

(28) 高炉への代替燃料の多量吹込み法について

(燃料吹込みに関する基礎研究—I)

八幡製鉄所, 技術研究所

工博 児玉 惟孝・重見 彰利

○緒方 年満・彼島 秀雄

Study on a Large Quantity of Fuel Oil Injection into a Blast Furnace.

(Fundamental study on fuel oil injection into a blast furnace—I)

Dr. Koretaka KODAMA, Akitoshi SHIGEMI,

Toshimitsu OGATA and Hideo KANOSHIMA

I. 緒言

最近多くの高炉で送風中に燃料を添加して高炉の操業能率を向上しているが, その際多量の燃料を吹込むといういろいろ問題点が起きて操業上の故障が発生する。この対策として各社ともこれまであらゆる角度から検討が加えられているが, なお吹込量は鉄屯当り 70~80kg 程度以下に押えられている現状である。そこでいかにすればより多くの燃料を羽口より添加燃焼せしめうるかについて追求した結果, われわれは重油バーナーの開発にともなう 2 段燃焼法を開発した。ここに代替燃料多量吹込の一方法としての 2 段燃焼法について, 試験高炉で行なつた試験結果にもとづいてその概略を報告する。

II. 試験装置

試験を行なつた溶鉄炉は八幡技研の小型試験溶鉄炉で, その内容積は 0.54 m³, 500 kg/day の出鉄能力を有している。燃料添加羽口の構造およびその炉床部に取付けた状態を Fig. 1 に示す。また当社で開発した重油吹込用特殊バーナーの構造を Fig. 2 に示す。

III. 試験結果

1. 2 段燃焼法: 多量の重油を吹込む方法の一つとしてわれわれはブローパイプにバーナーを 2 段に配列して吹込む方法を開発した。この方法はまづ第 1 段階で少量の燃料を衝風中に燃焼せしめて, 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, 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み得ることが可能である。この方法で次のことが考えられる。

1) 重油と空気との混合を向上せしめ得る; 特殊バーナーによつて重油に少量のアトマイズ用高圧空気を使用し, 高速度に旋回噴出せしめるので霧状の微粒子を得ることができる。

2) 燃焼速度を向上せしめる; 重油の燃焼過程は大きくわけて揮発分の燃焼と炭素粒子の燃焼よりなると考えられる。後者の燃焼速度は前者に比べておそい。この炭素粒の燃焼速度に関しては H. C. HOTTEL の実験報告がある。その実験結果によれば 1100°C までは化学反応速度支配であるため温度上昇とともに急激に増大する。それ以上の温度ではガス境界膜に関係があり, 流速の増大によつて, 反応速度は増大する。また粒子の大きさ, 温度の影響もかなり大きいことがわかる。さらに高温雰囲気中に於ける輝焰 CO₂, H₂O の解離度などによつて促進されるものと考えられる。これらの燃焼性を増大せしめ

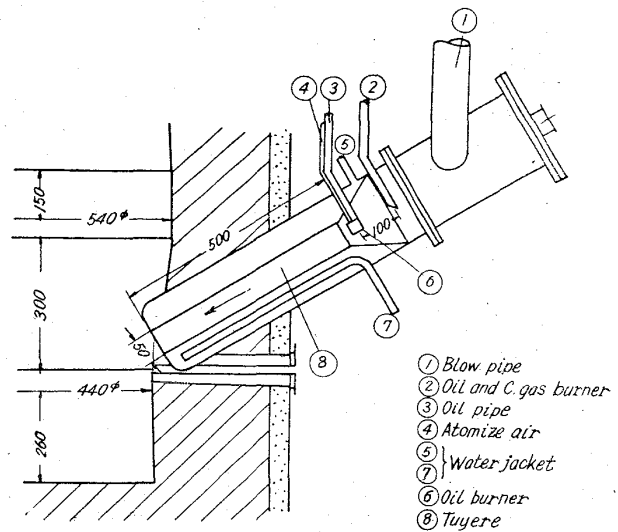


Fig. 1. Apparatus for oil injection into blast furnace.

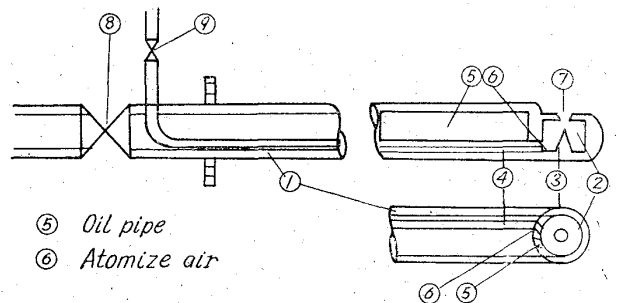


Fig. 2. Section of oil burner.

るいくつかの因子を統合し得ることができれば直接的には吹込重油の熱効率をよくし, しかも間接的には Free carbon の発生を減少せしめ m を低下させることができるものと考えられる。以上の考え方からして 2 段燃焼法は重油の燃焼性を向上せしめる上に大きな効果が期待できる。

2. 燃焼性比較の尺度: 燃焼性を比較する尺度としてどの程度の空気過剰係数で「スス」を発生するかを比較した。「スス」の発生を判定する方法については先に鉄鋼協会で「重油吹込時に於ける燃焼状況測定に関する一方法」について発表した八幡技研法によつて Y 値を求めた。 Y 値 10 を「スス」発生の限界値とし, この場合の空気過剰係数を m として燃焼性比較の尺度とした。また同時に羽口先の燃焼温度, 燃焼ガス成分を判定の助けとした。空気過剰係数 m は次の式により算出した。

$$m = \{ \text{送風量} + (\text{O}_2 \text{ 添加量} \div 0.21) \} / A_0$$

$$A_0 = 8.89C + 26.7(h - O/8) + 3.33S$$

ただし m : 空気過剰係数燃, A_0 : 料に対する理論燃焼空気量 (Nm³/kg), C. H. O. S. はそれぞれ燃料 1 kg 中の C. H. O. S. (kg), 送風量 (Nm³), O₂ 添加量 (Nm³)。

3. 2 段燃焼法による燃焼性とその効果

1) 添加燃料: 2 段燃焼法においては第 1 段階に併用されるべき燃料はできるだけ燃焼性が良好でしかも低廉なことを条件とするが, この場合, (1) 重油と重油, (2)

重油と微粉炭, (3) 重油とCガスとの3種類について燃焼性を比較検討した。

2) 重油と重油を併用した2段燃焼法

イ) 1次バーナーと2次バーナーの間隔: 1次バーナーの位置はその最高温度の展開する雰囲気中に2次バーナーよりの噴霧化がおこなわれるようにすべきである。そこで羽口内の熱電対を固定し、1次バーナーをスライドして、その燃焼温度と距離の関係を測定した。その結果1次バーナーと2次バーナーの間隔は320mmで、温度は1450°Cとなり650°Cの送風温度の上昇となっている。この温度であれば2段燃焼の目的にそいうる。

ロ) 1段燃焼法と2段燃焼法の燃焼性の比較: 1次バーナーのみによる1段燃焼法と、1次2次バーナーを同時に併用した2段燃焼法との燃焼状況を測定した。2段燃焼法では1次と2次の添加量は均等とした。この両者の燃焼性を比較検討するとかなりのバラツキはあるが、明らかに優劣の差が明確にでている。すなわちY値10を基準とすると、1段燃焼法での最高吹込量は11.5 l/hrで2段燃焼法では18 l/hrの添加量となつて後者が前者の1.57倍の燃焼を余計に添加し得ることがわかつた。空気過剰係数mは前者が2.58で後者は1.59となつており、2段燃焼法によつて大巾にmを低下せしめ得ることを確認した。

ハ) 2段燃焼法における1次と2次バーナーとの適正流量比: 各バーナーの流量を変化して流量の分配比が燃焼状況におよぼす影響を調査した。その結果をFig. 3に示す。この結果から各バーナーより均等に吹込めば若干のバラツキはあるがY値は平均して10程度となり燃焼性は良好となることがわかる。1次側の流量を2次側に比較して、多くしても少なくしてもY値が低下するので燃焼性はあまり好ましくなくなる傾向がある。すなわち2段燃焼における燃焼性は各バーナーの間隔と流量の分配比に大きく関係がある。このことは先に述べた2段燃焼法についての考え方と全く一致した。

3) 微粉炭と重油を併用した2段燃焼法: 重油と微粉炭を併用した2段燃焼法と、重油のみによる燃焼性を比較検討した。この際酸素添加の影響と微粉炭の灰分の影響をもあわせ調べた。その結果をFig. 4に示す。

イ) 微粉炭を併用した場合の1次バーナーと2次バーナーの間隔: 微粉炭を1次側に重油を2次側に配置し

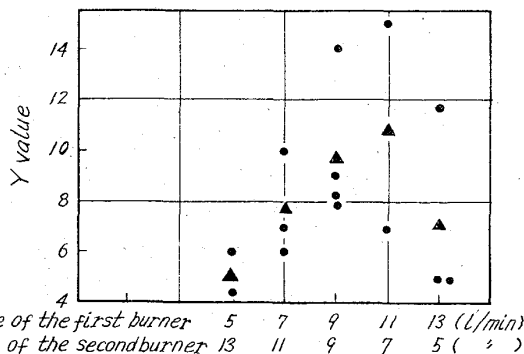


Fig. 3. Effect of oil ratio between the first and second burners on combustion characteristic.

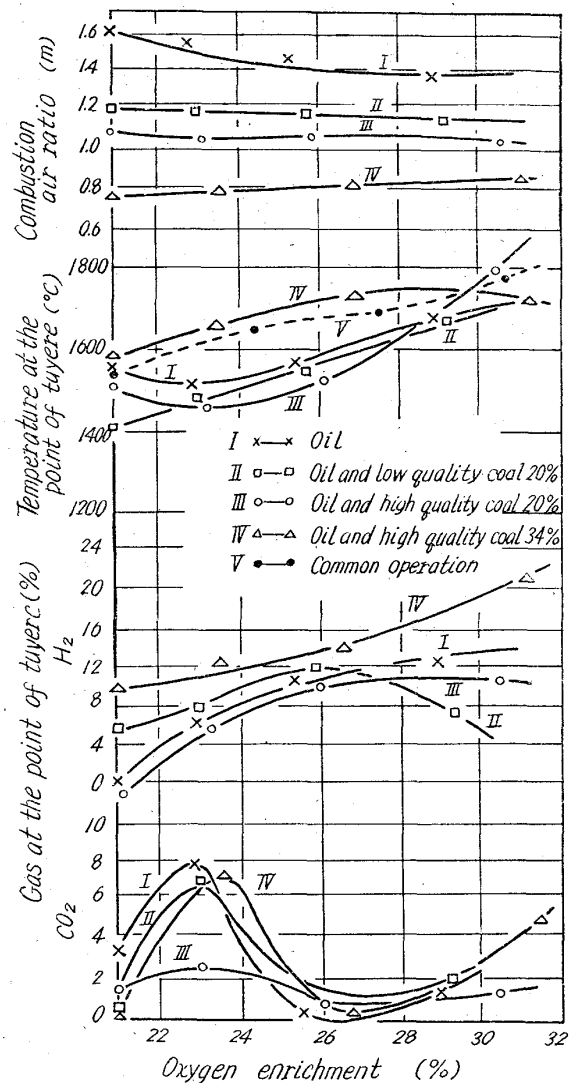


Fig. 4. Relations between oxygen enrichment in air blast and combustibility of substituent fuel injection into a blast furnace.

た。微粉炭の着火温度は重油のそれに比べて低いことからして、その間隔は100mmに近接して取付けた。

ロ) 微粉炭の灰分が燃焼性におよぼす影響: 灰分30%の粗悪炭と灰分6.75%の優良炭についてそれぞれの燃焼性を調査した。灰分30%の粗悪炭を重油の20%にあたる量を併用した場合、曲線IIに示すようにm=1.19である。これは重油のみの1段燃焼のm=1.60と比較してかなり低下している。したがってそれだけ多量に燃料を添加しうることになる。しかしながら灰分が多いことと発熱量が小さいことなどによつて炉内温度は低く、この面で好ましくない。同様にして灰分6.75%の優良炭を重油の20%添加した場合、曲線IIIに示すようにm=1.14となり粗悪炭を使用した場合より燃焼性はよくなり炉内温度も良好となる。さらに優良炭を重油の34%へ増加して添加した場合、曲線IVに示すようにm=0.78となつた。優良炭20%の添加時よりはるかに燃焼性はよくm=1以下という最良の燃焼状況を見出すことができた。また炉内温度の面でも、はるかに効果

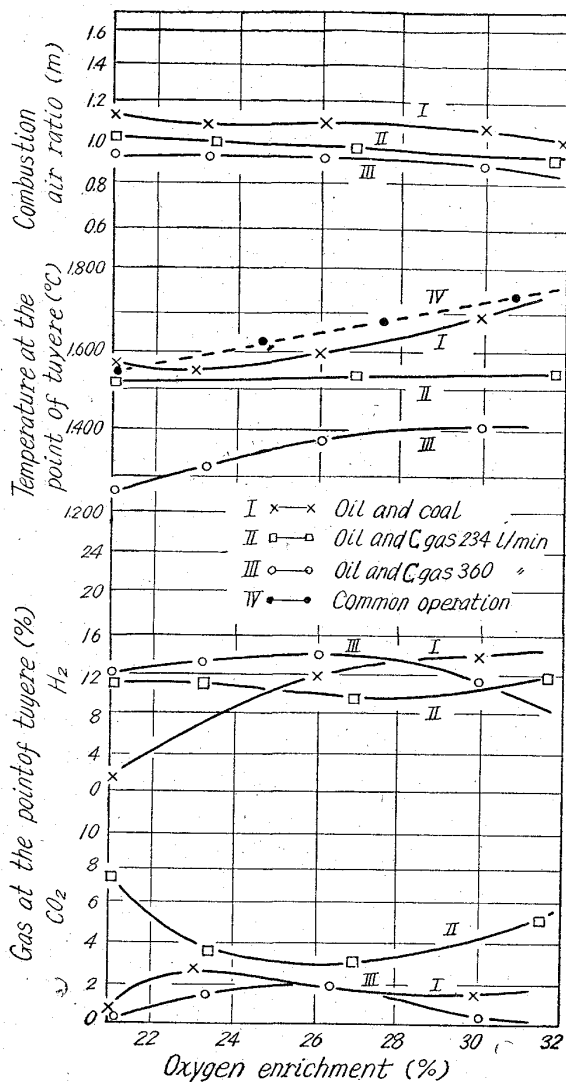


Fig. 5. Relations between oxygen enrichment in air blast and combustibility of substituent fuel in injection into a blast furnace.

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