

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 5m 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 *2	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,
 Tuneomi 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。

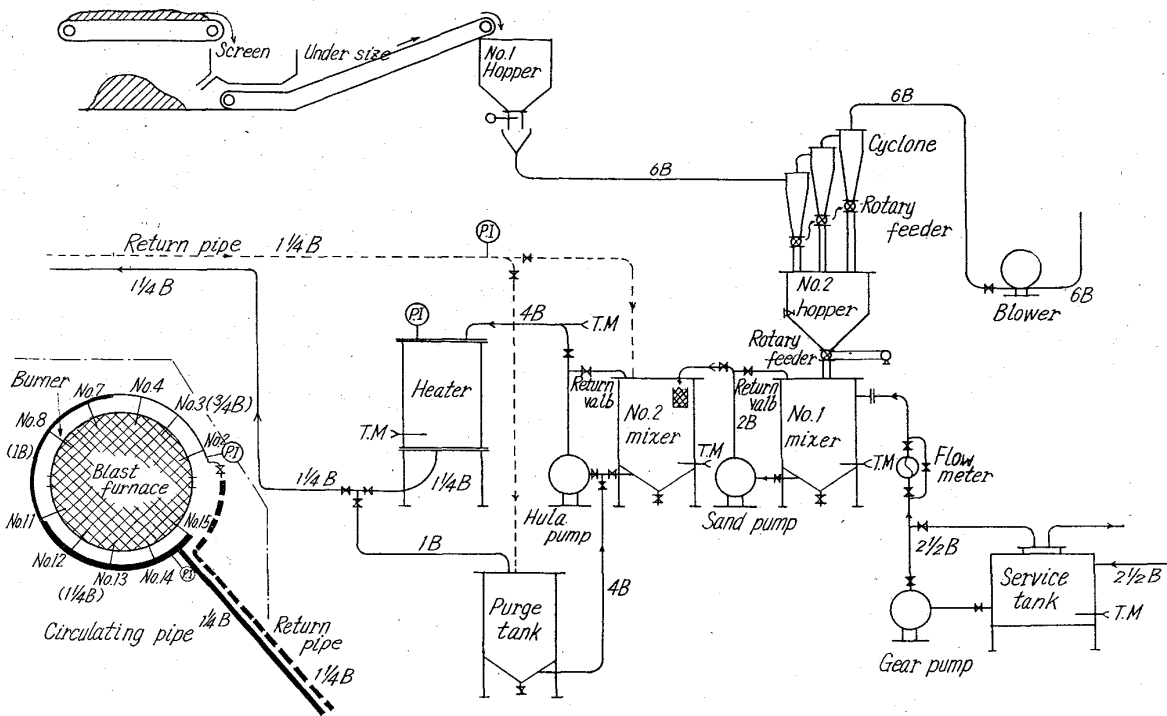


Fig. 1. Slurry-injection flow sheet.

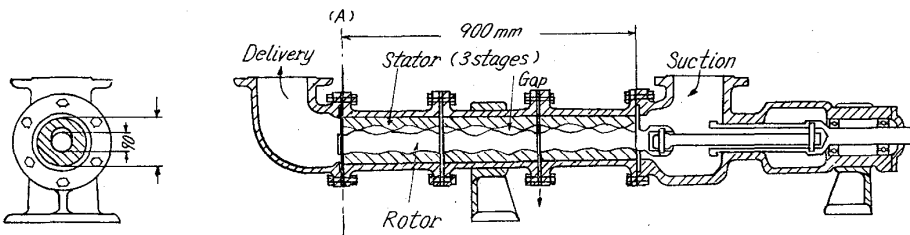


Fig. 2. Structure of hula pump.

3. スラリー噴射各装置の概要

3.1 石炭篩分輸送装置

石炭の篩分は、ローヘッド型振動篩で行なっており、篩分機による篩下石炭を空気輸送するブローは、最大風量 $30\text{Nm}^3/\text{min}$ 、最大差圧 800mmAq のターボブローであつて、最大量 $30\text{kg}/\text{min}$ 程度までの石炭空気輸送が可能である。

石炭供給 No.2 ホッパーは、約 1.5t の石炭貯蔵ができるもので、その出口には、無段変速機により回転速度が調節可能なロータリーバルブが取り付けられてあり、石炭の供給量を自由に变化させることができる。

3.2 スラリー混合装置

供給された重油、石炭を混合するミキサーは、胴径 1m 、高さ 1.5m 、容量 1m^3 の円筒型のもので、同装置には 500r.p.m の攪拌機が取り付けられてある。

さらに、ミキサーには液面計がついていて、これによつてスラリー液面を一定に保つように、供給された重油石炭と同量のスラリーをポンプによつて抜き出し、噴射を行なう。すなわち、供給石炭量と供給重油量の合計されたものが、スラリー噴射量となる。

3.3 スラリーの昇圧、加熱装置

スラリー噴射に必要な昇圧、加熱は、フラポンプとヒーターで行なう。フラポンプは、最大吐出量 $70\text{l}/\text{min}$

最大吐出圧力 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ の特殊ポンプであり、同ポンプにはステーター材質が、合成ゴム製のもの、金属製のものがあつて、現在当所では、表面が窒化鋼で覆われている金属製のものを使用している。

そのフラポンプの構造を Fig. 2 に示す。

スラリーを加熱するヒーターは、胴径 1m 、容量 1.2m^3 の円筒型のものであり、最大流量 $100\text{l}/\text{min}$ 、最大圧力 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ の耐圧製容器になつている。流体加熱最高温度は、約 100°C で加熱体は飽和蒸気である。

なお、同装置には 100r.p.m の攪拌機が取り付けられてある。

3.4 スラリー輸送用配管設備

スラリー輸送用配管の全長は 90m であり、その管径は、輸送途中で石炭沈降を起さない流速とするために、主管を $1\frac{1}{4}\text{B}$ 、支管を $3/8\text{B}$ に設計してあり、配管途中は、バンドをできるだけ少なくし、またバンドの曲率半径は、管径の 20 倍にしてある。

スラリー環状管は、熱風環状管の下部に取り付けてあり、その管径は、スラリー流速を一定に保つために、次のように 3 段階に変えている。(配管図は Fig. 1 参照)

環状管管径 (全長 35m)

No. 2 羽口~No. 6 羽口間..... $3/4\text{B}$

No. 7 羽口~No. 11 羽口間..... 1B

No. 12 羽口~No. 15 羽口間..... $1\frac{1}{4}\text{B}$

Fig. 3 に示すように、環状管から噴射バーナー間の支管は $3/8\text{B}$ で、支管と噴射バーナーは、フレキシブルチューブによつて結ばれている。

3.5 噴射バーナー

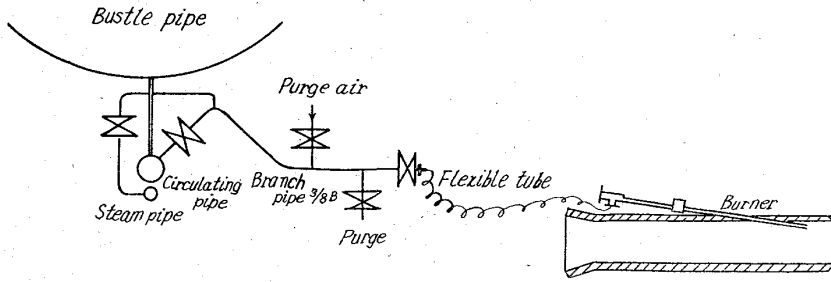


Fig. 3. From branch pipe to burner.

噴射バーナーは、羽口直管部に挿入しており、その材質は、SUS-42 である。(Fig. 3 参照)

また、噴射継続中にバーナーが閉塞した場合は、あらかじめ準備してあるバーナーと交換し、直ちに噴射が再開できるようにしている。

4. スラリー噴射作業法

スラリー噴射の実施は、次の方法によつて行なっている。

4.1 噴射量の決定

現在、スラリー噴射量の決定は、風量制御方式で行なっており、その噴射量は、次式によつて算出している。

$$\frac{\{0.93 \times (\text{指定風量 Nm}^3/\text{min}) + 133\} \times (\text{鉄鉄 t 当りの噴射量 kg/t-pig})}{24 \text{ hr}} = \text{噴射量 kg/hr}$$

0.93, 133 は係数である。

したがつて、指定風量が増えまると噴射量を算出し、さらに、重油-石炭それぞれの供給量を決定する。

4.2 重油の供給

重油は、ストレーナーで異物を除かれ、さらにサービスタンクで適温に加熱された後、自動調整バルブによつて流量の調整をされて、No. 1 ミキサーへ所定量供給される。(Fig. 1 参照)

なお、重油量はポンプ吐出側に取りつけてあるオーバー流量計に積算される。

4.3 石炭の供給

石炭は篩分機によつて規定の粒度に篩分けられ、篩下石炭のみが No. 1 ホッパーに貯ぞうされる。この石炭は、No. 1 ホッパー出口のダンパーから適量石炭輸送管へ吸引される。石炭の空気輸送装置の末端にはブロワーが設置してあり、このブロワーによつて石炭は空気輸送される。空気輸送された石炭はサイクロンによつて殆んど完全に捕集されて、No. 2 ホッパー内に貯ぞうされる。

次に No. 2 ホッパー内石炭は、ホッパー出口に取り付けてあるロータリーバルブによつて No. 1 ミキサーへ所定量供給される。

4.4 重油、石炭の混合

供給された重油および石炭は、No. 1 ミキサーで攪拌機によつて混合されてスラリー状となる。このNo. 1 ミキサー内スラリーは、No. 2 ミキサー上部に取り付けてあるストレーナーによつて異物を除いた後に、サンドポンプによつて No. 2 ミキサーへ送入される。この場合スラリー流量の調整は、サンドポンプ吐出側とNo. 1 ミキサー間にあるリターンバルブによつて行なわれる。

No. 2 ミキサーに供給されたスラリーは、攪拌機によつてさらに良く混合される。

4.5 スラリーの加熱、圧送

No. 2 ミキサー内のスラリーはフラポンプによつてヒーターへ圧送される。この場合指定風量から算出した規定量を圧送するのであるが、流量調整はフラポンプからNo. 2 ミキサーへのリターンバルブによつて行なう。次に

ヒーターでは、圧送されたスラリーを高炉へ噴射するために必要な温度まで加熱する。(噴射スラリー流量、温度、圧力などについては Fig. 4 参照) ヒーターで適温に加熱されたスラリーは、輸送管を経て高炉前部に設置してある環状管までパイプ輸送される。

4.6 高炉内へのスラリー噴射

フラポンプによりパイプ輸送されたスラリーは、環状管から各支管、フレキシブルチューブを経て羽口直管部に挿入されている噴射バーナーから高炉内へ噴射される。(Fig. 1 および 3 参照)

4.7 スラリーの炉外循環

高炉内へのスラリー噴射を長時間にわたつて中止する場合は、スラリー輸送管あるいは環状管内にスラリーを止めておくと石炭が沈降するので、まず環状管と各支管間のバルブを閉じた後、環状管端部のリターンバルブを全開にして高炉外でのスラリーの循環を繰り返して行なつて次の噴射にそなえる。スラリー噴射を再開する場合は

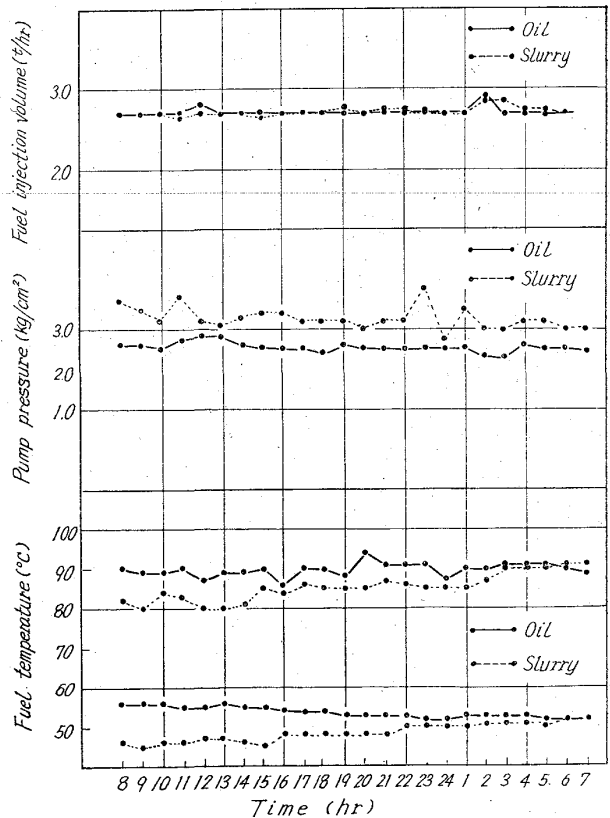


Fig. 4. One example of slurry injection operation data.

上記の工程を逆行行なっていく。

5. 設備の運転状況

長期間にわたって高炉内へスラリーの連続噴射を実施しているが、次に噴射設備の運転状況の 1 例を Fig. 4 に示す。

6. 結 言

本噴射設備によつて高濃度スラリーを高炉羽口部より連続噴射を実施しているが、設備上特に問題になる点は見受けられない。

現在は噴射操作をより簡易化させるために、この設備の自動化を進めている。

Table 1. Proximate analysis (dry basis) and heating value of coal.

H ₂ O %	V. M %	Ash %	C. B. I	Calorific value (gross) kcal/kg
3.60	39.28	10.74	1 1/2	7,220

Table 2. Chemical composition (dry basis) of coal.

Ash %	C %	H %	N %	V. S. %	T. S. %
10.35	72.26	6.00	0.23	0.11	0.34

66 9.152.267.4 : 662.66-404.9
: 662.753.3 : 662.744

(16) スラリー噴射による高炉操業
(高炉への石炭-重油スラリー噴射の研究
-Ⅲ)

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

Operation of Blast Furnace with Coal-Oil Injection.

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

Kōzō MORINAGA, Keizō KUSUNO,
Dr. Kiyooki HISADA,

Dr. Yoshimitsu JŌMOTO, Bunji ETŌ,
Hiroshi MATSUOKA, Tsuneomi SAKAKIBARA,
Hideaki SŌMA and Sōichi KIBA.

1. 結 言

昭和39年8月から9月にかけて、重油単味と比較してスラリー噴射操業試験(第1次試験, 第2次試験)および高濃度スラリー噴射試験を行なったので、その結果を報告する。

2. 重油との比較試験

2.1 噴射条件

2.1.1 高炉および羽口

室蘭No. 1 高炉, 出銑口, 鉗滓口を除く全羽口 10本。

2.1.2 スラリー濃度

スラリー中石炭濃度約 30 wt. %.

2.1.3 石炭

スラリーに使用した石炭の性状を Table 1, Table 2 に示す。

top size は、ノズル孔径の 1/3 以下

2.1.4 重油

スラリー噴射に使用した重油の性状を Table 3 に示す。
高炉操業条件

第1次試験, 第2次試験ともスラリー, 重油噴射両期間の装入物, そのほかの高炉操業条件は、ほとんど同じであつた。

ただし、第1次試験の重油噴射期間においては、17~

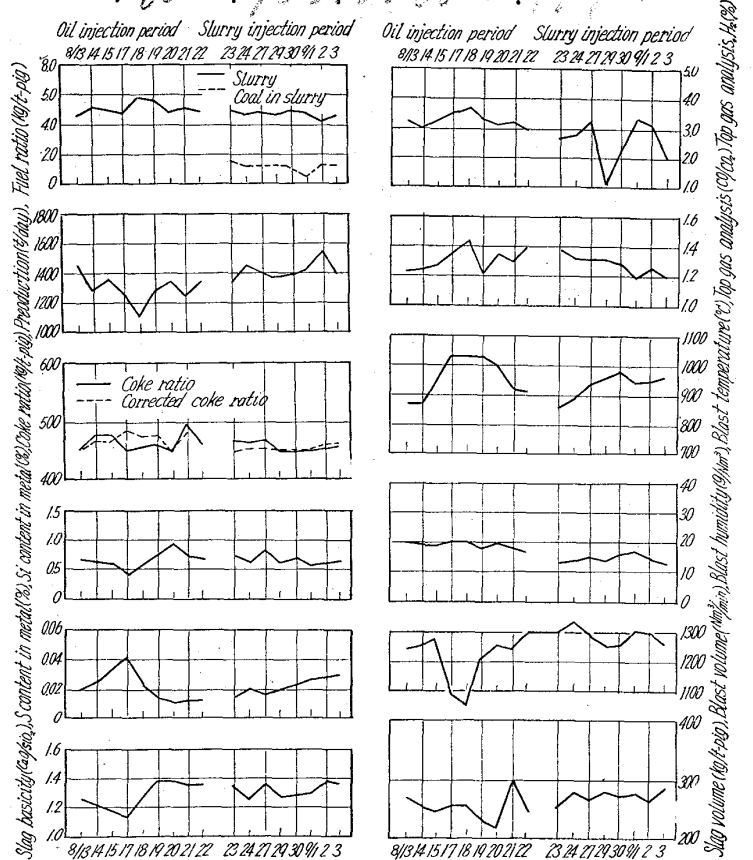


Fig. 1. The results of oil and 30% slurry injection operation tests. (Test period No. 1)

18日は朝顔部のガス噴出のため若干炉況不調であつた。また第2次試験のスラリー噴射期間は、増産のため幾分送風量を増して操業した。

2.2 試験成績

2.2.1 出銑量

Fig. 1, Fig. 2 に示したように、第1次試験, 第2次試験ともスラリー噴射期間は重油噴射期間にくらべて出銑量は若干多いようであるが、これは前述のように、第1次試験は重油噴射期間中に炉況不調の日があつたこと。第2次試験はスラリー噴射期間中に増産のため送風量を増したことなどのため、相対的にスラリー期間中の出銑量が多くなつたと考えられる。

これまでのスラリー噴射操業実績においても、出銑量