

## 論 文

669, 162, 267, 4: 662, 66-404, 9: 662, 753, 3:  
高炉への石炭-重油スラリー噴射の研究

662, 944

森永孝三\*\*・田島喜久雄\*\*\*・楠野桂三\*\*

城本義光\*\*\*・金山有治\*\*・松岡 宏\*\*

### Research on Coal-Oil Slurry Injection into Blast Furnace.

Kozo MORINAGA, Kikuo TAJIMA, Keizo KUSUNO,

Yosimitsu JOMOTO, Yuji KANAYAMA and Hiroshi MATSUOKA

#### Synopsis:

Since 1961 a research on the injection of coal-oil slurry into the blast furnace has been carried on at Muroran Works, Fuji Iron & Steel Co., Ltd., Japan.

The research was started with the selection of coal, preparation of slurry and the fundamental pipeline flow tests. According to the results thereof, a slurry injection system having a capacity of 85 tons per day was erected. Slurry began to be injected through the ten tuyeres of Muroran No. 1 blast furnace from February 1963. Since then, the slurry density has been increased to 50 wt% coal fines and a considerable coke saving was made.

Comparative tests, carried out between fuel oil and slurry, showed that there were no noticeable differences between them with respect to the output and the coke rate.

(Received 28 July 1965)

#### 1. 緒 言

高炉への燃料噴射は、いまや一般化され高炉操業にとって不可欠のものとさえいわれるまでになっている。

わが国では、コークスの価格が高いので、この技術の採用によつてコークス消費量を節減することは大きな魅力であり、現在わが国で操業を行なっている高炉のほとんどすべてが燃料噴射を採用している。使用している燃料は重油が大半を占め、このほかタール、ナフサ、コークス炉ガスなどが若干の高炉に用いられている。

当所においても、昭和36年に第1高炉において重油噴射を開始し、以後、逐次各高炉に重油噴射設備を取付け、50~60 kg/t-pig 程度の重油を噴射しており、コークス比の低下、出銑量の増加に貢献している。

しかしながら、なお一層の銑鉄原価低減のためには、重油よりも、安価で効果のある代替燃料の開発が必要である。当所では重油にかわる高炉噴射燃料として、山元の回収微粉炭等の安価な国内炭に注目し、石炭と重油を混合し、いわゆるスラリーとして高炉に噴射する方法について、重油噴射と平行して昭和36年より研究を進めてきた。

研究はまず、スラリー輸送の基礎研究から始められ、このデータにもとづき昭和38年2月から当所第1高炉を対象とした工業化規模の設備により、石炭濃度50%までの範囲で10本の羽口からスラリーを噴射し続け、技術の習得に努めてきた。

本報では、これらの基礎研究から工業化試験までの研究について述べることにする。

#### 2. スラリー採用までの経緯

近年、山元において発生する含微粉炭水から微粉炭を回収するようになったが、この回収微粉炭は、現在のところ利用度が低く、比較的安価に入手できる。したがって、これを重油と同様に高炉羽口より噴射できれば、国内資源を有効に活用できるほか、高炉燃料原単位の低下に大きく寄与するものと考え、昭和36年8月、この噴射方法の開発について検討を始めた。

\* 昭和40年4月本会講演大会にて発表  
昭和40年7月28日受付

\*\* 富士製鉄株式会社室蘭製鉄所

\*\*\* 富士製鉄株式会社室蘭製鉄所 工博

石炭と重油について、価格、組成などの面から比較すると、石炭には次のような利点がある。

すなわち、

- (1) 価格が安い。
- (2) 熱補償が少なくてもよい。言葉をかえていうならば、同一操業条件下では、石炭の方が重油より余計に噴射できる<sup>2)</sup>。
- (3) 硫黄含有量が低い。

普通、高炉に噴射されている重油は、2%程度の硫黄を含有しているため、重油噴射量が増加すると銑中硫黄が上昇する。これに対して、われわれが注目している国内炭、特に北海道一般炭（回収微粉炭）は硫黄含有量が0.3~0.4%程度ときわめて低く、脱硫の面からは、はるかに有利である。同じ一般炭でも米産のもの、硫黄含有量が大体0.7~0.8%を示し、また国内産のものでも例えば九州産のものでは平均0.4~0.5%と北海道産よりも硫黄含有量が高目である。微粉炭はその取り扱い、運搬が比較的つかいなので近距離輸送のできるものがコストの面で特に有利となる。したがって、低硫黄の一般炭（回収微粉炭）の産炭地を背後に控えている室蘭において、石炭を高炉に噴射することは意義が大きい。

しかしながら、重油にくらべると、石炭、特に微粉炭は取扱いが不便であり、また灰分含有量が高いという欠点があるが、石炭中の灰分はコークス中のそれとほぼ同じ位であるから石炭噴射により、鉍滓量の増加が特に問題になるといこうとはしない。それで問題になるのは石炭の取り扱い、噴射方法ということになる。

微粉炭を高炉に噴射する方法としては、(i)微粉炭単味で噴射する方法、(ii)微粉炭をさらに湿式微粉砕し、分散させてコロイド油として噴射する方法、(iii)微粉炭を重油と混合し、いわゆるスラリーとして噴射する方法、の3つが考えられるが、微粉炭単味噴射法、コロイド燃料噴射法にはそれぞれ次のような問題点がある。

微粉炭単味の場合には、高額な石炭の乾燥設備を必要とし、またコロイド燃料にする場合には、石炭を $\mu$ 単位にまで粉砕するので、粉砕費が著しく高くつき、工業化を考えても妙味がない。

これに対して、スラリー噴射法の場合には、石炭の沈降によるパイプ、バーナーの閉塞の問題があるが、これは石炭の粒度およびスラリーの流速を適当に選ぶことによつてこれらを解決すれば、簡単な設備で噴射することができる。さらにこの方法には次の利点がある。

すなわち、

- (a) 重油中の石炭濃度を適当に変えることができるので、重油、石炭の価格の変動に常に対処でき、その時

々に即応した燃料原単位を維持できる。

(b) 微粉炭単味の場合、含有水分は通常3~4%、少なくとも7~8%程度<sup>1)2)3)4)5)</sup>になるまで脱水することが必要であるが、スラリーの場合、未乾燥のままスラリー化できる。したがって設備費が上記2つの場合にくらべてはるかに安い。

U. S スチール社のデータによれば<sup>6)</sup>、スラリー噴射設備を高炉に設置する場合には125,000~175,000ドルですむが、微粉炭単味の場合であると1,000,000ドルになる。

以上のような諸点を種々検討した結果、石炭を高炉に噴射する方法としては、スラリーとして噴射するのが最も有利であると考えられたので、スラリー噴射法の採用に踏みきり、基礎研究に着手した。

なお、この後、米国、英国においても高炉へのスラリー噴射に関する報告が出されたが、いずれもまだ実験段階のようである。

参考までにその概略を紹介する。

- (1) U.S. Steel 社 (Mc Keesport 工場)<sup>6)</sup>

(噴射羽口) 1本

(石 炭) 瀝青炭、無煙炭を含めて広く選択できる。

特に乾燥しなくともよい。

粒度は 3/16"~4/16" 以下。

(噴射方法) 150~250°F に蒸気で加熱したタンク中でスラリーを混合攪拌し、ポンプで羽口に送る。石炭の濃度は 0~60%。

(効果の見積り) 石炭60%スラリーを使うと代替率 1.4 になるとし、羽口1本から 1 gal/min を噴射すると、燃料費の減少は、75 c/t-pig となり、設備費は6ヶ月で償却されるという。

- (2) Richard Thomas & Baldwin 社 (Ebbw Vale 工場)<sup>7)</sup>

(噴射羽口) 3本

(石 炭) 83% C, 3.5% H, 発熱量 7,783 cal/g, 灰分 9.43%, 揮発分 9.07%, 水分 1.77%, 粒度は 3 mm 以下。

(噴射方法) 混合タンクで 85°C にスラリーを混合加熱し、ポンプで羽口に送るが、一部はタンクに戻す。(循環方式)、石炭濃度は 55% まで、石炭のほか、ガス灰、石灰石なども噴射した。

- (3) CNRM

圧縮空気による圧送方式によつて噴射を行っている。

Table 1. Results of coal combustion test.

Coa	Coal analysis								Combustion results			
	H <sub>2</sub> O %	Ash %	V.M. %	Calorific value (gross) kcal/kg	C %	H %	O %	S %	Unburned coal ratio kg/kg-coal	Flame length	Mean temp. in furnace °C	Temp. in stack °C
Hokkaido (non-caking)												
A	11.9	10.4	45.3	6590	68.0	5.6	9.8	0.21	0.078	Long	735	380
B	7.2	8.7	43.8	6405	68.8	6.1	15.0	0.45	0.139	〃	703	380
C	3.1	11.2	42.2	6843	70.2	5.9	11.0	0.28	0.248	Medium	623	240
D	2.2	10.9	38.9	7052	71.8	5.6	10.1	0.33	0.318	〃	618	250
Coalite	7.2	15.2	16.4	5777	66.5	3.4	13.5	0.20	0.312	〃	525	220
Medvezhka	1.2	9.6	14.9	5390	80.1	3.9	5.6	0.39	0.550	Short	208	80
Souchang	2.0	14.2	10.6	7110	75.6	3.3	—	0.80	No burn			
Peru	1.0	12.8	4.2	6930	—	—	—	0.90	No burn			

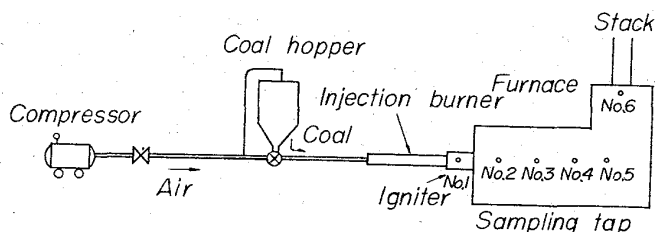


Fig. 1. Apparatus for combustibility test of coal.

### 3. 基礎研究

高炉へのスラリー噴射の研究は、用いる石炭の炭種の選定および噴射設備の設計データを得る目的で、まず基礎研究から始められた。

#### 3.1 石炭の燃焼性

使用する石炭の炭種を選定するために、Fig.1 に示す装置で各種石炭の燃焼性比較試験を行ない、Table 1 の結果を得た。

表から明らかなように、揮発分が多く粘結度の小さい北海道一般炭が燃焼性の点で優れていることがわかったが、さらに、これら北海道一般炭は粘結炭と異なつて、噴射バーナーの先端に漸次粘着して孔を塞ぎ噴射を妨げるような懸念がなく、また硫黄含有量が低いという利点もあるので、スラリー用炭としてこれら北海道一般炭を用いることにした。

#### 3.2 スラリーの輸送抵抗

スラリーの輸送抵抗は、両端に圧力計を取りつけた水平輸送管 (15m) 内にスラリーを流して測定した。

その結果は、Fig. 2 に示す通りであり、石炭-水系について WORSTER<sup>9)</sup> が行なつた実験結果とほぼ同様の傾向を示している。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ほど抵抗は大きくなる。その度合は流速の小さいほど大きく、流速が大きくなると漸次重油単味のそれに近づく。

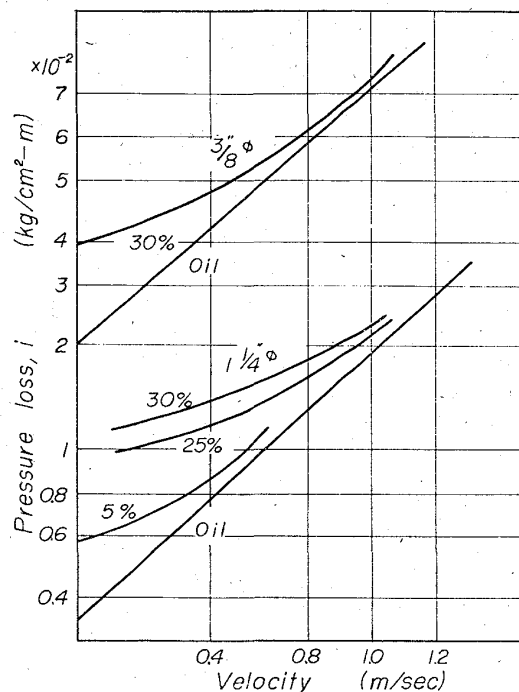


Fig. 2. Pressure loss vs velocity (at 80°C).

Fig. 2 から管径と抵抗との関係を求めるため、1 1/4" φ と 3/8" φ の同一流速における抵抗を比にとると、流速が 0.4~1m/s の範囲で次のような関係が得られる。

$$\text{重油単味}; (i/i') = (D/D')^{-1.6} \dots\dots\dots (1)$$

$$30\% \text{スラリー}; (i/i') = (D/D')^{-1.5 \sim -1.1} \dots\dots (1)'$$

$i$ ; 3/8" φ 管の抵抗

$i'$ ; 1 1/4" φ 管の抵抗

$D$ ; 3/8" φ 管の管径

$D'$ ; 1 1/4" φ 管の管径

すなわち、重油単味の場合には、 $(i/i')$  は流速に無関係の一定値を示す。一方スラリーの場合には、重油よりも  $(i/i')$  は小さく、流速が大きくなるにつれて重油のそれに近づく。

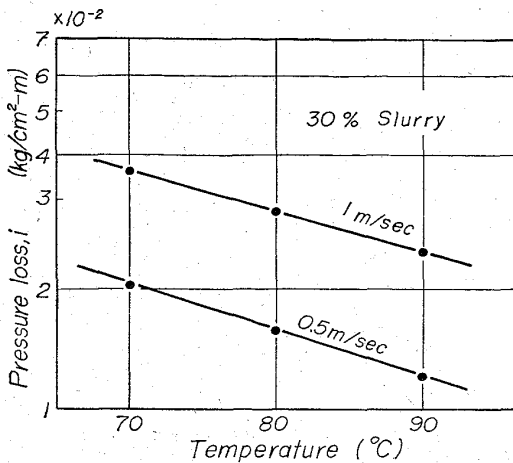


Fig. 3. Pressure loss vs temperature.

Table 2. Relation between critical velocity  $V_c$  and pipe diameter.

Pipe diameter	Slurry conc. (%)	Temp. (°C)	$V_c$ observed (m/s)	$V_c$ (m/s) calculated	
				$K = 4$	$K = 2$
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

また Fig. 3 に示したように、抵抗  $i$  は温度  $T$  との間に  $\log i = CT$  なる関係がある。スラリーの粘度  $\mu$  も  $\log \mu = C'T$  なる関係にあることが実測により求められている。これらのことから、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。

3.3 輸送限界流速

バルブやパイプなどの摩耗、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径抵抗を小さくすることが望まれる。しかしながら、流速が小さすぎて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。そこ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 2 の通りである。

管底に粒群の堆積が始まる流速  $V_c$  は、スマルツレフ<sup>9)</sup>によれば次式によつて与えられる。

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

$\delta_s$ ; 石炭の比重

$\delta_l$ ; 重油の比重

$D$ ; 管径

$K$ ; 濃度、管径、粒径によつてきまる係数

スマルツレフの実験結果を整理した寺田の図表<sup>10)</sup>を利用し、本実験の場合の  $K$  を求めると  $K = 4$  が得られ、(2)式を用いて  $V_c$  を計算すると Table 2 に示した値

となる。実測値と計算値を比較すると、計算値は約2倍ほど大きくなる。したがつて  $K = 2$  で計算すると両者はよく一致する。

$K = 4$  とすると計算値が実測値の2倍程度の大きさとなる原因としては、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。

なお、垂直部分における石炭の終末速度は水平部分の限界流速よりも著しく小さな値となるので、垂直部分の石炭の沈降は問題とならない。

3.4 輸送本管および支管の決定

管径選定の基準としては、出銑量 1200 t/day、スラリー噴射量 50kg/t-pig 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 であり、噴射羽口が 10 本あるから支管で 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/t-pig の場合も考えることにした。

Table 3 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  $V_0$  を記載した。これらの値から判るように、主管としては 1 1/4" 以下、支管としては 3/8" 以下のものを使用すべきであるとの結論が得られた。

しかして、管径を小さくすると輸送抵抗が大きくなりポンプの動力費を増加させるので、主管としては、1 1/4" 支管としては 3/8" のパイプを用いることにした。

Table 3. Velocity in pipe and practical transporting velocity  $V_0$ .

S*	P*			
	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
2.5 t/hr	1.08 m/s	0.64 m/s	0.47 m/s	0.29 m/s
1.5 "	0.69 "	0.39 "	0.30 "	0.19 "
$V_0$ *1	0.33 " *2	0.33 "	0.40 "	0.45 " *2

S*	P*			
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"
2.5 t/hr	0.97 m/s	0.51 m/s	0.31 m/s	0.18 m/s
1.5 "	0.62 "	0.31 "	0.20 "	0.11 "
$V_0$ *1	0.18 " *2	0.23 "	0.25 " *2	0.29 " *2

P\*: Pipe dia.

S\*: Slurry quantity injected.

\*1  $V_0 = V_c \times 1.3$

\*2 Obtained from  $V_c$  calculated

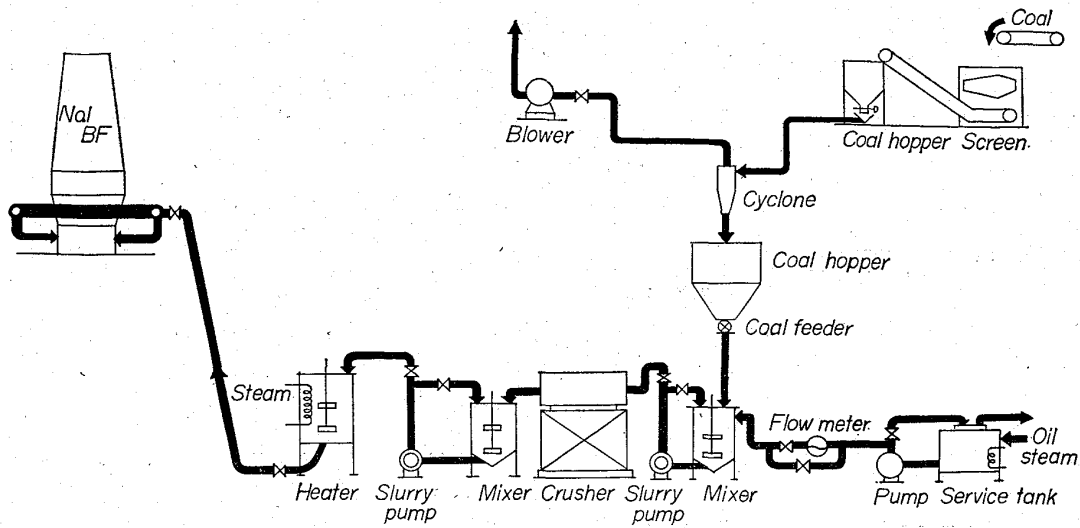


Fig. 4. Slurry injection system.

#### 4. 高炉へのスラリー噴射設備

前述の基礎研究のデータを種々検討した結果にもとづき、当所第1高炉に羽口10本からスラリー噴射を行なうことのできる噴射設備を設置した。

次にその設備の概略について述べる。

##### 4.1 スラリー噴射系統図

本噴射設備は、石炭と重油をよく混合してスラリーとし、これをポンプ、ヒーターにより昇圧、加熱し、噴射バーナーから高炉内に噴射するものであり、設備の概略は Fig. 4 に示す通りである。(最大噴射能力 85 t-slurry/day)

##### 4.2 各装置の概要

###### 4.2.1 石炭篩分、輸送装置

石炭の篩分けは、ローヘッド型振動篩で行なっており篩下石炭は第1ミキサー上の石炭ホッパーへブロアーを用いて空気輸送される。このブロアーは最大風量 30 Nm<sup>3</sup>/min, 最大差圧 800 mmAq のターボブロアーで、最大量 30kg/min 程度までの石炭を空気輸送することができる。

第1ミキサー上の石炭ホッパーは、約 1.5 t の石炭を貯蔵できる。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おり、石炭の供給量を自由に変化させることができる。

###### 4.2.2 スラリーの混合装置

規定量の重油と石炭は、各々重油サービスタンク、石炭ホッパーから第1ミキサーへ供給される。ここで両者は攪拌混合されて一応のスラリーとなるが、湿炭の場合は、さらに粗粒炭を破碎しながら混練するクラッシャーを経て、第2ミキサーにおいて完全

な混合スラリーとなる。

両ミキサーには攪拌機が取り付けられている。さらにミキサーには流量調節弁と連動した液面計がついており、入量を正しく次の工程へ送るようになっている。

###### 4.2.3 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、スラリーポンプとヒーターにより各々行なう。スラリーポンプは、最大吐出量 70 l/min, 最大吐出圧力 15 kg/cm<sup>2</sup> の特殊ポンプであり、同ポンプのステーターおよびローターの表面は、耐磨耗度を上げるために特殊硬化処理を施してある。

このスラリーポンプの構造を Fig. 5 に示す。

スラリーを加熱するヒーターは、最大流量 100 l/min で、20 kg/cm<sup>2</sup> の耐圧容器になっている。加熱最高温度は約 100°C で、加熱体は飽和水蒸気である。

なお同装置には 100 r.p.m. の攪拌機が取り付けられている。

#### 5. 重油との比較操業試験

前述の設備を用いて、昭和39年8月から9月にかけて、重油単味と 30% スラリーの比較操業試験を行なった。その結果は次の通りであった。

##### 5.1 噴射条件

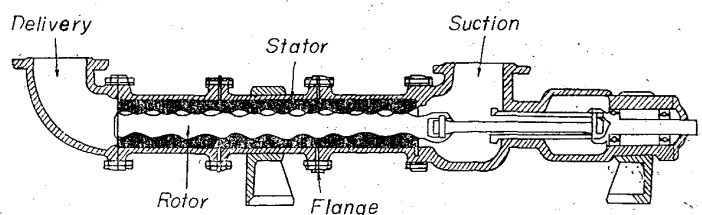


Fig. 5. Hula pump.

Table 4. Analysis of coal.

H <sub>2</sub> O %	V.M. %	Ash %	Calorific value (gross) kcal/kg	C %	H %	N %	V.S %	T.S %
3.60	39.28	10.74	7,220	72.26	6.00	0.23	0.11	0.34

Table 5. Analysis of oil.

Chemical composition %			Specific gravity (15/4°C)	Flash point °C	Viscosity (50°C) C S	Pour point °C	Carbon residue %	Calorific value (gross) kcal/kg
C	H	S						
84.9	11.8	2.5	0.940	120	140	-7.5	7.6	10,500

Table 6. The operation data on fuel injection at No. 1 B.F.

		Oil injection period (for ten days)	30% slurry injection period (for ten days)
Fuel	Oil	48	0
	30% Slurry	0	48
Burden	Ore	689	650
	Sinter	883	894
	Converter slag	35	34
	Lime stone	22	26
	Ore/coke	3.26	3.31
Iron production		1282	1351
Coke rate		459	453
Hot blast	Blast volume	1220	1330
	Blast temperature	930	950
	Blast humididy	18.3	11.9
Slag	Slag volume	296	268
	Slag basicity	1.26	1.33
Iron	Si	0.66	0.64
	S	0.24	0.19
Top gas	CO/CO <sub>2</sub>	1.30	1.28
	H <sub>2</sub>	3.3	3.1

## 5.1.1 高炉および羽口

室蘭第1高炉(内容積 1,042 m<sup>3</sup>, 炉床径 7.2m) 噴射羽口は出銑口, 出滓口の両側を除く全羽口10本。

## 5.1.2 スラリー濃度, 温度

スラリー中石炭濃度 30wt%, 温度は約 90°C。

## 5.1.3 石炭および重油

スラリーに使用した石炭の性状を Table 4 に, また重油の性状を Table 5 に各々示す。

## 5.2 試験結果

試験結果の概略を Table 6 に示す。なお, 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できるだけ同じにした。Table 6 から明らかのように, 今回の石炭濃度 30% スラリー噴射操業と重油単味噴射操業との比較では, 両者間に大きな差は認められなかつた。

スラリー期間中の銑中硫黄量が, 重油期間中にくらべて若干低目になっている。重油からスラリーに切替えると銑中硫黄量が低下する傾向は従来もたびたび見られた現象である。これは主に石炭中の硫黄量が重油にくらべて低いことによるものと思われる。

また, これまでのスラリー噴射操業において, 一般的傾向としてスラリー噴射は, 重油噴射にくらべて炉況をより熱目にする傾向が認められている。これは石炭の分解熱が重油よりも少ないことに原因している。

つまり操業条件が同じであれば, 重油よりも石炭の方が多量に炉内に噴射できるわけであつて, スラリー中の石炭濃度の上昇に伴ない, この傾向は次第に顕著になり, コークス比の低下に大きな効果をあげるものと期待される。

現在スラリー中の石炭濃度を 50% にあげ, 噴射を続けている。石炭濃度が高くなるに従つて, スラリーの流量調整がむずかしくなり, またそれだけ重要な問題となるが, 現在これら計装上の問題はすべて解決され, 順調な操業を続けている。

これについては, 別の機会に報告したいと考える。

## 6. 結 言

富士製鉄室蘭製鉄所では, 1961年から基礎研究を開始し, 1963年2月から 85 t/day の噴射設備により, 第1高炉羽口10本から 50% までの濃度範囲でスラリーを連続噴射している。

この間に行なわれたスラリーと重油単味との比較操業試験の結果では, コークス比, 出銑量などは大差なかつた。

終りに臨み、本研究遂行にあたりご協力を下さった本社技術開発部長工博久田清明氏はじめ、以前本研究に従事していただいた室蘭製鉄所工博恵藤文二、同榎原経臣、また現在研究に従事していただいている相馬英明、木場崇一、奥野嘉雄の諸氏に謝意を表します。

## 文 献

- 1) J. H. STRASSBURGER, E. J. OSTROWSKI & J. R. DIETZ: AIME Blast Furnace, Coke Oven and Raw Material Conference, (1962) April.
- 2) J. D. DOHERTY & J. GRIFFEN: For Presentation Before the Spring 1964 Meeting of Iron-making Conference, AIME

- 3) J. R. DIETZ: J. Metals, (1963) July, p. 499
- 4) American Metal Market, (1962) 9 Oct.
- 5) E. M. SUMMERS et al.: Iron & Steel, (1963) 22 May, p. 278
- 6) Steel, (1962) 9 April.
- 7) W.C.R. PENTRY & J. GATLOW: "Blast Furnace Fuel Oil Injection Practice and Results at Ebbw Vale" ルクセンブルク会議資料, (1962) Oct.
- 8) R. C. WORSTER et al.: Inst. Mech. Eng. Proc., **32** (1955) 169, p. 563
- 9) A. E. СМОЛДЫРЕВ: "Трубопородный Трансл-орт" (1961)
- 10) 寺田: 選炭, **13** (1963) 66, p. 246

659.14-412: 621.746.558: 620.183/184: 662.944  
スクレーブ法による鋼塊の凝固に関する実験\*

鹿野昭一\*\*・中川義隆\*\*\*・福本 勝\*\*\*\*

萩原 巖\*\*\*\*\*・高橋忠義\*\*\*\*\*

## Experiments on the Solidification of Steel Ingots by Scrape Method.

Shoichi SHIKANO, Yoshitaka NAKAGAWA, Masaru FUKUMOTO,

Iwao HAGIWARA and Tadayoshi TAKAHASHI

## Synopsis:

Many investigations have been made to get sound ingots by means of modifying the solidification process. Scrape method is one of them. This method was developed from the experiments worked on Al-4%Cu alloy ingots. It is to make molten metal solidify by stirring with a rod after pouring. This is, however, not simple hydrodynamic stirring. The surface of the zone of partial solidification is scraped with the rod, and this zone is destroyed.

Hence, the successive progress of this zone from the scraped region is stopped and the whole bulk liquid is brought into a creamy state. The ingots obtained are segregationless and remarkably fine-grained. The causes of these phenomena are considered to be the self-nucleation of crystals and the effect of turbulent flow by scraping.

We attempted to apply this method to two steel ingots; 800kg ingot poured into metal mold and 1600kg ingot poured into sand mold.

The results obtained are as follows;

- (1) Scrape method could be applied to 800kg steel ingot successfully.
- (2) Macro-structure of this ingot became remarkably fine by the application of Scrape method. But, originally, segregation is slight in this size of steel ingot poured into metal mold and because of inadequate experimental condition it was impossible to check the effect of Scrape method on V and  $\Lambda$  ghost.

(3) The results of the experiment on 1,600kg cast steel ingot in order to check the effect of this method on V and  $\Lambda$  ghost show that the branched columnar zone, so-called the hot-bed of  $\Lambda$  ghost was destroyed by scraping, thereby developing no  $\Lambda$  ghost and the exterior of ingot was clean. In addition, the growth of V ghost was prevented.

(Received 19 May 1965)

\* 昭和40年4月本会講演大会にて発表 昭和40年5月19日受付

\*\* 株式会社日本製鋼所室蘭製作所

\*\*\* 株式会社日本製鋼所室蘭製作所研究所 理博

\*\*\*\* 株式会社日本製鋼所室蘭製作所研究所

\*\*\*\*\* 北海道大学工学部 工博