

Fig. 5. Relations between oxygen enrichment in air blast and combustibility of substituent fuel in injection into a blast furnace.

的であることを認めた。すなわち灰分の少ない優良炭を使用すれば  $m$  並に炉内温度の面で好都合で、したがってこの方法によれば多量の燃焼を羽口に吹込むことが可能である。

ハ) 微粉炭を併用した 2 段燃焼と酸素濃度との関係: 酸素富化にともなつて  $m$  はいずれの場合も緩慢ではあるが相対的に低下している。また羽口先温度はかなり上昇がみうけられ、熱補償の面で期待することができる。羽口先端ガス中の  $H_2$  は微粉炭を添加することによつてかなり増加しており、 $H_2$  による還元率の向上をも期待し得る。

4) C ガスと重油を併用した 2 段燃焼法: 同様にして重油と C ガスを併用した場合について調査した。その結果を Fig. 5 に示す。

イ) C ガスを併用した場合の 1 次バーナーと 2 次バーナーの間隔: C ガスを 1 次側に重油を 2 次側に配置した。気体の燃焼でほとんど瞬間的燃焼を示すが一応微粉炭と同じ間隔の 100mm とした。

ロ) C ガスの流量が燃焼性におよぼす影響: C ガスの添加量を変化した場合についてその燃焼性を比較検討した。

C ガスを少量併用した場合、曲線 II に示すように併用しない場合よりも  $m$  は小さくなり燃焼は良くなる。しかし炉内温度の面であまり好ましくない。C ガスの吹込量を増加した場合、曲線 III に示すように、さらに  $m$  は小さくなるが、炉内温度は低下する。すなわち C ガスを併用した 2 段燃焼法においては C ガスの吹込量は少ない方が効果的であることを認めた。これは C ガス中に  $C_nH_m$  系が多いことによる分解に要する熱損があることと、炭素含有量が少ないことなどによるのではないかと考えられる。

#### IV. 結 言

以上述べたように試験高炉を使用していかにすれば多量の燃料を高炉羽口で「スス」の発生を少なくして燃焼せしめうるかについて試験した結果次の結論を得た。

1. 多量の燃料を高炉羽口に吹込み燃焼せしめる一つの方法として 2 段燃焼法を開発した。この方法はブローパイプにバーナーを 2 段に配列し、まず第 1 段階で少量の燃料を衝風中に添加燃焼せしめ送風温度を上昇せしめた後、第 2 段階でその高温雰囲気中に多量の重油を噴霧気化燃焼せしめるものである。この方法によれば多量の燃料をススの発生を少なくして、しかも効果的に吹込むことができる。

2. 2 段燃焼法における燃焼性は併用する燃料の種類と、各バーナーの間隔ならびに流量分配比に大いに関係がある。すなわち、(1) 重油と重油を併用した場合は間隔を 320mm とし、流量比を均等にすると 1.57 倍程度の吹込量の増加が期待し得る。(2) 重油と微粉炭を併用した場合間隔を 100mm とし重油量の 1/3 の灰分の少ない微粉炭を添加すると効果的である。(3) 重油と C ガスを併用した場合、C ガスの添加量は少ない方がよいが微粉炭の場合よりも炉内温度の面でやや劣る。

3. 2 段燃焼法で衝風中の  $O_2$  濃度を富化すれば、 $m$  は緩慢ではあるが相対的に低下して燃焼性はよくなる。炉内温度はかなり上昇し熱補償の効果が顕著である。また炉ガス中の  $H_2$  はかなり上昇し 12% 程度となつていて  $H_2$  による鉄鉱石の還元率の向上を期待し得る。

#### (29) 東田第 5 高炉における重油-C ガス併用試験について

八幡製鉄所、製鉄部

光井 清・内平六男・浅井浩実・山田武弘  
Heavy Oil Injection with Coke Oven  
Gas of Higashida No. 5 Blast Furnace.

Kiyoshi MITSUI, Mutsuo UCHIHIRA,  
Hiromi ASAI and Takehiro YAMADA.

#### I. 緒 言

東田第 5 高炉 (内容積 646  $m^3$ , 炉床径 6200mm, 羽口数 12 本) において S 37 年 3 月以来重油吹込操業を行ない、著しいコークス比低下がなされて来ていること

は周知の通りである。さらに S 37 年 12 月以降には重油-C ガス併用操作を行なってきたので、実績を中心にその効果の概要を報告する。

## II. 燃料添加バーナおよび位置

重油バーナは噴出孔 4mm φ の単純丸孔式またはラセン式でブローパイプ横より挿入し噴出孔位置は羽口先端より 440~600mm のところにある。また C ガスバーナは 1½" φ のステンレス鋼管よりなり、噴出孔は羽口先端より 400mm のところに位置せしめた。

## III. 操業実績

Table 1 に比較期間および試験期間の操業実績を示す。

### A) 比較期間

S 37 年 6 月上中下旬, 8 月中旬, 10 月上中下旬, 11 月上中旬, S 38 年 2, 3, 4 月上中下旬の重油単味吹込期間の旬平均を基準とした。

### B) 試験期間 (I) (II) (III) およびその経過

#### (1) 試験期間 (I)

風温 900°C, 風湿はほぼ大湿で重油比 65 l/t, C ガス比 60 Nm<sup>3</sup>/t を目標に操業した S 37 年 12 月, S 38 年 1 月上中下旬の期間である。S 37 年 11 月 28 日より出銃口上部羽口 2 本を除く 8 本に重油-C ガス混焼バーナを, 残り羽口 2 本に重油バーナを取付けて重油-C ガスの混焼操作を開始した。しかし数日で混焼バーナの焼付, 溶滓逆流による溶損などにより混焼バーナを一部重油バーナに切替えたが重油と C ガス添加位置が不適にな

り炉況不安定の傾向を示した。したがって 12 月中旬には重油-C ガスの混焼を全面的に中止して重油-C ガス添加羽口を別々にした重油-C ガスの併用に切替えた (C ガス, 重油吹込羽口それぞれ 3, 7 本)。この後 12 月下旬に一時的な重油バーナの在庫不足に伴ないバーナ当りの重油過多および吹込位置の不適により炉況が不安定となつた外は順調に経過した。

#### (2) 試験期間 (II)

S 38 年 5 月中旬, 6 月, 8 月上中旬の 5 期間。試験期間 (I) の再現性を検討するもので (I) と同程度の羽口前理論燃焼温度の水準に保ち操業した。しかし Table 1 に示すごとく棚, スリップが増加し (これには装入物性状も一因していると考えられる) 十分荷をかけるまでには至らず試験期間 (I) の再現性は得られなかつた。

#### (3) 試験期間 (III)

S 38 年 10 月 6 日~20 日, 10 月 21 日~11 月 4 日の 2 期間で羽口前理論燃焼温度を十分保障できる範囲内の燃料吹込み (重油比 50 l/t, C ガス比 30 Nm<sup>3</sup>/t を目標) を行ないほぼ予定通りの結果を得た。

## IV. 考察

### A) 重油-C ガス混焼操業

重油の分解燃焼の促進, B ガス輻射伝熱量の重油による補足および C ガスによる重油バーナの冷却効果を期待したがバーナの C ガス部の逆火による重油バーナの焼付および溶損のため十分な検討はできなかつた。

Table 1. Operating data of Higashida No. 5 blast furnace during the base and oil-coke oven gas periods.

	Base period	Oil-COG injection Period (I)	Oil-COG injection Period (II)	Oil-COG injection Period (III)
Metal output (t/D)	711	671	677	795
Coke rate (kg/t)	472	435	474	465
Oil ratio (l/t)	64.1	67.2	69.3	51.8
COG ratio (Nm <sup>3</sup> /t)	—	62.7	40.9	28.2
Blast volume (Nm <sup>3</sup> /min)	761	693	754	845
Blat pressure (g/cm <sup>2</sup> )	751	728	797	769
Blast temperature (°C)	882	899	871	840
Blast moisture (g/Nm <sup>3</sup> )	16.0	10.2	15.3	10.4
Ore/coke	3.10	3.48	3.10	3.15
Sinter ratio (%)	48.8	44.7	59.6	61.1
Scrap ratio (kg/t)	40.5	14.0	30.4	42.5
Pig iron { Si (%)	0.59	0.64	0.65	0.59
{ S (%)	0.026	0.029	0.023	0.027
Slag basicity	1.33	1.34	1.28	1.30
Top gas { CO <sub>2</sub> (%)	16.6	16.6	15.3	16.3
{ CO (%)	23.6	22.8	22.9	23.0
{ H <sub>2</sub> (%)	4.5	5.9	6.6	5.1
Hanging (1/D)	0.6	0.2	1.7	0.6
Slip (1/D)	0.6	0.1	1.0	0.5
Blast pressure/Blast volume	0.99	1.05	1.06	0.91

Table 2. Relation between hot metal and slag temperature and the theoretical combustion temperature at the tuyere during the coke oven gas and oil-coke oven gas periods.

	COG injection	Oil injection with COG
	1961.6 ~1961.8	1962.12* ~1963.1
Pig iron {Si (%) S (%)	0.62 0.032	0.64 0.029
*Hot metal temp. (°C)	1381	1393
Slag {CaO/SiO <sub>2</sub> Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1.30 14.79	1.34 15.46
*Slag temp. (°C)	1392	1409
Oil ratio (kg/t) COG ratio (Nm <sup>3</sup> /t)	— 39.1	65.5 62.7
The theoretical combustion temp. at the tuyere (°C)	1973	1890

\* Measured with optical pyrometer.

B) 重油-Cガス併用操業

重油、Cガスの特性を利用してそれぞれ単味吹込時に得られるコークス比以下のコークス比とさらに両燃料の交互作用的なメリットを期待するものである。具体的には試験期間(I)に見られるごとく、補正コークス比で両燃料の併用により153kg/tのコークス比低下が得られたが、これを重油、Cガス単味で達成せしめるにはそれぞれ105kg重油/t, 219Nm<sup>3</sup>Cガス/tの吹込を行なわねばならず、これは単味吹込の場合にはいろいろの問題点がありはなはだ困難である。

(1) Cガス単味吹込み操業および重油-Cガス併用操業時の溶滓の流動性

従来の現場の経験によるとCガス単味吹込操業時には溶滓の流動性が悪くなる傾向を示したが、重油/Cガス併用時には溶滓の流動性が特に悪化することはなかった。この間の参考資料をTable 2に示す。

(2) 重油、Cガス吹込量とコークス比との関係

いろいろの報告によれば重油、Cガスのコークスとの置換率はそれぞれ1.5kgコークス/kg重油、0.7kgコークス/Nm<sup>3</sup>Cガス前後である。Fig. 1に東田第5高炉における重油比とコークス比との関係を示す。これより重油のコークスとの置換率は羽口前理論燃焼温度が高い(高温、低温操業に対応)場合には良好となつている。今重油-Cガス併用時の両燃料の推定置換率を算定するために  $\epsilon(T) = \{575 - (\text{補正コークス比})\} / \{1.46(\text{重油比}) + 0.70(\text{COG比})\}$  なる係数(置換率係数と仮称する)を考え、羽口前理論燃焼温度Tとの関係を求めるとFig. 2の通りである。これより燃料の置換率を向上せしめるには高温、低温操業が望ましい。

(3) Cガス添加位置

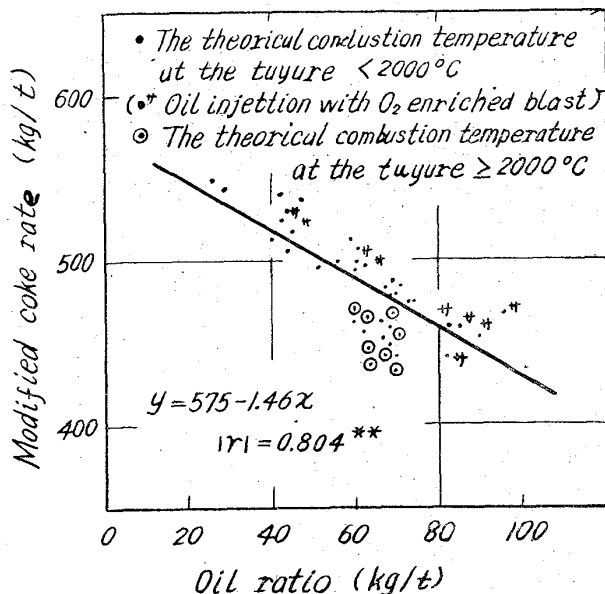


Fig. 1 Relation between oil ratio and coke rate modified by sinter and scrap of Higashida No. 5 blast furnace.

一般に燃料添加を行なう場合には添加バーナをできるだけ燃焼帯に近づけ発生熱量を直ちに反応物質に与えることが必要である。一方添加バーナを燃焼帯に近づけることは燃料の分解燃焼を不利にし、羽口前閉塞現象やさらに羽口前溶融物によるバーナの自然閉塞および溶損が起り易くなるので、Cガスバーナ位置をCガス吹込み当初の80mmから400mmに後退した結果、羽口先端冷えによる閉塞およびCガスバーナの溶融物吸引による自然閉塞現象は見られなくなった。

(4) Cガス添加操業上の問題点と対策

従来Cガス遮断弁の作動不良のため一抹の不安があつたが一部改良により問題はなくなった。しかしCガス環状管よりCガスバーナに至るフレキシブルチューブはCガス停止時の逆火により焼損しやすく、耐用日数も短かつたのでS 38年6月以降は全面的に鋼管に取替えた。

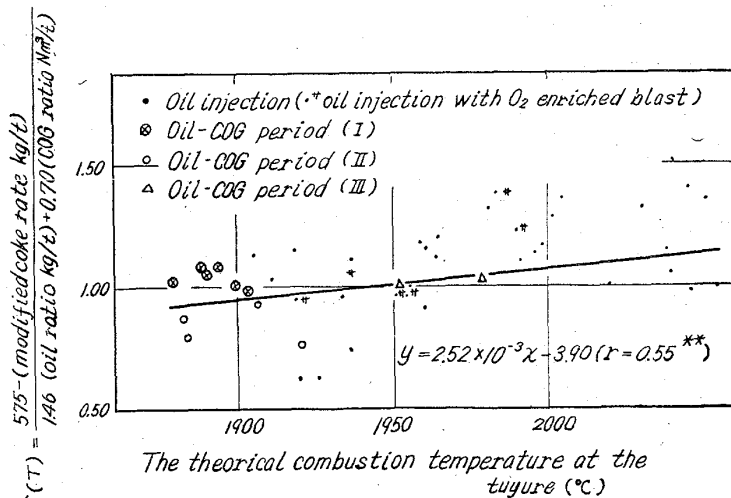


Fig. 2. Relation between the theoretical combustion temperature at the tuyere and  $\epsilon(T)$ .

この他重油同様Cガスのブローパイプ横よりの吹込みを計画中でこれによりCガスバーナ溶損時の休風は不要となる。

V. 結 言

(1) 重油-Cガス併用試験の結果、試験期間(I)については予想以上の結果を、また(I)においては炉況悪化し不調であつたが、(II)においてはほぼ予定通りの結果を得た。

(2) 重油-Cガス混焼バーナは内蔵重油バーナに対するCガスの冷却効果が得られず容易に重油噴出孔の焼付閉塞が起つたこと及び溶滓による溶損のため、十分な検討はできなかつた。

(3) 燃料添加バーナの配置がアンバランスになると炉況悪化の傾向を示す。

(4) Cガス添加位置として羽口先端より400mmのところ羽口前状況の良好な位置が認められた。

(5) 現場的経験では重油-Cガス併用時にはCガス単味吹込み時に比較して溶滓の流動性は良好となつても劣ることはない。

(6) 重油、Cガスの置換率係数 $\epsilon(T)$ と羽口前理論燃焼温度Tとの間には有意なる関係が認められ、燃料を効果的に吹込むためには炉況の許す限り羽口前理論燃焼温度を高める必要がある。

Table 1. Changes per 10 kg/t pig of tar.

Kind of heat combustion	Heat compensation	C.R.	Production
Blast temp.	+29°C	-12.7kg	+0.40%
Moisture	-4 g/m <sup>3</sup>	-11.1	-0.50%

Table 2. Properties of tar etc.

Kind of fuel	Heavy oil	Creosote	Tar
Specific gravity	0.958	1.093	1.162
Water	0.25	0.1	2.0
Viscosity	—	1.61	10.52
Flashing point	90~100°C	132°C	79.2°C
Ash	—	0.018	(0.01)
Calorific value	10.451	9.190	8697
Carbon	86.58	91.86	90.33
Hydrogen	10.79	5.89	5.54
Nitrogen	0.22	1.09	0.78
Sulphur	1.28	0.5	0.37
Oxygen	1.09	0.72	2.98
Residue carbon	—	0.19	—

(30) 高炉へのタール吹込

日本鋼管, 川崎製鉄所

小林 正・伊沢哲夫・○松井正治

Tar Injection into Blast Furnace

Tadashi KOBAYASHI, Tetsuo IZAWA and Seiji MATSUI

I. 緒 言

日本鋼管川崎製鉄所では、高炉の吹込燃料として36年4月から重油を吹込んできたが、その後、タール市況の悪化にともない、高炉への吹込燃料として、粗タールの実用化の調査を開始した。当初、スラッジの問題、引火点が低いための危険性等が問題になつたが、価格、成分などからは、理論的に吹込燃料として好ましいことが予想されたので、いろいろの基礎試験の後、37年8月より、当所4B.F.で吹込を始め、設備上、操業上いろいろの問題点を検討解決しながら、4,5B.F.で現在まで1年余にわたつて操業を続けてきている。ここには設備上、操業上の問題点などその操業成績と検討結果を報告する。

II. 理 論

高炉の羽口からタールを燃料として吹込んだ場合の熱補償量とコークス比の予想計算をTable 1に示す。

タールの元素分析ならびに一般性状と、重油、クレオソートの同様分析例をTable 2に示す。

III. 設 備

4B.F.の吹込設備としては、既設の重油用設備を一部改造転用使用した。5B.F.の場合もほとんど同様の設備である。ヒーターの加熱能力はタンクで80°C、吹

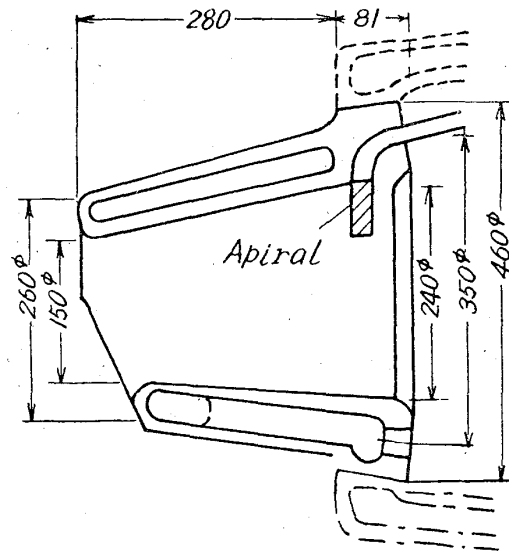


Fig. 1. Injection tuyere.

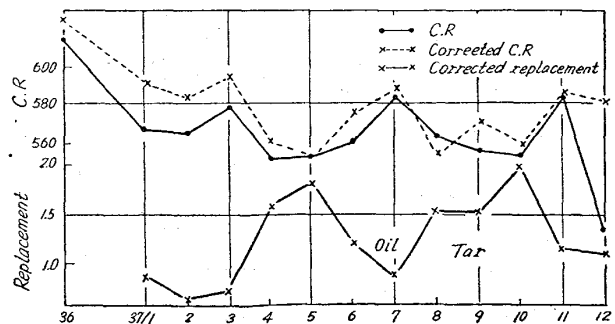


Fig. 2. Change of coke rate and replacement (4 B.F.).