

平炉の空気力学的構成(IV)*

(炉腔の機能)

橋本 英文**

AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (IV)

(Functions of the Furnace Chamber)

Hidefumi A. Hasimoto

Synopsis:

The furnace chamber of the open-hearth furnace is the place where combustion and heat transfer is performed. The flow in that portion determines the performance of combustion and heat transfer. The burner jet induces vortices which enclose and squeeze the air flow into it.

In the entrance of the chamber, vortex A takes place between the jet and bath, vortices B occupy the spaces both the front and back sides of the jet, and vortex C comes of the return flow under the ceiling and occupies the space between the ceiling and the jet. The burner jet splashes on the bath and runs up the walls towards the roof, in this way vortices D come into being and they link with the vortex C by way of the return flow.

Model studies on the furnace chamber to get the rational chamber flow explained the following points:

- (1) The chamber spaces should be balanced in front and back of the burner line, therefore the distances of the walls from the burner line should be nearly equal.
- (2) The shoulder angle (θ) should be $40\sim 60^\circ$, and its standard is 53° .
- (3) The height of the main roof should be $37\sim 55\%$ of the chamber width. Its standard is 46% , and the smaller ratio will be applied to the larger furnace.
- (4) The length of the chamber is not greater than 3 chamber widths, the bath length is about 2.6 chamber widths and about 3 bath widths.

I. 緒 言

上に大天井をいたゞく部分すなわち二つの炉頸(肩壁の拡り始める所)の間を炉腔と称する。炉腔内の流れは燃料噴流および気道・炉頸のいかに大きく影響されるのであるが最終的には炉腔内の流れが燃焼の機構を作り伝熱・損傷を決定する。

バーナ焚平炉の炉腔における流れの形は本質的には炉型による差異はなく、Fig. 1 に示すごとくA・B・C・D

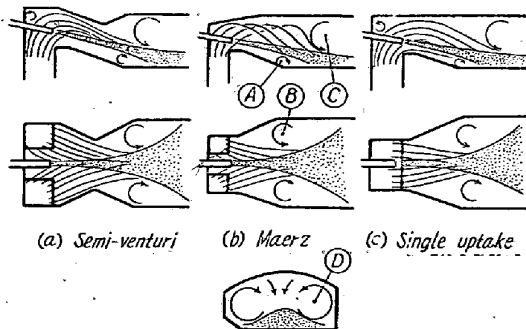


Fig. 1. Mechanism of the air-fuel mixing.

渦によつて空気流が燃料噴流に突入混合させられる形をとる。ただ流入気流に偏りがあるときあるいは炉腔空間に不均衡のあるときにこの混合機構が乱されいろいろ異常を起す。

これらの渦は主に噴流によつて導入されたものであるが、普通B渦は噴流の両側からC渦は上から新しい気流を噴流の方に包み込み、単気道の場合はA渦によつて包み込まれる気流も存在する。なおD渦はC渦に連なるものであり下流でも燃焼流を浴面に押え付ける。これらの流れは冷炉実験でも見られ、Fig. 2 にその例を示している。

炉腔の構成はこの混合機構を全からしめるためにその高さ・長さおよび前・裏の壁の位置・傾き・拡り等を適正ならしめることを主眼とする。

II. 炉 壁

* 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

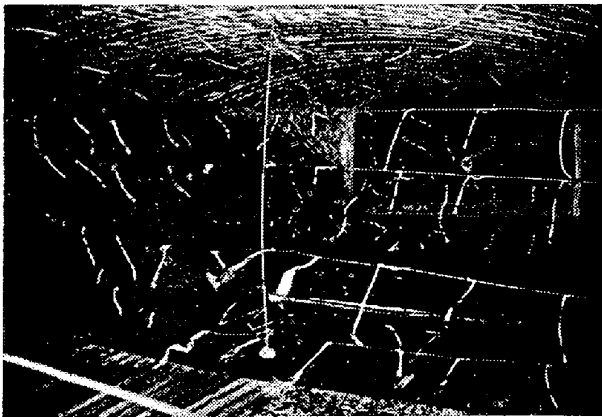


Fig. 2. Actual flow in a cold furnace, showing return flow and vortices.

1. 配置

炉腔には噴流を包むいくつかの渦が生ずるが、前裏の空間が対称に近くその軸がバーナ線とほとんど一致するときは噴流に対する炉腔の空間的均衡が得られ混合機構は整然としている。バーナ線から前・裏壁に至る距離 (w_1, w_2) の差異・壁の傾きのいかによつてこの均衡が破られ空間配置が偏ると混合機構が乱れ燃焼を悪くし異常の損傷を起す。この傾向は裏壁の張り出した今までのほとんどの平炉に認められることであり、扉口の空間がB渦発生に好都合に働くことは普通は期待し難い。一般に前・裏壁の位置はバーナ線に対して等距離におかれることが望ましい。

$$w_1 = w_2 \dots\dots\dots (1)$$

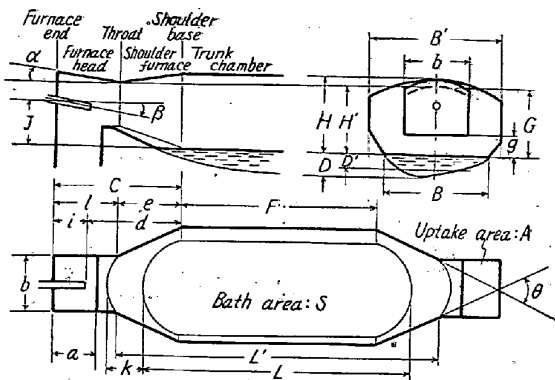


Fig. 3. Symbols for the dimensions of the upper furnace.

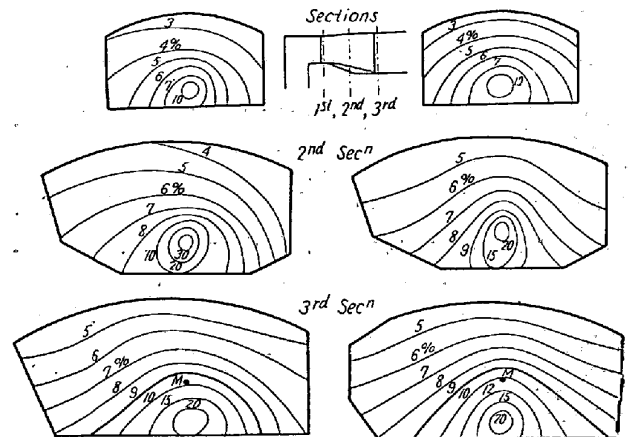
2. 炉巾

1) 傾斜

一般に前壁の傾斜はあつてもわずかであるが裏壁には相当に大きい傾斜が付けられている。この傾斜が天井と裏壁との作る隅部を狭隘にし、こゝに小さい渦が発生して酷い損傷を起す。この軽減には裏壁上部を鉛直にして隅部を除くが良いことは知られている¹⁾ ことである。

炉腔空間の均衡の点からいつても裏の出つ張りによる過剰の空間はB渦の生成を不均衡にし裏側のみを発達させ流入気流を前に偏らせ、この結果として排出側では燃焼流を裏側に向けていた。

第4模型において本来の型 (MF-4) と隅無裏壁 (炉巾は 150 mm となる) とした場合 (MF-4A) との混合の比較を Fig. 4 に示す。後者の方が混合の形が整いしたがつて燃焼の良好なことが明らかである。数字は噴流の混つた%を示している。



(a) Original, (MF-4) (b) Corner-less, (MF-4A)

Fig. 4. Improvement of mixing by the cornerless back wall.

裏壁下部の傾斜は炉床修理に必要であるがその上部は害あつて益のない空間を作るので鉛直あるいはむしろ内側に傾くようにすべきである。このことは前壁についても同様でありメルツペーレンス構造²⁾のごとくすることは燃焼改善および損傷防止の面から有効なことである。なお、このように炉腔容積を削減することによつて燃焼のための容積が減るかのごとく考えることは誤りで燃焼にあずかつていながつた遊んだ空間が排除されるに過ぎない。図のM点は肩元浴心上 35 mm の点を示す。

2) 浴巾

炉腔の最大巾を炉巾 (B') と称するときその内側にある浴巾 (B) は、炉床の形成および鋼滓線附近の修理のための傾斜を考慮して裏側では炉巾の 8% 前側では同じく 4% 内側にとればよい、したがつて浴巾は炉巾の 88% になる。

$$B = 0.88 B' \dots\dots\dots (2)$$

3) 肩

肩部 (shoulder) の長さ (e)・拡り角度 (θ) のいかに混合機構の形成および肩部損傷に影響し、普通この角度を大にするときは排気流による損傷が増し、小にするときは炉長の増大をきたす。したがつてこの部分の

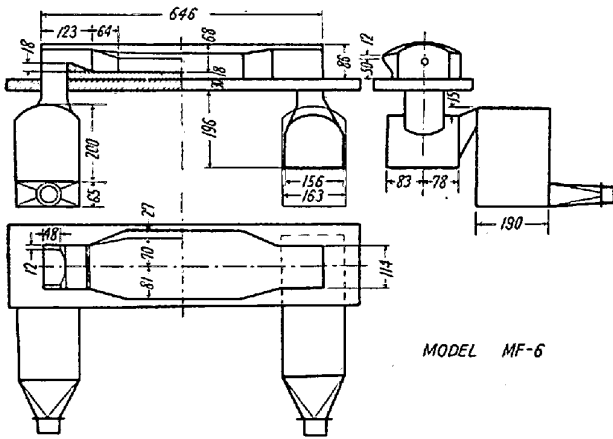


Fig. 5. Single air-uptake model (MF-6).

長さは混合機構の安定な範囲で短くとらるべきである。
 第6模型 (Fig. 5 & 6) で隅無裏壁としかつ炉頭長を30mm短く炉頭巾を90mmとした模型 (MF-6C) で適正な肩角 (θ) の検討を行つた結果を Fig. 7 に示す。

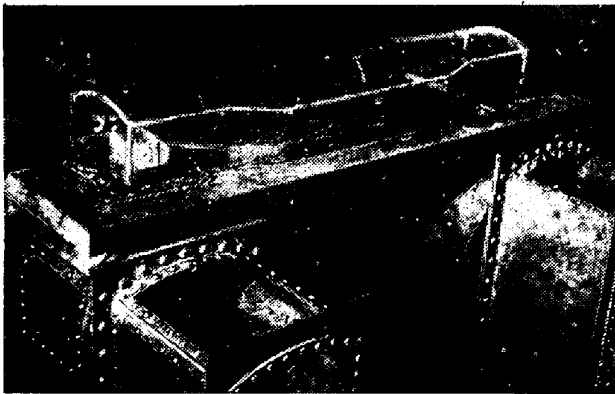


Fig. 6. Model (MF-6)

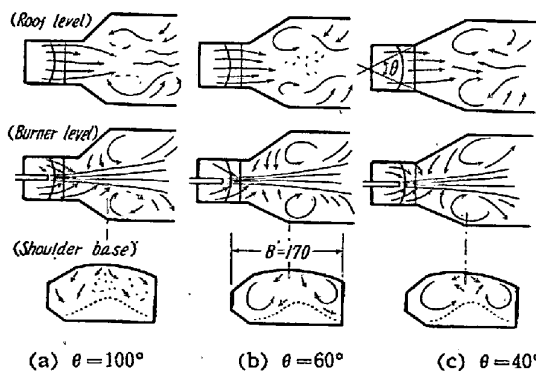


Fig. 7. Change of flow by shoulder angle, (MF-6C).

肩角 $\theta = 60 \sim 40^\circ$ においてB渦対は安定し均衡がえられ、最適のところは 53° 程度と判定された。

$$\theta = 53^\circ \dots\dots\dots (3)$$

なお $\theta = 40^\circ$ の場合につき炉胴 (trunk) の端に当る肩元 (Shoulder-base) 断面における混合状態を Fig. 8 に示す。

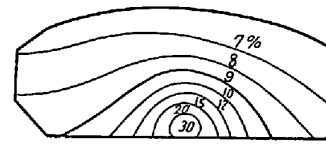


Fig. 8. Mixing contours at the shoulder-base, (MF-6C), $\theta = 40^\circ$.

この実験は肩元から炉端までの長さや炉頭巾とを一定にして適正なる肩角を求めたものであるが、選ばれた長さや巾はそれ自体としても妥当なものであつた。

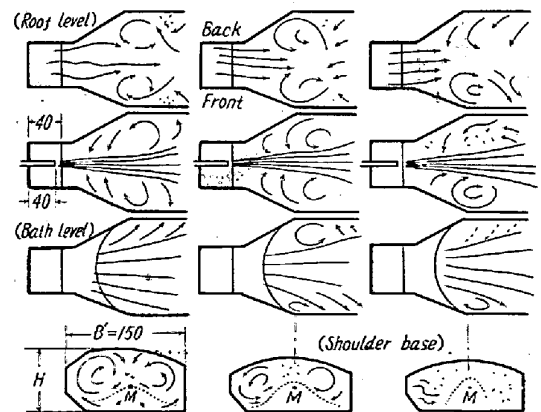
III. 天 井

天井高さ (H) を大きくすることは炉材の使用量と炉壁熱損失とを増加し損傷の点でもある程度以上高くしても効果は少く反つて不利になるが、逆にある範囲より低くすれば混合機構に支障を生ずる。すなわち高さが過小になるときはC渦が下流に退いて混合が遅れる。

適正な天井高さを求めるために、可変天井高さの模型 (MF-4B) を使用してその流型と混合との検討を行つた。

(1) 流 型

天井を低くして流れの変化を観察した結果は Fig. 9 に示すごとく、天井高さ 78mm と 58mm との間では20mm 低くなつた割に変化は少いが 58mm と 52mm の間で流れの様相が大きく変り、55mm を限度として混合の機構が壊れることが認められた。



(a) H=78mm (b) H=58mm (c) H=52mm
 Fig. 9. Change of flow by the roof height, (MF-4B).

(2) 混 合

流型の観察によつて天井高さは 55mm を最低限度とすることがわかつたのでこの型における混合を測定し、Fig. 10 に見るごとく高さ 78mm の原型 (Fig. 4b) に

比してもとくに問題のない混合状態がえられた。すなわち天井の低いときは天井沿いの低濃度の5%の層は前側のみに残存しているが完全混合の9%線は低く浴面を覆い中心の濃度も21%で原型のそれに等しい。

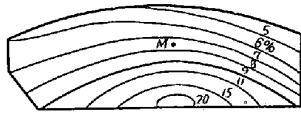


Fig. 10. Mixing contours at the shoulder-base, (MF-4B), H=55 mm.

原型より際立つて高い天井ということは普通には考えられないので天井高さの範囲は炉巾(150mm)の37~55%(55mm~82mm)とし46%が標準となる。

$$H = 0.46 B' \dots\dots\dots (4)$$

Hは天井迫の頂の値であるが天井高さを表わす代表値として $H' = 9H/10$ で示される値をとり平均炉高とすれば H' は $6B'/12 \sim 6B'/18$ となり上式はつきのごとく書き替えられる。

$$H' = \frac{6}{14.5} B' \dots\dots\dots (5)$$

これらの二式は中容量の炉における標準値を与えるものであり大容量の炉に対しては比率の低い所を適用する。

IV. 炉腔長

1) 炉腔長さ (L')

炉腔長さ(L')と炉巾 (B')・炉腔高さ (H') との関係は燃焼・伝熱等の観点を総合して決り、炉腔長さはつきのごとく決められる。

火焰は溶解室の60~80%まで達することが効果的といわれる³⁾。火焰長さ (f) を炉頸からバーナ先端までの距離に炉腔長の60%を加えたものとすれば、前者は実験によつて炉巾の1/4と決定されるので $f = 0.6L' + 0.25B'$ と表わされる。一方 Cude は良い火焰と燃焼状態を作るためには火焰長が炉腔径の3.5倍を超えてはならないことを明らかにしている⁴⁾。いま、焰の長さを炉腔径の3.5倍に等しいとおくと

$$f = 0.6L' + 0.25B' = 3.5 \left(\frac{2H'B'}{H'+B'} \right)$$

$$\therefore L' = \frac{5}{3} \left(\frac{7H'}{H'+B'} - \frac{1}{4} \right) B'$$

これに(5)式を入れると

$$L' = 3 B' \dots\dots\dots (6)$$

すなわち炉腔長は炉巾の3倍以下ということになる。

2) 浴長 (L)

浴の長さは炉腔長さの内側にある。炉床の形成の点よりこの二者の差は片側で $B'/5$ 程度とる要がある。したがつて浴の長さは次式で示される。

$$L = 2.6 B' = 2.96 B \dots\dots\dots (7)$$

因みに、浴の形について、浴の両端を円弧状にするものとすれば浴面積 (S) は近似的につきのごとく与えられる。

$$S = (L - B)B + \frac{\pi}{4} B^2 = 2.75 B^2 \dots\dots (8)$$

$$\text{また、} S' = LB = 2.96 B^2$$

しかして L/B は 2.96 である。

なお、浴端からのバンク傾斜部水平長さ (k)・浴面よりのバンク高さ (g) は操業法による差異も考慮しなければならないが両者の比率も高きに過ぎるときは排出流を小天井に向ける作用を強くするので好ましくなく、この標準は次式による。

$$g = \frac{10}{85} B', \quad k = \frac{24}{85} B' \dots\dots\dots (9)$$

V. 結 言

平炉の炉腔は燃焼と伝熱の行われるところであり燃焼や伝熱の良否は炉腔における流れによつて決まる。この流れは噴流および下炉・気道・炉頭のいかに支配されるところきわめて大であるが炉腔自体の構成が適正でなければ効果的な燃焼機構を形成することは望まれない。

炉腔に入る燃料と空気の流れは一般的に言えば強い燃料噴流の主として上面をゆるい空気流がおおっている形であるが、この噴流が炉腔においてそれ自身の周囲に渦を誘発し空気がその渦によつてこの渦と噴流との間にまき込まれ、噴流に突入してこれと混合する。この燃焼機構を全からしめるに炉腔がいかにあるべきかを検討しつき結論を得た。

(1) バーナ線に対する前裏の炉腔空間は均衡を保つことが必要で、隅無裏壁であつて前・裏壁が等距離にあることが望ましい。

(2) 肩壁の拡り角度は $40^\circ \sim 60^\circ$ がよく、 53° を標準とする。

(3) 天井高さは炉巾の37~55%がよく、46%を標準とし、大型炉には低目の比率を適用する。

(4) 炉腔長さは炉巾の3倍以下、浴長は炉巾の2.6倍浴巾の約3倍とする。(昭32年1月寄稿)

正誤 第43年第2号120頁本題第3報

右欄 11, 12 行 (誤) 鋼滓室 (正) 格子室

文 献

- 1) J. A. Leys, & E. T. Leigh: J.I.S.I., 1952, vol. 170, Apr., p. 341.
 2) F. Bartu, & E. Boelens: S. U. E., 1956, vol. 76, Feb., p. 152.
 3) W. O. Philbrook, & M. B. Bever: A.I.M.E., Basic open hearth steelmaking, 1951, p. 807.
 4) A. L. Cude: J.I.S.I., 1954, vol. 176, Mar., p. 271.

キユポラの排ガスの分析法について*

下村俊彦・**山本正登**

CUPOLA EXHAUST GAS ANALYSIS METHOD

Toshihiko Shimomura and Masato Yamamoto

Synopsis:

The authors analysed the exhaust gas from cupola for rationalization of cupola operation, and also for the purpose of getting a high-strength cast iron of constant composition which are desired. For such kind of gas analysis, hitherto, the chemical method, such as the Orsat or Hemple gas analysis equipment had wholly been adopted. But later the physical method to examine CO₂ quantity by measuring electric conductivity or specific gravity of CO₂ in exhaust gas has mostly been used. This physical method can be carried out automatically but it is subject to lack in exactness by the influence of other kind of gases than CO₂.

It was found that when the Orsat analysis equipment was used jointly with the CO₂ meter of electric-conductivity type for the calibration of its meter, the absolute value of CO₂ was not obtained unless they paid special attention to CO₂ absorbent and the absorption pipet for Orsat method. Especially in case of continuous measurement, other combustion analysis method must be adopted at the same time.

The authors made determination of not only CO₂, O₂ and CO but H₂ & CH₄ also, by the precise analysis equipment, and also closely analysed each of H₂S and SO₂ by another chemical method, for the purpose of getting the reference data for the performance test of CO₂ meter.

Regarding the above mentioned matters, all are carried out by way of test in the laboratory, but as a result of practical operation of an absorption semi-automatic CO₂ meter manufactured for trial which had been cleared away from any error of meter method and any trouble with Orsat method, it was found that this meter was simple both in construction and operation and with it one could measure speedily. Therefore the authors are using this meter at present.

I. 緒 言

cupola 操業の合理化にともない、また常に希望する成分の高力鑄鉄を得るという目的で cupola 排ガスの分析を行つて来た。従来この種のガス分析用としては「オールザット」ガス分析装置か、あるいは「ヘンベル」ガス分析装置のようないわゆる化学的な方法が専ら採用されて来たが、最近では排ガス中の CO₂ を対象にその電気伝導度、あるいは比重等を測定して求める物理的な計器も多く見受けられる。この種のものはそのほとんどが自動記録式乃至は自動式であり、したがって連続測定も可能ではあるが、反面 cupola 排ガスのごとくその組成の複雑なものに対しては各種の他ガスの影響を含み正確

度を欠くことは免れぬ事実である。

筆者らは電導度式 CO₂ meter に「オールザット」分析装置を併用して meter の指示値を補正すると共に、「オールザット」分析装置を使用して cupola 排ガスの定量を行う場合の二、三の事項について検討を行い、つぎのような結論を得た。

すなわち従来の maker 既製の「オールザット」装置を使用した場合 CO₂, O₂ 値については別に問題ないが CO 定量値に疑問な点が多くとくに連続測定の場合には吸収ピペットおよび吸収液について余程の注意を払わ

* 昭和31年3月16日本会中国四国支部講演会にて発表

** 三菱造船, 広島造船所