

## 平炉の空気力学的構成(VII)\*

(噴流の機能)

橋 本 英 文\*\*

AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (VII)  
(FUNCTIONS OF THE BURNER JET)

Hidefumi A. Hasimoto

## Synopsis:

The burner jet is an important constituent of the open-hearth furnace. It has to induce a favourable flow, in harmony with the uptake flow and the space of the furnace, and to compose the rational mechanism of combustion.

Model studies on the arrangement and the functions of the burner jet explained followings:

- (1) The inserting length of the burner is appropriate to be a quarter of the chamber width.
- (2) The setting height of the burner is 30% of the chamber width and its inclination is 12°.
- (3) The burner direction affects largely and sensitively the combustion and the wear of the furnace.
- (4) The combustion is controlled by changing the quantity of the atomizing agent or uptake air.
- (5) The intensities and the directions of the twin burner jets have large effect on the furnace flow, the flame lengths of the twin jets are shortened by increasing the jet fluxes and slight convergence of the burner directions.

## I. 緒 言

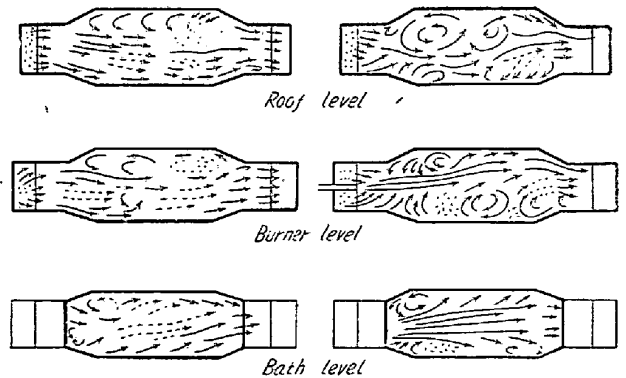
平炉の構成は燃料噴流の作用を抜きにしては論ぜられない。すなわち炉内の流れは単に炉の形のみによつて決まるものではなく噴流の配置・強さのいかんによつて全く様相を異にするものであり、気流と噴流と炉空間とが相い作用し合つて始めて流れが決まり燃焼の機構が形成される。この報文の主題を平炉の空気力学的構成(Constitution)として構造(Construction)としない所以は問題がその図形的な構造のみにあるのではなくこれら構成要素(Constituents)の空気力学的なとり合わせの在り方(Constitution)いかにあるからである。

噴流のある場合とない場合の差異を Fig. 1 に示す。これは第6模型で傾斜端壁をもつ型(MF-6A)での例である。この炉の気道流の強い偏りは噴流のない場合とくに明らかであるがこれは噴流の導入によつて裏側B渦の発達と炉腔後半におけるガス流の裏寄りな典型的な形にしている。

本報は模型実験によつて噴流の位置・方向・強さ等を検討したものである。

## II. 噴流の配置

## 1. バーナ深さ(i)



(a) Without burner jet. (b) With burner jet.  
Fig. 1. Effect of burner jet, (MF-6A).

バーナをどの程度深く炉内に入れるかはバーナ取付高さ・角度にもより、燃焼を早く行わせることと共にバンクの熔損防止をも考慮しなければならない。隅無裏壁の第4模型(MF-4A)の気道長さ50mmの場合でこの検討を行った。

挿入深さの長短両極端における流れを Fig. 2 に示す。

これ等は極端な場合であるが、バーナが浅いとき噴流

\* 昭和31年4月、日本鉄鋼協会講演大会発表

\*\* 住友金属工業株式会社小倉製鉄所

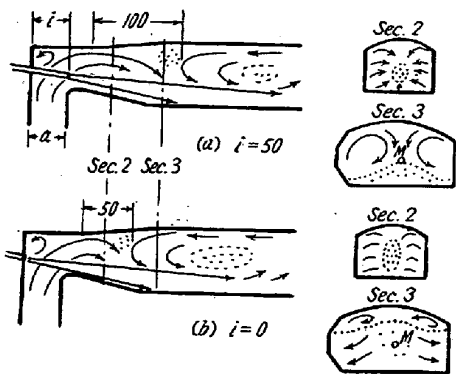


Fig. 2. Effect of inserting length of the burner,  $a=50$  mm, (MF-4A).

が上に伸びて混合状態が異常になつている。バーナが深いとき混合は正常であるが混合の位置はほとんどバーナ挿入深さだけ下流に退く(同様のことはベンチュリ型のガスポートについて報告されている), したがつてこの適当な点が求められねばならない。Fig. 3 はバーナ取付高さ 40 mm のときの肩元断面浴心 35 mm 高さの M 点における混合度がバーナ深さによつてどう変化するかを示している。

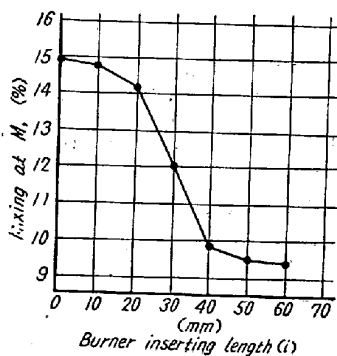


Fig. 3. Change of mixing by burner insertion. (MF-4A).

これらの結果より見るにバーナ挿入長が 40 mm を下るとき噴流は急に天井の方に伸びることがうかがわれ挿入長は 40 mm 程度を要しこの限界は 35 mm, 標準としては 38 mm すなわち炉巾 (150 mm) の 1/4 をとる。  $i=B'/4$  である。

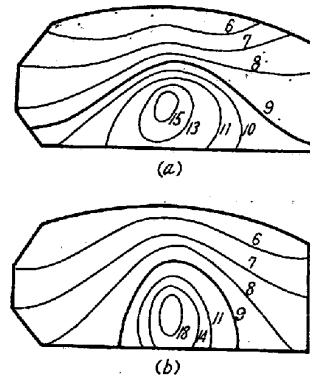
しかしながらこれは挿入深さ ( $i$ ) で考えるよりも肩元部からの距離 ( $d$ ) で考えるのが本當であり,  $d=C-i$  より  $d=0.75 B'$ ..... (1) が得られる。

バーナ深さはまた炉腔入口における B 渦対の発生にも大きい影響を与えるが上記の標準によれば適正な配置が得られ, このときの関係は噴流の拡り角度を  $15^\circ$  と考えたときこの両側端が肩元部で炉巾を 5 等分する形をな

している。

2. 取付高さ (J)

第 4 模型 (MF-4A) について今までの報告に掲げられた流型・混合 (cf. Ⅳ-Fig. 4, Ⅴ-Fig. 6, etc) は全てバーナ取付高さ 40 mm 傾き  $11^\circ$  の場合であつたが, これを 56 mm とした場合バーナ傾きをそのままとすれば肩元の混合は Fig. 4 (a) のごとく噴流が高くなり火焰は天井に近付く, よつて傾きを  $14^\circ$  とすれば同 (b) のごとく噴流には下るがその混合の形はやはり好ましいものではない。



(a)  $\beta=11^\circ$  (b)  $\beta=14^\circ$

Fig. 4. Mixing contours in shoulder base,  $J=56$  mm, (MF-4A).

これをなおバーナの傾きによつて矯正できないかを M 点の混合度で探つたのが Fig. 5 である。バーナ傾きを始め  $10^\circ$  から大にすればそれに伴つて焰は下に下り混合度は  $16^\circ$  で  $10.3\%$  という最低値を示すがさらにこれより傾きを大にすればふたたび濃度が上る。

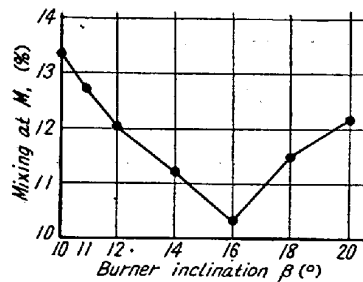


Fig. 5. Change of mixing by burner inclination, (MF-4A)

これは一応 M 点が噴流中心から遠ざかり一度噴流の周りの空気層に入るがさらに傾きが大になるときは強いバーナゼットが浴面に当り未燃焼の混合気の渦が発達するためである。したがつてこのようにバーナを高く取付けることは好ましくなくバーナ高さは原型の 40 mm からそう多く高くすることはできず, 高くても 45 mm 程度

で傾き  $12^\circ$  位と見るべきである。このときの混合状況は Fig. 6 に示すごとく相当に良い状態である。すなわち火焰帯が比較的到低く浴面を覆い噴流下面での燃焼もよく行われている。そこで高さは 45 mm を撰ぶ、これは炉巾の 30% に当る。

$$J=0.3 B' \dots\dots\dots(2)$$

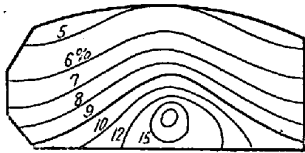


Fig. 6. Mixing contours in the shoulder base,  $J=45\text{ mm}$ ,  $\beta=12^\circ$ , (MF-4A).

3. バーナ方向

1) 傾き ( $\beta$ )

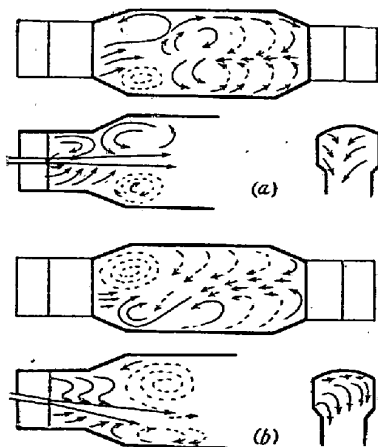
バーナの傾きは Fig. 5 に示したごとく燃焼に大きく影響するので設計・操業の上で充分留意すべきことである。これは噴流の高さ・強さの如何によつて最適のところが求められるべきであるが、上記の高さ 45 mm・傾き  $12^\circ$  はこの場合の基準となる。傾きが大きいときは前・裏壁を上る流れが強くなりこの部分の損傷を増し燃焼ガス流が方向性を失い不安定となる。

バーナ傾きは空炉焼付時・装入時・熔解精錬の状況に応じて変えられるべきことは勿論である。

2) 向 き

バーナの左右の向きによつて炉腔入口の渦の配置を調整することができる。Fig. 7 は第 6 模型 (MF-6) における B 渦の配置を検討したもので原型 (a) では裏側のみ発達しているのをバーナを  $5^\circ$  前側を向けることによつて逆にしたものである。

この場合炉腔下流の排出流れは原型では裏側が強かつたものが逆になり前側が強くなっている。この傾向は流



(a) Normal (b)  $5^\circ$  borward

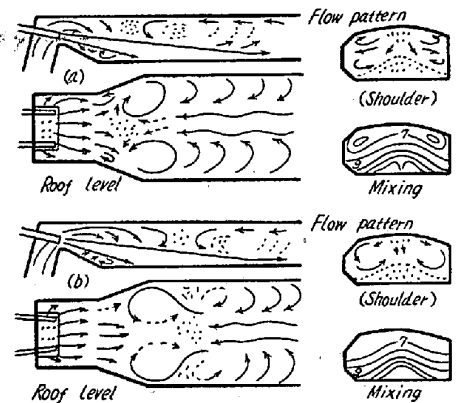
Fig. 7. Effect of burner direction, (MF-6).

れが均衡を保っている炉ではとくに鋭敏に現われバーナの向の少しの偏りで排気流は裏壁治いが強くなつたり前が強くなつたりし<sup>2)</sup>これに伴つて損傷箇所が変わる。したがつてバーナの向きは充分注意さるべきことである。

4. バーナ筒数

燃焼率が同一でバーナを複数にするときは、普通には噴流の強さが弱くなるので焰の長さを単バーナのと同一にするためには噴口径を小にするか霧化気体の量を増し<sup>3)</sup>てこれを強める要がある。

第 6 模型の炉端巾を四等分する二点に各一本宛のバーナを付した模型 (MF-6G) によつて複噴流の実験を行った。両噴流の強さの均衡とバーナ向きは炉腔内の流れに大きく影響する。



(a) Parallel (b) Intersecting angle:  $3.5^\circ$

Fig. 8. Flow in a model with twin burners, (MF-6G).

Fig. 8 (a) は両バーナが平行の場合であるが、炉腔入口天井部の渦対の方向が普通 (cf. V-Fig. 7, etc) と全く逆であり、その下方の浴面の渦対は正常で上下で渦の方向が異なる。この影響は混合状態の異常ともなつて現れ天井の両隅部で高値を示し伝熱・熔損の面で好ましくない。これを防止するには (b) に示すごとく両バーナを内向にし (交角  $3.5^\circ$ ) あだかも一つの噴流のごとくすればよい。

III. 噴 流 の 強 さ

噴流の強さによつて混合機構の形成状態が変わる。氣道面積によつて混合状態が変わることも氣流と噴流との強さの比率が変わることに起因するものと解釈される。

これらの点につき検討するため中央氣道型の第 6 模型 (MF-6E) において氣流と噴流との流量の比を変えて混合を測つた。氣道およびバーナの寸法は一定にして氣流量 ( $Q_A$ ) と噴流量 ( $Q_B$ ) とが変えられた、実験は M' 点について、(i) 氣流量を一定 ( $500\text{ l/min}$ ) にして噴流量

を変えた (50~70l/mn) 場合 (●印) と, (□) 噴流量を一定 (50l/mn) にして気流量を変えた (350~500l/mn) 場合 (○印) につき行い, 炉腔平行部の長さを四等分する最初の位置 (この断面の浴心上 35mm 高さの点が M' である) の断面全体について気流量 400l/mn・噴流量 50l/mn の場合の混合状態を測定した. 結果は Fig. 9 に示すごとくである.

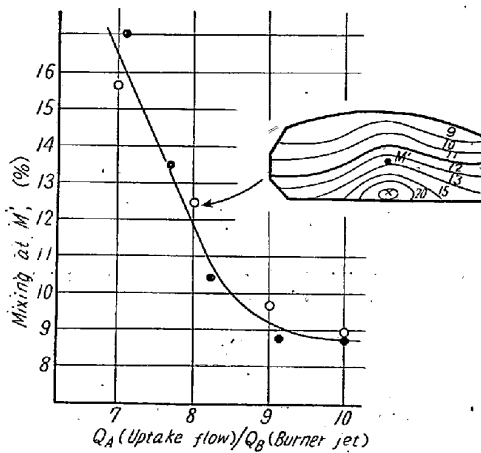


Fig. 9. Effect of  $Q_A/Q_B$  (uptake flow/burner jet), (MF-6E).

The point M' is 35mm over the center of in the No. 3 section. (cf. V-Fig. 4)

これより次のごときことが知れる.

- (1) 流量比を変えるときは混合形が変わる.
- (2) 絶対量が違ってても流量比が同じであれば混合形は同様である.
- (3) 噴流を強くすれば混合が促進される.

したがって噴流強さを加減する (実際は噴流中の霧化用の空気や蒸気の量を増減すればよい) ことによつて焰が調節される.

#### IV. 装 入 物

噴流の作用に関してなお触れておかねばならないことは炉内装入物の有無に関することである. これまでに検討の対象としてきたのは装入物が熔解して浴面が形成された状態であるが, 真にこの状態におかれるのは精錬期のみであつて炉の稼働時間から言えば割合としては短い期間である. しかしながら装入始から熔解終までの装入物の形態は刻々に変わり, バーナ傾きは状況に応じて  $0^\circ$  ~  $12^\circ$  位までの間に調整され一定の操作条件を決めてこの間の実験を行うことはむしろ無意味である. しかも熔解が相当に進めば流れの形は浴面を形成した場合と原則的には変わりなく, 燃焼・伝熱・損傷の最も切実な問題となるのは浴温度の高くなつたこの時期である. したがつて

比較・検討の対象となる代表的状態としてはこの時期を選ぶのが適當である. 装入物の山のある場合の他に特殊な状況におかれるのは実炉での炉床焼付時である, これらの時期についての観念を得ておくことは必要である.

##### (1) 空炉時

空炉時には渦が充分に発達して混合は促進され火焰は一般に短くなる. 火陥を長くするときには霧化用空気・蒸気を減ずればよい, これは霧化を遅らせるということではなく噴流の強さを減ずるところに意味があるものである. (cf. VIII-Fig. 5).

##### (2) 熔 解 時

スクラップの山があるときにはバーナの方向もこれに応じて変える. バーナを水平程度にすると流れは局部的には複雑な渦等を生ずるが全体的には割に単純な一様な層状の流れを作り混合形も層状を示す. Fig. 10 は第 6 模型 (MF-6) での混合であり, 前壁沿いに逃げる空気流はこの炉の本来の癖である. 全体としての混合は進んでいるようであるが燃焼容積が小さいのと低温の時期であるため見掛けより遅れる.

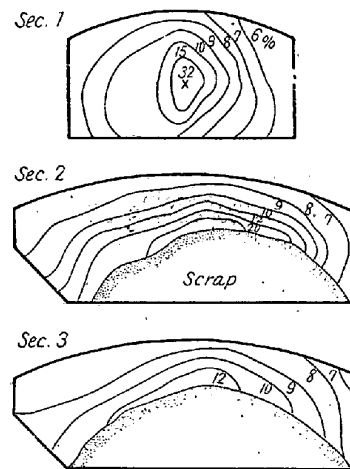


Fig. 10. Effect of piled scrap, (MF-6).

#### V. 結 言

燃料噴流は炉構成の重要因子であり, 空気流と噴流と炉空間とがうまく調和して始めて合理的な流れが決りよい燃焼機構が形成される. しかもこの基因は噴流にあると言つて良い.

噴流の配置・強さ等についての模型実験は次のことを明らかにした.

- (1) バーナ挿入深さは炉巾の 25% がよい.
- (2) バーナ取付高さは炉巾の 30%, 傾きは  $12^\circ$  がよい.
- (3) バーナの向きは燃焼および損傷防止上重要で鋭敏

に影響する。

(4) 噴流霧化用気体の量あるいは気道送気量を調節することによつて燃焼を調整することができる。

(5) 複バーナのときは噴流の強さを増した両バーナを内向に配置して焰の長さを単バーナと同様になしうるが、両噴流の強さの均衡・方向の如何は流型に大きく影響する。(昭和 32 年 2 月寄稿)

文 献

- 1) R. D. Collins, and J. D. Tyler: J.I.S.I., 1950, vol. 166, p. 242
- 2) J. A. Leys, and E. T. Leigh: J.I.S.I., 1952, vol. 170, Aug., p. 340
- 3) Iron and Coal trades review: 1956, vol. 173, Aug., p. 385

## 造塊作業の研究(V)

(熔鋼の空気による酸化が鋼中非金属介在物におよぼす影響  
No. 2 熔鋼中の各種元素の酸化ならびに鑄込条件の影響)\*

前川 静 弥\*\*中 川 義 隆\*\*\*

### STUDY ON INGOT-MAKING PRACTICE (V)

(Effect of Oxidation of Molten Steel by Air on the Non-metallic Inclusion in Steel. No. 2: Oxidation of Various Elements in Molten Steel and Effect of Casting Conditions on Oxidation)

*Shizuya Maekawa and Yoshitaka Nakagawa*

#### Synopsis:

The non-metallic inclusion in steel is greatly influenced with oxidation of molten steel by air during pit-practice. The authors studied on oxidation of various elements in molten steel during pouring and effect of casting conditions on oxidation.

The results obtained were as follows:

1. Silicon, manganese, aluminium and chrome were oxidized in proportion to content of these elements before pouring.
2. Increased  $\text{SiO}_2$  and  $\text{MnO}$  in steel during pouring were about 3~6% and 7~15% of total amount of oxidized silicon and manganese respectively.
3. Increased  $\text{Al}_2\text{O}_3$  was about 25% of total amount of oxidized aluminium and it was correspond with about 50% of total  $\text{Al}_2\text{O}_3$  in steel after pouring.
4. Oxidation of chrome was not oxidized strongly in comparison with the other elements, but increased  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  during pouring was correspond with about 50~100% of total  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  in steel after pouring.
5. The molten steel of slow casting velocity was more oxidized heavily than the case of fast casting velocity.

The oxidation of molten steel by air during pouring was influenced with the condition of its stream.

#### I. 結 言

造塊造程において溶鋼は空気と接触して酸化を受け鋼中酸化物を増加することは、2, 3 の人々によつて指摘されている。すなわち Dickenson<sup>1)</sup> は鋼中の珪酸塩系酸化物の分析結果にもとづきその一原因として鑄込中熔鋼の空気による酸化をあげている。Hare & Solre<sup>2)</sup> は鋼塊中

の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が熔鋼中の酸素に起因する以上に生じておりこれは明らかに鑄込中の Al の酸化に起因するもので介

\* 昭和 31 年春季および秋季講演大会にて発表せるものに 2, 3 の補足実験の結果を追加し整理したものである。

\*\* K. K. 日本製鋼所室蘭製作所研究部 理博  
\*\*\* 同 研究部