

文 献

- 1) G. Tamman, Q. A. Mansri: Z. F. Anorg. Chem. 126, (1923), 119
- 2) P. W. Clark, J. H. Cannon, J. White: Trans. Brit. Cera. Soc., 52, (1953), 1
- 3) 岡村, 増田: 金属粉末における焼結現象,

(1950), 6

- 4) G. C. Kuczynski: Trans. AIME, 185(1949) 169
- 5) G. Bockstiegel, G. Masing, G. Zapf: Applied Scientific Research, A4, (1954), 284

平炉の空気力学的構成 (V)*

(気 道 の 機 能)

橋 本 英 文**

AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (V)

(Functions of the Air-Uptake)

Hidefumi A. Hasimoto

Synopsis:

The air-uptake not only connects the lower furnace with the upper furnace but also determines, in concert with the furnace head, the combustion in the furnace chamber by composing the type of air flow for the burner jet. The furnace head must be arranged from this point of view.

The uptake flow is apt to be stronger in the pit-side than in the charging-side. Generally, the double air-uptake causes the unbalanced air flow and the deformed mixing situations. The single air-uptake is preferable for oil-fired open-hearth furnaces as it promotes air mixing under the burner jet.

Model studies on the dimensions of the air-uptake in a single air-uptake design explained followings:

- (1) The uptake width shall be 50~60% of the chamber width, and it is securer to adopt 50%.
- (2) The uptake length shall be one-third of the chamber width.
- (3) The uptake width of the central uptake design shall be four-sevenths of the head width, while they are equal in the spread uptake design.

I. 緒 言

鋼滓室から炉頭に通ずる燃焼用の空気あるいは排気の通路となる部分を一口に気道と呼ぶ。平炉には一つの気道を持つ単気道型と二つを持つ複気道型とがあり、後者の場合は炉頭の前裏両隅に分散して配置されているが、前者の場合これを炉頭の全巾に拡げたもの(拡り気道型)と中央においたもの(中央気道型)とがある。気道は単に通路であるのではなくこの配置・広狭等が炉頭の在り方をきめ両者の構成のいかに燃焼の機構・炉腔内の流れに大きく影響する。すなわち噴流に対する空気の流れの型はほとんど気道によつて決り他はこれを仕上げるも

のといえる。

この報文は気道の構成がいかにあるべきかを検討し、主として単気道型に対する構成の基準を考究したものである。

II. 配 置

1. 単 複

気道上昇流の型は炉頭~炉腔における燃焼機構を左右する。鋼滓室から気道に昇る気流は普通は裏側が強く、

* 昭和 31 年 4 月, 日本鉄鋼協会講演大会にて発表

** 住友金属工業, 小倉製鉄所

とくに複気道型では前後の流れが不均衡になり易いが、Fig. 1~2 はそのはなはだしくない場合の例である。

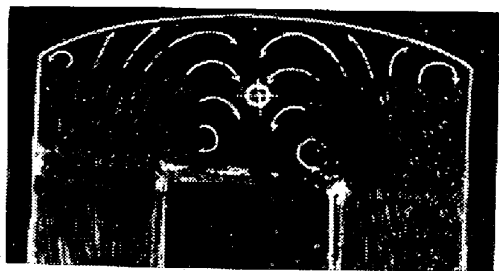


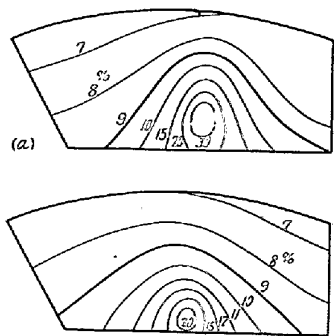
Fig. 1. Uptake flow in a double air-uptake model, (MF-2A).



(a) Spread type (MF-4) (b) Central type (MF-6E)
Fig. 2. Uptake flows in single air-uptake models.

この Fig. 1 は複気道メルト炉 (MF-2A), Fig. 2(a) は単気道炉 (MF-4) における気道流で、前者では空気流が炉頭で門型の流れを作ってもつばら噴流の上面からこれに突入する形であり、後者ではやはり上方からが主ではあるが一部は噴流の下方からこれに混入する形をなし、複気道型に欠けている下面混合が導入されている。

また、Fig. 3 は同一原型による複気道型 (MF-2A) および単気道型 (MF-2B) の肩元断面における混合の差異を示す。このメルト型は前後気道流の強さが比較的にバランスしているが、(a) にみるごとく低混合の空気が後上面に偏つて通り中央で高濃度の線が上に伸びている。(b) では天井下全面に薄い混合の層があるが 9% 線は前者同様に浴面に跨りその高さは低くまた中心濃度



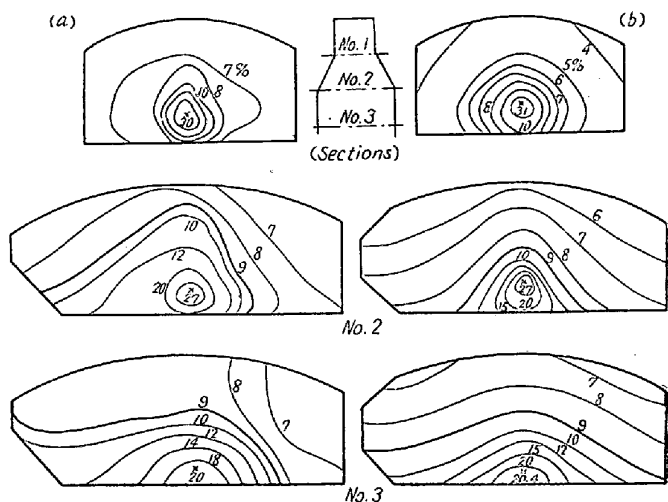
(a) Double uptake design (MF-2A)
(b) Single uptake design (MF-2B)

Fig. 3. Mixing contours at the shoulder base.

も低いので、総合的に (a) より (b) が優っている。

2. 集 散

さきの Fig. 2 (a) の拡り気道型に対して (b) の中央気道型では炉頭で L J 型の渦対を形成している。これは Fig. 1 の複気道型の渦対 (JL 型) とは丁度逆で拡り単気道型よりさらに噴流の下面からの混合を助長する。Chesters は D 渦を抑える目的でこのような型を展開しようとした¹⁾。



(a) Spread type (MF-6) (b) Central type (MF-6E)

Fig. 4. Mixing contours in the single uptake models.

第 6 模型における改造実験結果を Fig. 4~7 に示す、(a) は原型 (MF-6)、(b) は中央気道型 (MF-6E) における混合あるいは流型である。前者では炉頭巾が広すぎ、後者では隅無裏壁を採用している点も勿論両者の差異に原因してはいようが、中央気道型では流れの偏りが完全に矯正され混合が改善されている。

III. 寸 法

メルト型においては上面混合を増強するために気道の面積を小にして気流速を増している。ベンチュリ型においては炉頭側壁の絞りが活かされればおなじ目的は達せられるわけであるが前後の流れをバランスさせずして流速を上げようとするのは頸部での捻回流をますます激化するのみで反つて炉腔内の流れを大きく偏らせる。

拡り気道型においては気道の面積を炉頭面積より小にすることは無意味であり、反対に減速の目的をもって殊更に大きくしても排気流は端部に偏り余分の空間に渦を生じ損傷因を作る。

1. 気道巾 (b₁)

気道巾は拡り気道型ではいうまでもなく炉頭巾 (b)

に等しい。Fig. 5 は隅無裏壁を採用した第6模型(MF-6B)で気道巾による流れの変化を観察したものである。

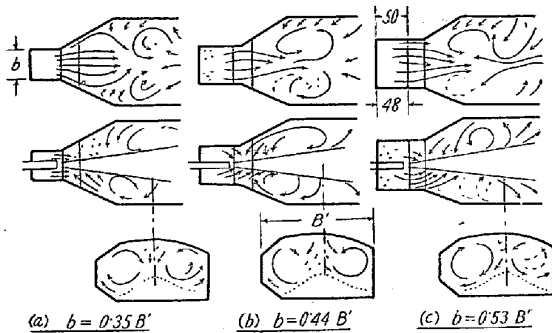


Fig. 5. Change of flow by the width of the air-uptake, (MF-6B).

この模型は肩角の検討 (cf. 第Ⅳ報 Fig. 7) に使用した (MF-6C) より炉頭長が 30mm 長いのであるがその他の点で条件をおなじくするそれぞれの (c) を比較すれば両者の流れはよく似ているが、 b'/B' が 53% の場合渦のバランスが壊れがちなことがみとめられる。これも気道流の偏りがなければもつと良好な状態を示すはずであり気道巾も、もつと広くとれる可能性も増してることが期待でき、実際上に気道巾は炉巾の 50~60% と考えられるが上の実験は気道流の偏りをカバーするためには気道巾は他の条件のよい場合でも 53% 程度で、普通に 50% におさえるが安全であることを示唆している。

$$b_1 = 0.5B' \dots\dots\dots (1)$$

2. 気道長さ (a)

気道の長さによつて流れおよび混合状態を選択することができる。気道長を大にするとときは炉腔天井の遡流点が上流に近付いてくる、したがつて肩元で測つた混合状態では未混合の空気層の減少がみとめられる。Fig. 6 は可変気道長の第4模型 (MF-4C) で気道長による混合の変化を検討したものである。(C) は肩元部浴心上 35mm 高さの点 (M) の混合度の変化 (○印) およびこの断面で検出された最高濃度の変化 (×印) を示す。

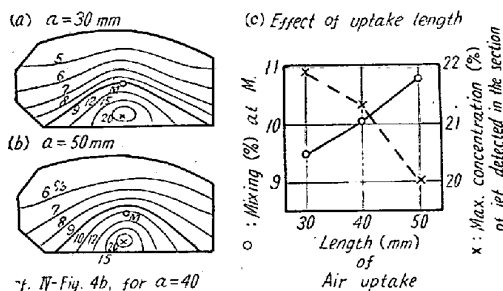


Fig. 6. Change of mixing by the length of the air-uptake, (MF-4C).

(cf. Ⅳ-Fig. 4 b, for $a=40$)

これによつて $a=50\text{mm}$ が混合として最もよいと判定され、これは炉巾 (150mm) の 1/3 に当る。

$$a = \frac{B'}{3} \dots\dots\dots (2)$$

3. 気道面積 (A)

拡り気道型においては気道巾は炉巾の 1/2, 気道長はおなじく 1/3 であるから、気道面積は炉床面積 (S) の 7.9%, $B \times L (=S')$ の約 7.3% となる。これは従来の複気道型と比較すれば、一般的にいつてメルツ型より大きくベンチュリ型よりは小さい値である。

気道が小さいときは排気流速が上ると対象面積が減少するため損傷度は大となる。これに対して一方に気道壁の冷却・炉材の選択が行われるが、他方この面積を広くとるためにつぎのことが考慮される。

- (a) 気道と炉頭の中を大きくする。
- (b) 炉頭部の巾はそのまま気道巾のみ広くする。
- (c) 気道巾はそのままにして気道長を大きくする。
- (d) 中央気道型にその可能性を求める。

(a) と (c) はこれまでの検討結果に照らして燃焼機構を多少なりとも犠牲にすることは明らかで、燃焼と損傷との相剋をどこでバランスさせるかは、実操業においてその操業方針と経済性等から決められなければならない問題であるが、(a) の気道巾は炉巾の 53% 程度に止めるべきであり (c) の場合は炉長を長くする他はなく、(b) では炉頭巾を炉巾の 44% 気道巾 67% をとして炉頭から炉端までを上げた場合も炉頭巾を 67% としたときと大差なく (cf. 第Ⅶ報 Fig. 3) 問題は (a) に帰結する、(d) の中央気道型についてはつぎに記す。

IV. 中央気道型

中央気道型で下面混合の盛んなことはガス焚炉の模型実験で知られていたが²⁾、この型での混合機構は他と少しく趣を異にしている。すなわち B 渦による混合に先立つて送気流自体の L J 渦による下面混合が行われるのである。この機構を展開することに気道面積拡大と燃焼促進の期待がかけられる。しかしながら気道の拡大は当然の結果として気流速を減じ L J 渦を弱化するのではおのずからこの限界はあるはずである。

1) 型 式

第6模型 (MF-6) はベンチュリ 炉を改築したシングル炉に象つたものであるが、この炉はその生立ちの関係で炉頭が長大でその流れ・混合はそれぞれ Fig. 7 (a) Fig. 4 (a) に示すごとく送気流に偏りがあり混合も不良であつた。この改善のため幾多の模型実験を行つたが

炉頭巾を原型のままに保つて到達した形が中央気道型 (MF-6E) である。この流型混合はそれぞれの (b) に示すごとくで、後者が格段とよくなっている。

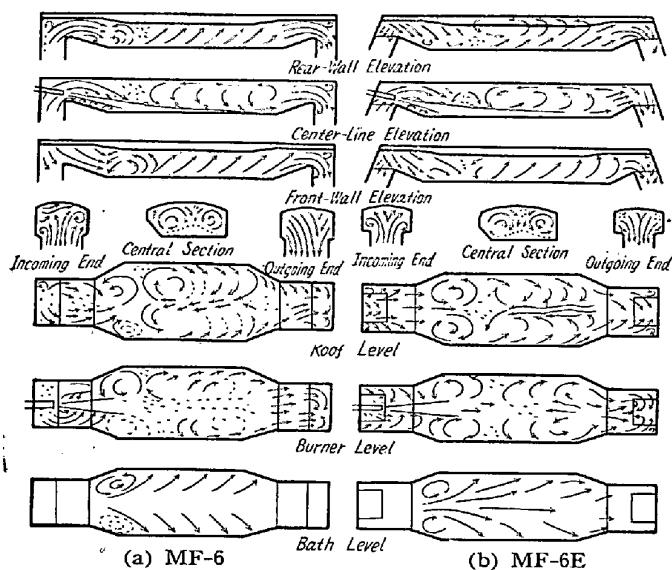


Fig. 7. Flow patterns in the models

E型では傾斜端壁・隅無裏壁は採用されているがこれらはE型以前のものではいずれも偏流防止には役立っていないかつた。しかし中央気道型としたとき気道巾が狭くなつた影響もあるが偏流は完全にのぞかれ流れはいずれの部分においても整然として混合は良好となつている。一定条件下のダスト付着状況を Fig. 8 に示す。

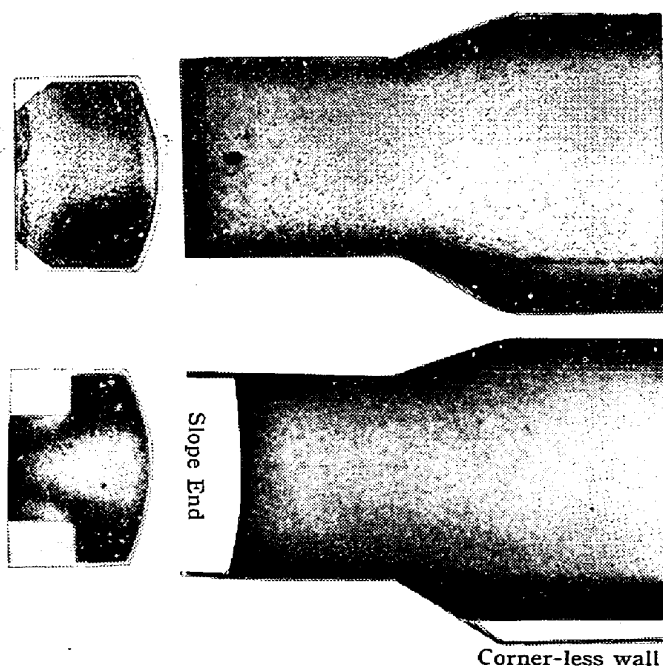


Fig. 8. Particle deposition in models (MF-6) and (MF-6E).

この写真では損傷の定量的比較はむずかしいが、原型

に比してE型ではダスト付着のはじまる位置が下流に退き量も少く、とくに裏壁抱際の付着が減少し、また端壁の付着が前裏で対称になつている。E型の端壁両隅部の濃い付着はこの隅部を排するように肉付けすれば軽減され、かつ損傷に対する補強にもなる。

2) 寸 法

E型では炉頭巾 (b_2) が炉巾 (B') の 67% で気道巾 (b_1) は炉頭巾の約 4/7 であるが、 b_1/b_2 の範囲を検討するに、(MF-6) では気道狭部をバンク面まで上げて (このとき $b_1/b_2=7/9$) も中央気道型の混合機構は充分には形成され難く、普通には b_1/b_2 は 1/3~3/5 であることを要し 4/7 はその基準と考えられる。

$$\frac{b_1}{b_2} = \frac{4}{7} \dots\dots\dots (3)$$

このとき気道巾は炉巾の約 38% であり、また気道長 (a_1) も a よりあまり大きくできない。これではこの改造の目的である気道巾の拡大には適わないので、 b_1/b_2 の比は一定にして b_1/B' がどこまで大きくできるかを検討した。Fig. 9 はE型で B' を炉頭巾に対して変えたときの流れ、Fig. 10 はその場合の肩元断面その他での混合の変化を示す。

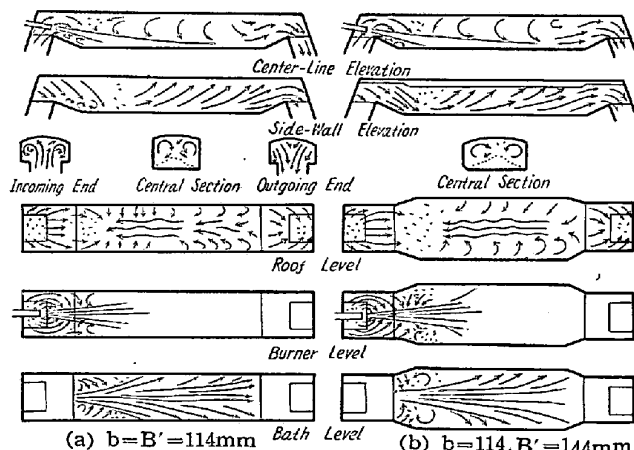
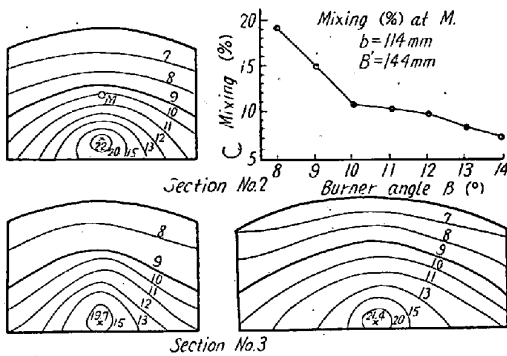


Fig. 9. Change of flow by head width, in central uptake model (MF-6E).

この場合も中央気道型の流れは充分に形成され、混合も中心濃度低く、9% 線の位置はやや高いが、この実験では高くなつている天井を少し低くするかバーナ角度を少し大きくすれば改善される。Fig. 3 (MF-2B) の様子からみても炉頭巾を炉巾に等しい程度にすることに大きい支障はないようである。しかし補助ゼット等に頼ることなしにLJ渦を炉腔入口で早く噴流の方に集結するには 12% の差を設けるが流れの上からよく、炉巾に対する気道巾の比の標準は 50% となり、気道の巾は振り気道型のそれと変りはない。

$$\left. \begin{array}{l} a_1 = B'/3 \\ b_1 = 0.5 B' \end{array} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ただし他の条件がよければ個々には炉巾と炉頭巾の比は 1, 気道巾の炉頭巾に対する比は 0.6 程度まですることが可能であり, $b_2/B' = 0.88$, $b_1/b_2 = 0.6$ とするとき $b_1/B' = 0.53$ となる。



(a) $b=B'=114\text{mm}$ (b) $b=114\text{mm}, B'=144\text{mm}$
Fig. 10. Change of mixing by head width, (MF-6E).

V. 結 言

気道は単に下炉と上炉とを連絡する通路であるのではなく燃料噴流に対する空気流の型を作り燃焼機構をほとんど決める。気道の配置・寸法等に関する模型実験はつぎのことを明らかにした。

(1) 単気道型とくに中央気道型では燃料噴流の下面からの混合が促進される。

(2) 気道の巾は炉巾の 50~60% が適正であり条件がよければ 53% でよいが 50% とするが確実である。

(3) 気道の長さは炉巾の 1/3 をよしとする。

(4) 炉頭巾に対する気道巾の比率は拡り気道のときは 1 であり中央気道のときは 4/7 を標準とする。

(昭和 32 年 1 月寄稿)

文 献

- 1) J. H. Chesters: Open Hearth Proceedings, 1951, vol. 34, p. 299
- 2) R. D. Collins, & J. D. Jyler: JISI., 1946, vol. 162, Aug., p. 464

平炉の空気力学的構成 (VI)*

(炉 頭 の 機 能)

橋 本 英 文**

AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (VI)

(Functions of the Furnace Head)

Hidefumi A. Hasimoto

Synopsis:

The furnace head is the portion between a furnace end and a throat, and its type gives the name of a design. It highly affects on the combustion in concert with the constitutions of the burner jet and air-uptakes.

Model studies on the furnace head revealed followings:

- (1) The furnace chamber preferably shall be divided into two spaces balanced each other in front and back by the center line of the furnace head.
- (2) The standard dimensions of the single air-uptake furnace are given by following formulae.

For the spread uptake type

Width : $b=B'/2$

Length : $l=B'/2$

Height : $G=6B'/14.5$

For the central uptake type

Width : $b_2=0.88 B'$

Length : $l_1=0.88 B'$

Height : $G=6B'/14.5$

* 昭和 31 年 4 月日本鉄鋼協会講演大会にて発表, ** 住友金属工業・小倉製鉄所