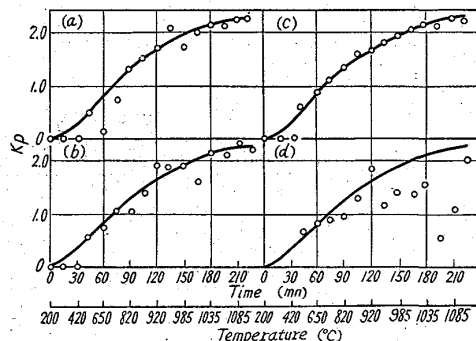
$$\log kp = -1,418/t + 1.388 \dots (8)$$

還元廃ガス分析値を (4) 式に代入して求めた kp の値と、(8) 式から求めた kp の値との比較を、各組成の還元、ガスに対して示したのが Fig. 1 である。同図中、プロットで示したものは (4) 式から求めた kp の値、実線で示したのは (8) 式から求めた値である。

ii) 還元ガスの還元利用率

前報で述べたように、還元ガス中の CO および H₂ の個別の還元利用率を正確に求めることは炉内で水性ガス反応が起つているために不可能であるので、ここでは還元ガスの鉄鉱石の還元に作用した総利用率 $\eta(CO+H_2)$ を求め、各種組成の還元ガスに対する還元利用率の比較を行なった。還元ガスの還元利用率 $\eta(CO+H_2)$ は次式で与えられる。

$$\eta(CO+H_2) = (\text{還元ガスの還元利用量}) / (\text{総還元ガス量}) = -\Sigma (CO^R + H_2^R) /$$



Compositions of reducing gases
 a: N₂ 57.5%, CO 40.7%, H₂ 1.8%
 b: N₂ 50.2%, CO 44.8%, H₂ 5.0%
 c: N₂ 49.6%, CO 40.2%, H₂ 10.2%
 d: N₂ 56.3%, CO 40.6%, H₂O 3.1%

Fig. 1. Equilibrium curves for water gas reaction.

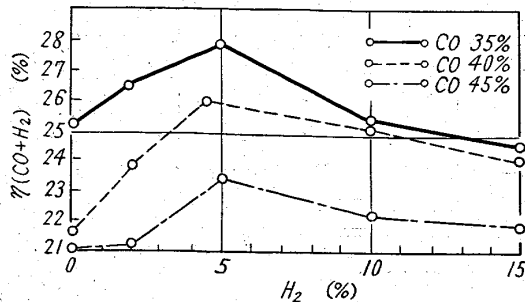


Fig. 2. Relations between compositions of reducing gases and the degree of utilization.

$$\Sigma (CO+H_2) \dots (9)$$

上式中の $\Sigma (CO^R + H_2^R)$ は (5) 式で与えられるものである。(9) 式にもとずき、各種組成の還元ガスに対して求めた $\eta(CO+H_2)$ の値を Fig. 2 に示す。

V. 結 言

以上の結果をまとめると、

- ① 鉄鉱石の還元過程にともなう反応系的水性ガス雰囲気はほぼ平衡に達していることを認めた。このことは炉内において相当活発に水性ガス反応が進行していることを意味する。
- ② 還元ガス中の CO および H₂ 含有量とその還元利用率 $\eta(CO+H_2)$ は、CO 含有量の増加とともに低下し、一方 H₂ 含有量が 5% まではその増加とともに上昇し、約 5% のところに最大値を有することがわかった。

文 献

- 1) 杉沢 他: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 1264~1270.
- 2) A. GOKCEN: J. Metals, (1956) 11, p. 1958.

669, 162, 267.4:662, 764.094. 18
 (14) 高炉への R ガス吹込試験について

日本鋼管川崎製鉄所 62194
 千葉 五郎・〇里見弘次
 R-Gas Injection Test into the Blast Furnace.
 1231/1223
 Gorō CHIBA and Koji SATOMI.

I. 結 言

最近、高炉への各種燃料の吹込みが注目され、すでに一部では試験ないしは実際操作が実施されているが、川崎製鉄所では第 5 高炉で R ガス吹込み試験を行なったので、その結果をここに報告する。

R ガスの吹込みは 1962 年 3 月 16 日より開始したが、吹込み初期はガス精製装置の故障により吹込みを中断せざるをえなかつたので、試験期間として 4 月 1 日より 30 日まで、比較期間として 3 月 11 日より 15 日までをとつた。

R ガスのコークスに対する置換比は、理論計算によれば R ガス 1 Nm³ (7,360 kcal/Nm³) に対しコークス 1.1 ~ 1.4 kg であつたが、実績もほぼ同程度であり予想通りの結果がえられた。出鉄量については、目標出鉄量、播揚能力の制約などにより増産におよぼす効果は確認で

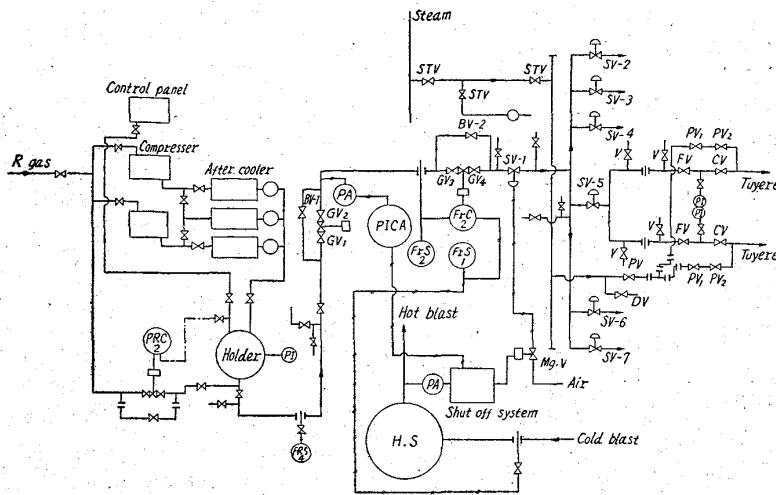


Fig. 1. Gas injection apparatus.

きなかつたが、かなりの効果を期待しうると考えられる。

II. 設 備

1. 使用高炉

試験に使用した第5高炉は、炉床径 6,900mm, 羽口本数 12 本, 炉容 903 m³ である。

2. 試験設備

ガス吹込み設備は Fig. 1 に示すとおりで、R ガスはコンプレッサーで加圧されてホルダーに入り、圧力制御されて高炉に送られる。高炉側ではガス本管において圧力および流量の調整を行なつて炉内に吹込まれ、各支管においては制御を行なっていない。安全装置としてはシャット・オフ・システムおよび逆止弁を設置しており、シャット・オフ・システムはガス圧力異常低下、冷風圧力異常上昇、冷風圧力異常低下時およびコンプレッサー突発停止時に作動する。

ガス吹込みノズルについては当所ですでに長期間使用している重油ノズルと同型式のものを使用することにし、Fig. 2 にその概略を示す。

3. 熱補償

羽口先理論燃焼温度を一定に維持するための熱補償量を理論計算から求めると、R ガス 10 Nm³/t 吹込みに対し、送風温度 50°C 上昇または送風中湿分 6.2 g/m³

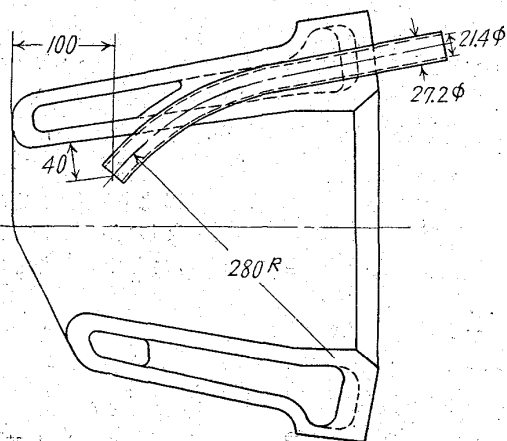


Fig. 2. Gas injection tuyere.

減少となるが、実際には熱的な余裕がないので熱補償は行なわなかつた。

4. 原料関係

第5高炉では1月中旬から3月上旬にかけて焼結鉄高配合試験操作を実施したが、焼結鉄配合率は3月中旬以降、通常割合まで低下し、その他の原料も大巾な変更はなく、全期間を通じて原料条件はほとんど一定であつた。

III. 操業試験経過および結果

1. 操業経過

吹込みに使用したRガスの成分は次のとおりである。H₂ 3.6%, CH₄ 65.9%, C₂H₄ 1.1%, CmHn 1.2%, CO 12.0%, O₂ 0.4%, N₂ 15.8%, 発熱量 6,478 kcal/Nm³。

Rガスの吹込みが定常的に行なわれてくるにしたがつて大巾な増鉄が可能になり、コークス比はいちじるしく低下した。

2. 結果

基準期間および試験期間の操業結果を Table 1 に示す。

IV. 考 察

1. 出 鉄 量

出鉄量については目標出鉄量、捲揚能力の制約などにより出鉄量増におよぼす効果は確認できなかつた。

2. コークス比

Rガス吹込みによる効果を理論的に計算した結果は次のごとくである。(第14回製鉄部会資料参照)

1) 風熱で熱補償する場合 補償量 +50°C コークス比 -1.44 kg/Nm³ R ガス

2) 湿分で熱補償する場合 補償量 -6.2 g/Nm³ コークス比 -1.10 kg/Nm³ R ガス

ただしいずれの場合もRガス・カロリーは7,360 kcal/Nm³ である。

これに対し基準期間と試験期間との修正コークス比から算出したコークス比低下量は同一発熱量に換算して-1.14 kg/Nm³ R ガスであり、熱補償を行なつた場合に近い実績値を示した。理論燃焼温度を一定として求めた熱補償量が実際に必要とされる熱補償量よりも大きいかどうかは、基準期間、試験期間がともに短いのではつきり断定することはできないと考えられる。しかしコークス比との置換比は 1.1 kg/Nm³ R ガス程度とみて妥当と思われる。

3) 炉 頂 ガ ス

CO および CO₂ は吹込み時にとくに大きな変化が見られなかつたが、H₂ は吹込みとともに増加し基準期間に比べて 1.0~1.2% の増加を示した。ガス吹込み時の H₂ の分析を化学的分析およびガスクロマトグラフを用いて行ない、その分析値から利用率を求めたところ、いずれもガス吹込みとともに利用率の上昇を示し、炉内還元率の向上にかなり役立つように思われる。ガスクロマトグラフの分析値から求めた水素利用率とボッシュ・ガス H₂% との関係を示す。

4) 炉 況 そ の 他

試験期間の送風圧力は基準期間のそれより 30~50 g/cm² 上昇しており、コークス比の低下につれて上昇し

Table 1. Results of gas injection test.

Data	3/11~15	4/1~10	4/11~20	4/21~30
	Standard period, no injection			
Output (t/d)	1,342	1,349	1,349	1,277
Coke ratio (kg/t)	607	565	572	570
R. gas ratio (Nm ³ /t)	0	40.9	40.5	24.8
Ore/coke	2.652	2.832	2.830	2.854
Sinter ratio (%)	54.2	62.0	66.5	66.3
Blast volume (Nm ³ /mn)	1,420	1,410	1,420	1,410
Oxygen volume (Nm ³ /mn)	13.9	14.7	14.4	14.3
Blast temperature (°C)	910	890	890	880
Humidity (g/Nm ³)	20.5	27.0	22.8	28.7
Blast pressure (g/cm ²)	960	1,010	990	1,050
Pig iron analysis (Si%)	0.63	0.65	0.60	0.59
" (S%)	0.046	0.041	0.049	0.027
Slag volume (kg/t)	315	340	321	321
Slag basicity (CaO/SiO ₂)	1.20	1.20	1.20	1.25
Top gas analysis (CO%)	26.6	25.2	25.6	25.0
" (CO ₂ %)	16.5	16.6	16.5	17.0
" (H ₂ %)	2.6	3.8	3.6	3.7
Hanging (No./d)	0.2	1.4	1.2	1.9
Slip (No./d)	19.4	46.3	27.1	39.8
Dust (kg/t)	31.1	43.3	35.5	46.6
Theoretical temp. (°C)	2,209	2,027	2,054	2,022

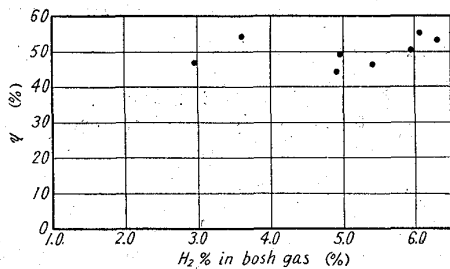


Fig. 3. Relation between the H₂ gas effective ratio and the H₂ in bosh gas.

ている。スリップ、棚の発生も試験期間に増加の傾向が見られるが、基準期間のそれらの発生が基準期間前後のそれに比較して可成り低くなっているの、必ずしも吹込みにともなつてスリップ、棚が増加するとは断定できないと思われる。銑鉄成分については特に目立つた変化は見られなかつた。理論燃焼温度は Table 1 にみられるように平均 175°C 低下した。

V. 結 言

1. Rガス吹込みにより出鉄量増加が考えられるが、いろいろの制約によりその効果を確認することはできなかった。
2. コークス比に対するRガスの置換比は熱補償を行わない場合で 1.1 kg/Nm³ R ガス程度と考えられる。
3. 炉頂ガス中の CO および CO₂%は大巾な変化がなかつたが、H₂%は上昇し、その利用率はボッシュ・ガス中の H₂%が上昇するにしたがつて増加するようである。
4. 炉況はRガス吹込みとともに送風圧力がやや上昇したが、特に大きな変化はなく、銑鉄成分もほとんど変化しなかつた。

669, 162, 267, 4, 662, 753, 3, 546, 26

(15) 重油吹込に伴う遊離カーボンの問題について 62/95

八幡製鉄所製鉄部 1233~1235
工博 辻畑敬治・大坪 茂・川村 稔
佐貫与一・林 洋一・○春田益男

Problems of Decomposed Carbon in Heavy Oil Injection.

Dr. Keiji TSUJIHATA, Shigeru OTSUBO,
Minoru KAWAMURA, Yoichi SANUKI,
Yooichi HAYASHI and Masuo HARUTA.

I. 緒 言

洞岡第3高炉においては昭和 37 年 1 月より重油吹込を開始した。吹込開始直後より第3高炉に附属する乾式電気収塵装置の碍子破損の問題を惹起したが、重油ノズルの改良により重油の不完全燃焼により生ずる遊離カーボンの発生量を減少させると共に収塵装置の改造を行うことにより、重油吹込操業を継続実施している。

II. 重油ノズル改良によるアトマイズの改善

(1) 重油吹込方法

当所においては、重油ノズルの取替が休風を要さずに容易にできる第1図に示すような独創的な吹込方法(実用新案申請中)を採用している。これは熱風の流れに対しほぼ直角方向に直径 3~5mm の丸孔より重油を噴出させて熱風によりアトマイズして高炉々内に吹込む方法であつて、当所東田高炉ではこの方法により順調な重油吹込操業を行つている。しかし洞岡第3高炉ではたまたまガス清浄装置に乾式コットレルを使用しているため、重油吹込開始に伴い炉頂ガス中に含まれる遊離カーボンによる後述のようなトラブルを惹起したため、一時吹込量を抑制しつつガス清浄装置の改造を進めると共に重油ノズルの改良を図つた。