

66 9.162.267.4:662.66-404.9
:66 2.753.3:621.64.035

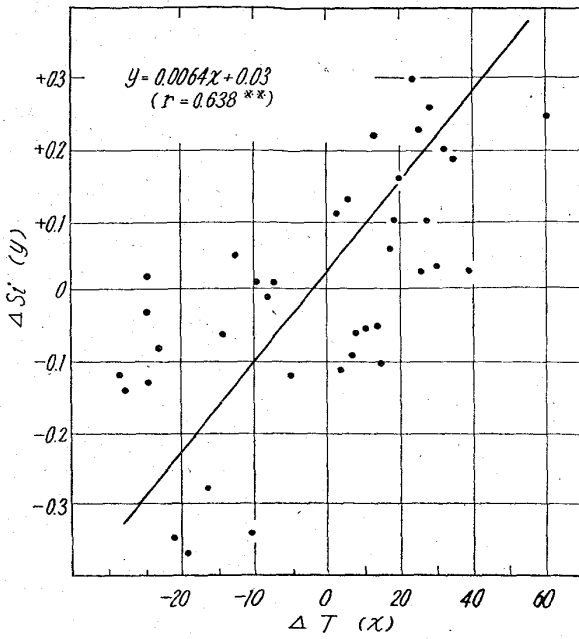


Fig. 5. The relationship of the difference from tap to tap of Si content in hot-metal and flame temperature.

認められる。そこで、前タップを基準にして、羽口温度、鉄中 Si% の変化値 ($\Delta T^{\circ}\text{C}$ および $\Delta\text{Si}\%$) を求め、この両者の関係を示したのが Fig. 5 であり、予想以上の定量関係を得ることができた。

4. 結 言

高炉操業上、重要な指標の一つと考えられる。羽口先燃焼帯の温度を輻射高温計を使用し、連続測定し考察を試みた結果次のようなことがわかった。

- (1) 温度測定値の急激な変動は肉眼観察による炉内状況とよく一致している。
- (2) 温度変化には、炉頂装入速度に似た週期性が認められ、これは装入物の還元挙動を推察せしめるものと考えられる。
- (3) 温度変化の状態は炉熱変動状況とよく一致し、温度変化が著しいと、炉況は下向いてくる。
- (4) 重油の吹込みによる温度には時差があり、1~2 hr 後に変化が現われている。
- (5) 温度の大波変動 (タップ間の平均値の変動) は鉄中 Si% の変動とよく一致している。

(14) 石炭—重油スラリーの輸送に関する基礎研究

(高炉への石炭—重油スラリー噴射の研究—I)

富士製鉄, 技術開発部 森永孝三
" 室蘭製鉄所

工博 楠野桂三・工博 久田清明

工博 城本義光・恵藤文二・○松岡 宏

榊原経臣・相馬英明・木場崇一

Fundamental Experiments on Transportation of Coal-Oil Slurry.

(Study on coal-oil slurry injection into blast furnace—I)

Kōzō MORINAGA, Dr. Keizō KUSUNO,
Dr. Kiyooki HISADA, Dr. Yoshimitsu JYŌMOTO,

Bunji ETŌU, Hiroshi MATSUOKA,

Tuneomi SAKAKIBARA, Hideaki SOMA
and Sōichi KIBA.

1. 緒 言

鉄鉄生産原価の引下げ、出鉄量の増大化を目的として高炉羽口より重油を噴射する方法は、今日わが国のほとんどの高炉に採用されているが、この重油の代りに安価な国内炭を噴射することによって、更に原価の低減が期待されるので、当社においては昭和36年よりこの技術の研究に着手した。この技術の確立は、国内資源の有効利用という点からも意義深いものといえよう。

高炉への噴射法は、石炭単味噴射法がすでに外国で試験されていたこと、重油が一段と安くなった場合重油噴射に転用できるようにとの点から、石炭—重油スラリー噴射法について研究を進めることにした。

研究はまず、スラリー輸送の基礎実験から始められ、このデータにもとずき室蘭製鉄所 No.1 B.F. を対象とした工業的規模の試験装置を製作し、38年2月には羽口1本からの噴射に成功した。その後噴射本数も出鉄、出滓口の両側羽口を除く10本に増し、現在では40%濃度以上のスラリーを連続して噴射している。

本報では、これら基礎研究から工業化試験までの一連の研究結果を述べることにする。

2. 石炭—重油スラリーの輸送に関する基礎実験

石炭—重油スラリー (以下スラリーと略称する) の輸送についての実際的問題点を把握解決すると共に、工業的規模の試験装置の設計データを得る目的で本実験を実施した。

2.1 試験装置および方法

Fig. 1 に試験装置の概要を示す。

石炭と重油はミキサーで混合攪拌され均一なスラリーとなつたのちポンプにより加熱器に送られる。ここで所定の温度に加熱されたスラリーは、輸送管内を流れ再び

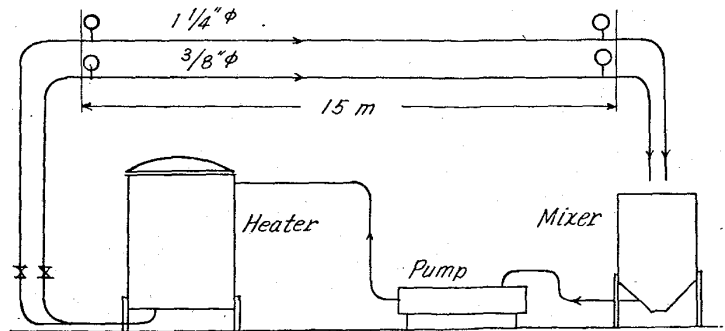


Fig. 1. Experimental apparatus.

ミキサーに入り以下循環される。

輸送管の水平長さは 15 m, 管径は 3/8" および 1/4" G.P. を使用した。

輸送管の輸送抵抗は水平部両端近くに取りつけたブルドン管圧力計から測定し, 流量はミキサー流出口で容器を用いて測ることにした。

また, 噴射バーナーの孔径の検討実験には, 流出口にいろいろの径のバーナーを取りつけて行なった。

2.2 石炭および重油

石炭は北海道一般炭を使用した, これは燃焼性の点でもつとも優れていること, また粘結炭とは違って噴射バーナーの先端に漸次粘着して孔をふさぎ噴射をさまたげるような懸念がないことなどによるものである。

重油は, 市販の C 重油を使用した。ロータービスコメーターによつて測定した重油の粘度は 70°C で 0.56 poise, 90°C で 0.27 poise であつた。

2.3 実験結果および考察

2.3.1 スラリーの輸送抵抗

Fig. 2 は, 管径 1 1/4" および 3/4" の場合について, 流速と抵抗との関係を図示したものである。この結果は WORSTER¹⁾が石炭-水系について行なつた結果とほぼ同様の傾向である。すなわち, 重油単味を基準にとれば, 石炭の混合率が高くなる程抵抗は大きくなる。その度合は流速の小さい程大きく, 流速が大きくなると漸次重油単味のそれに近づく。ただ本実験では 0.4m/sec 以下の実験を行なかつたので抵抗の最小となる限界沈殿流速点の様子ははつきりしていない。

同図から管径と抵抗との関係を求めるため, 1 1/4" と 3/4" の同一流速における抵抗を比にとると, 重油単味の場合には流速に無関係の一定値を示し, 管径比との間には次のような関係がある。

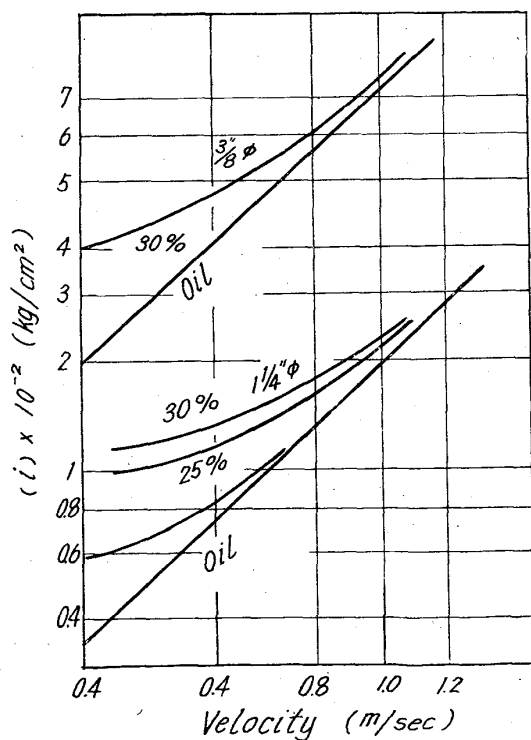


Fig. 2. The loss of head (i) vs velocity.

$$(i/i') = (D/D')^{-1.6} \dots\dots\dots (1)$$

ただし i, i' は 3/4" および 1 1/4" 管の抵抗, D, D' は 3/4" および 1 1/4" 管の管径。

一方スラリーでは重油よりも (i/i') は小さく流速が大きくなるにつれ重油のそれに近づく。30%スラリーの抵抗比と管径比との間には次のような結果が得られた。

流速 v が 0.4~1m/sec の範囲で

$$(i/i') = (D/D')^{-1.1 \sim 1.5} \dots\dots\dots (1)'$$

Fig. 3 は温度と抵抗との関係を示したもので, 抵抗 i は温度 t との間に $\log i = R/t$ なる関係にある。スラリーの粘度 μ も $\log \mu = R/t$ なる関係にあることから判断して, スラリーの抵抗の温度変化は他の均一流体と同様に粘度の温度変化により一次の関係で影響されるものと考えられる。

2.3.2 輸送限界速度

磨耗やポンプの動力の点からみて, スラリーの流速はできるだけ小さくし管路抵抗を小さくすることが望まれるが, 石炭が沈降して管路を閉塞するようではまた問題であるので, 実際に流速をおとし肉眼により閉塞状態になる限界を求めてみた。結果は Table 1 のとおり。

管底に粒群のたい積が始まる流速 V_c は, スルマレジレフ²⁾によれば次式によつて示される。

$$V_c = K(\delta_s/\delta_e - 1)^{0.5} D^{0.5} \dots\dots\dots (2)$$

δ_s, δ_e : 石炭, 重油の比重

D : 管径

K : 濃度, 管径, 粒径により決まる係数

スルマレジレフの実験結果を整理した寺田³⁾の図表を利用し, 本実験の場合の K を求めると 4 が得られ, (2) 式を用いて V_c を計算すると Table 1 に記載した値となる。実測値と計算値とを比較すると計算値は約 2 倍程度大きくしたが $K=2$ で計算すると両者によい一致

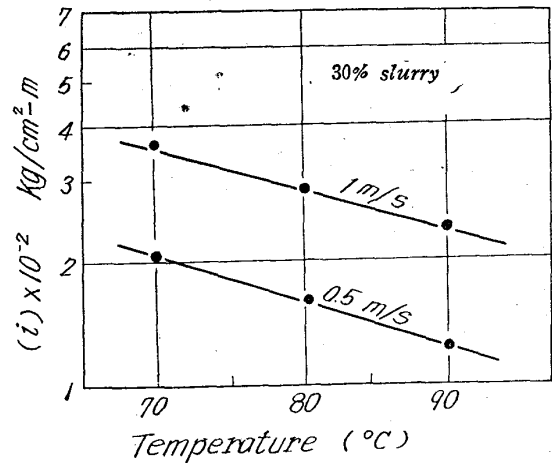


Fig. 3. Temperature dependence of (i)

Table 1. Critical velocity V_c .

Tube diameter	Slurry conc. %	Temp. °C	V_c observed m/s	V_c calculated m/s	
				K=4	K=2
3/8"	30	90	0.18	0.34	0.17
1 1/4"	30	85	0.25	0.56	0.28
2 1/2"	33	90	0.36	0.78	0.39

が得られる。

$K=4$ では実測値の倍程度大きくなる原因としては、粒径を平均粒径で代表させて K を求めたこと、特に 250 メッシュ以下の超微粒子群がコロイド状態となつて比重の大きい第 2 母液として働いていることが主たるものではないかと推察される。その他 V_c の実測法自体による違いも考えられる。

2.4 高炉羽口までの輸送管の選定

2.4.1 輸送本管および支管

高炉羽口までの輸送方法は、第 2 報で詳しく送るのに概略にとどめるが、ポンプ、加熱器を出たスラリーは主管によつて約 100 m の距離を運ばれ、高炉環状管と同様に一まわりする。この環状部から羽口までは約 5 m 分岐した 10 本の支管によつて運ばれバーナーから羽口内に噴射される。

管径選定の基準数値としては、出鉄量 1200 t/day スラリー噴射量 50 kg/pig-t をとつた。したがつて毎時のスラリー輸送量は主管で 2.5 t/hr、支管で 0.25 t/hr となる。なお噴射量は炉況によつて減じる場合もあるので、最低として 30 kg/pig-t の場合も考えることにした。

Table 2 は以上の数値にもとづいて、各管径の流速を計算したものである。また同表には、実測と $K=2$ で求めた限界流速に安全係数 1.3 をかけた実用流速 V_o を記載した。これらの値から判るように、主管としては $1\frac{1}{4}$ "

Table 2. Relation between injection amounts, tube-in-velocity and practical transport velocity V_o .

Injection amounts	Dia.			
	1"	$1\frac{1}{4}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	2"
2.5 t/hr 1.5 "	1.08 m/s 0.69 "	0.64 m/s 0.39 "	0.47 m/s 0.30 "	0.29 m/s 0.19 "
V_o *1	0.33 " *2	0.33 " *	0.40 " *2	0.45 " *2

Injection amounts	Dia.			
	$\frac{1}{4}$ "	$\frac{3}{8}$ "	$1\frac{1}{2}$ "	$\frac{3}{4}$ "
2.5 t/hr 1.5 "	0.97 m/s 0.62 "	0.51 m/s 0.31 "	0.31 m/s 0.20 "	0.18 m/s 0.11 "
V_o *1	0.18 " *2	0.23 "	0.25 " *2	0.29 " *2

*1; $V_o = V_c \times 1.3$

*2; obtain from V_c calculated

Table 3. Results of slurry injection through the burner of various diameter.

Injecting condition	Dia.		
	3mm	4mm	5mm
Not close		>0.65 m/s	>0.19 m/s
Sometimes close		0.65~0.54 "	
Close	1.2 m/s	0.54 "	

支管は $3/8$ " 以下のものを使用すべきであるとの結果が得られた。

2.4.2 バーナーの孔径

羽口先での燃焼をよくするため、重油の場合バーナー孔径を 3mm 程度にしぼり、いきおいよく噴射し霧化をよくしようとの配慮が行われている。しかしながらスラリーでは重油と同じ 3mm では石炭粒子が架橋現象を起し閉塞する懸念が十分予想されたので、2, 3 の検討を行なつた。結果は Table 3 のとおり。この結果からみて、支管 $3/8$ " での最低流速は 0.29 m/sec であるのでバーナー孔径は 5mm より大きくしておく必要がある。

3. 結 言

以上、高炉へのスラリー噴射の基礎である輸送に関し行なつた実験の結果を報告したが、これらのデータにもとづき、昭和 37 年末室蘭製鉄所に工業的規模の噴射試験設備を設置し、同所 No.1 B.F. への噴射試験に入つた。試験の結果は第 2, 3 報に述べるようである。

なお今後は、工業的規模の噴射試験の中から諸データを整理し、スラリー輸送の基礎的な事項を解析検討し、あらためて結果を報告する。

文 献

- 1) R. C. WORSTER et al.: Inst. Mech. Engns, Proc, 32 (1955) 169, 563
- 2) A. E. СМОЛОВАИРЕВ: "Трубыолпроводный Транспорт", (1961)
- 3) 寺田, 選炭, 13 (1963), p. 66, 246

(15) 噴射設備および操業法

(高炉への石炭—重油スラリー噴射の研究—II)

富士製鉄, 技術開発部 森 永 孝 三
 " 室蘭製鉄所研究所 工博 楠 野 桂 三
 久田清明・工博○城本義光・恵藤文二
 松岡 宏・榊原経臣・相馬英明・木場崇一
 Injection Apparatus and Driving
 Technique.

(Study coal-oil slurry injection into blast furnace— I)

Kōzō MORINAGA, Dr. Keizō KUSUNO,
 Kiyooki HISADA, Dr. Yoshimitsu JŌMOTO,
 Bunji ETŌ, Hiroshi MATSUOKA,
 Taneomi SAKAKIBARA, Hideaki SŌMA
 and Sōichi KIBA.

1. 結 言

本報では、現在室蘭製鉄所第 1 高炉内へ連続噴射中の重油—石炭スラリー（以後、単にスラリーと呼称）噴射設備、および操業法、設備の運転状況の概略について述べる。

2. スラリー噴射設備のフロー・シート

本噴射設備は、石炭—重油をよく混合してスラリー状にし、これをポンプとヒーターによつて、昇圧、加熱した後噴射バーナーから高炉内へ噴射するものである。本設備の概略を Fig. 1 のフローシートによつて示す。