

平炉の空気力学的構成 (II)*

(典型炉型における流れの様相)

橋 本 英 文**

AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (II)

(FEATURES OF FLOW IN TYPICAL DESIGNS)

Hidefumi A. Hasimoto

Synopsis:

Flow patterns in semi-Venturi, Maerz and the single air-uptake design with the single oil burner were studied by means of water models.

Essential flow pattern in the furnace chamber seems to be same in any design. Almost whole central cross-section of chamber is covered with a pair of (JL-shaped) vortices flowing, as Halliday and Philip pointed out in gas-fired Maerz design, upwards along the back and front walls, inwards along the ceiling and downwards at the center of the furnace.

In the vertical section along the furnace center line, the flow forms a large recirculation, as Halliday and Philip showed in gas-fired semi-Venturi design. The lower part of this recirculation consists of the main furnace flow and the upper part a return flow under the ceiling.

The return flow runs against the new air flow under the incoming end of the ceiling and makes the air flow down toward the burner jet to promote mixing of fuel and air.

Differences of flow patterns among these designs exist in the mechanism of mixing at the incoming end. Double air-uptakes, producing JL-shaped air flow, promote mixing at the upper surface of the burner jet. The single air-uptake adds mixing under the burner jet.

The fact suggests the fitness of single air-uptake design to the oil fired open-hearth furnace.

I. 結 言

現在の重油焚平炉の様式を大別すると、単気道型 (single air-uptake design) と複気道型 (double air-uptake design) とになり、後者はまた絞り部 (knucle) を持った Semi-Venturi 型とそうでない Maerz 型とに分けられる。これを便宜上それぞれシングル型・ベンチュリ型・メルツ型と略称する。

これらの炉型の得失を知り、これを揚棄して最も合理的なもの (新形式にしる既存の型にしる) へと進むことは当然努められるべきことである。この目的をもつて、先ず模型実験を実炉と対比しつつ各炉型における流れの様相を調査し批判した。

模型は 50~70 t の実炉の内部空間を 1/25 の寸法に、透明な有機ガラスによつて作った。流体は燃料流空気流とも常温の水を用い、レイノルズ数は普通の実験では常に燃料噴流 12300、空気流 7400 (炉中央で) 程度に保つた。

II. ベンチュリ型炉内流れ

二つの実炉の模型 (Fig. 1, Fig. 2) が用いられた。一つ (MF-3) はドッグハウスなくまた下炉 (lower furnace) から気道に上る径路は無理のない形で鋼滓室天井中央に気道が付けられ、他の一つ (MF-5) はドッグハウス付で気道は鋼滓室天井の内側に偏つて付いている。

1. 概 観

この炉型に対し必ずしも本質的なものとは言えないがこの型の普通の下炉構造では、気道を昇る空気は後側が強くなり、これが炉頸 (throat) 部で一つの捻回流になつている。炉腔 (furnace chamber) 部では炉長方向に平行な一對の渦により流れは前後壁を上り天井中心に集り逆流しつつ浴面に向う流れが支配的である。炉尻では後壁沿いの流れが強い。

2. 各部の流れ

* 昭和 31 年 4 月 本会講演大会にて発表

** 住友金属工業、小倉製鉄所

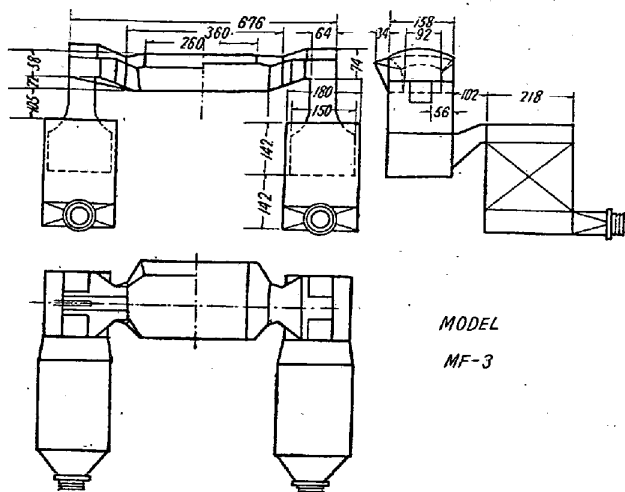


Fig. 1. Model (MF-3) of semi-Venturi design furnace.

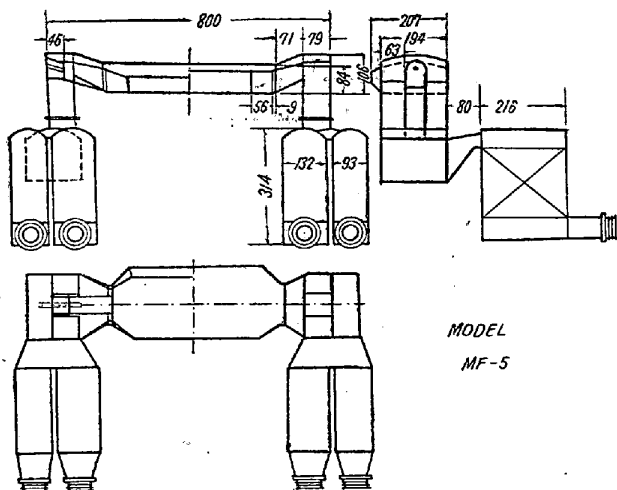


Fig. 2. Model (MF-5) of semi-Venturi design furnace with dog-house.

1) 流入部

後気道を昇つた強い流れは炉頭 (head) 天井・後側壁・突当壁に沿つて拡がるが、突当り壁に沿う所で前気道を昇つた弱い流れに当り前気道の上で一つの渦を作る (Fig. 3) 前気道からの流れは炉頭の天井に達することなく底部を前側壁に沿つて流れ、炉頸部では右巻 (後→上→前→下) の渦が燃料噴流に乗つた形をなし混入は主に前側上面から行われる。側壁の狭まりは偏流に対して整流作用は行っていない。頸部を出た所の両側壁の拡りは両側壁を逆流して噴流に向う渦を作り、この前後一対のうち一つがよく発達する。

2) 中央部

燃料噴流は拡散しながら浴面に沿つて前後に拡がり、浴面から前後壁を上り天井を逆流しつつ天井中心から浴面に下りる (JL型をなす) 前後一対の渦 (Fig. 9) に同

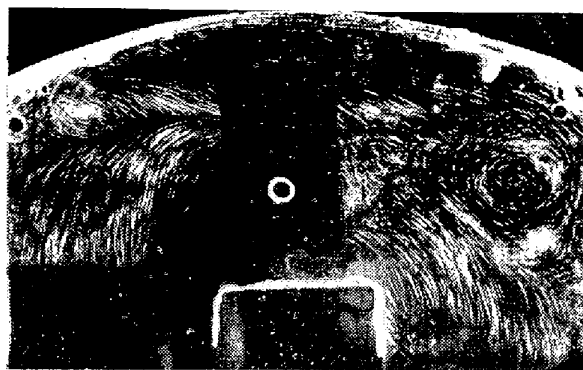


Fig. 3. Incoming flow observed through end wall.

型) が炉腔内を占めている。従つて炉の中心の縦断面で見れば流れは流入部から浴面を這い流出端の頸部付近より天井を逆流し流入端の頸部近くで流入気流に衝突して下に向い燃料噴流を押えかつこれに混合する一つの循環を形造る。

炉腔を占める渦の対は後側が強い。天井面では流入端頸部の近くの前側乃至は全面にわたり頸部検回流に続いた左旋回の回流がある。

3) 流出部

後壁沿いの流れが強く、流出端突当壁で前に廻る。気道に下りる流れは周期的に方向を変える不安定な渦を巻いて流出する。

3. 考察

前後気道からの上昇流がバランスされたとき燃料噴流の上面および両側面からの混合は頸部に近付くと共に加速されるものと考えられる。現状では頸部は流入時の整流・混合の動きは少なく流出時には壁沿いの速い流れに曝され酷い損傷部となる。この炉型は炉頭部が大きくかつ傷み易く決して望ましい型ではない。しかしながら発生炉ガス焚の場合には複気道という点で意味を持ち、更に自然通風の炉としてはある効果をもつていたものと考えられる。

上昇流の不均衡を均らす目的で前後の気道面積の比を 10:8 に改めりたが模型・実炉共に流れに大きい変化はなかつた。

ドッグハウスは炉端部の流れを局部的に変えるが大勢

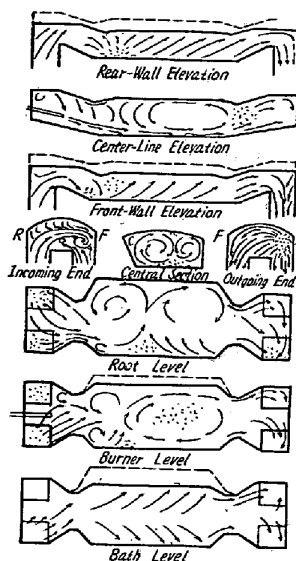


Fig. 4. Flow pattern in a semi-Venturi furnace model (MF-3).

図中 Root level とあるは Roof level の誤り

には影響しない。

III. メルツ型炉内の流れ

この炉の模型 (MF-2A) は、かつて使用した発生炉ガス焚の炉型によつて作つた。下炉はガス焚当時の二室を鋼滓室で流通させたもので炉長を伸ばしたため気道は旧燃料上昇道の方に寄つた形になつてゐる。

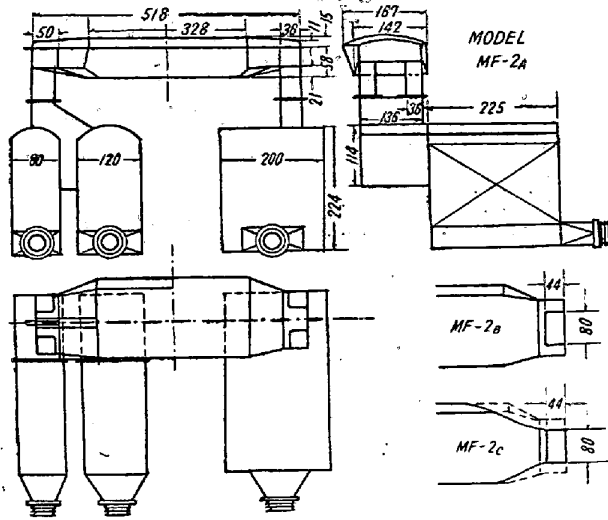


Fig. 5. Model (MF-2A) of Maerz design furnace, and (MF-2B, 2C) of the single air-uptake design furnaces.

1. 概 観

前後の気道を上る流れは偏りなく、これが炉頭部で門型の流れとなつて上面より燃料噴流に向う。これは一對の渦であり、噴流による炉腔内の JL 型の渦の対に続く。従つて炉腔内の流れは本質的にはベンチュリ型の場合に似通ひ炉型による差は少い。

2. 各部の流れ

1) 流入部

前後気道よりの流入気流は天井に沿つて諸方向に拡がり前後の気流がバーナ上方で衝突して下に向き、強く噴流に混合する。従つて上面からの燃焼が促進される。

小天井は外下りであり突当壁との隅部に発生する派生渦 (secondary vortex) は前後隅部に限られている。一般に派生渦は隅部に常に発生するものであるが、線速度はこの接触する流れに等しいに対して渦の半径が小さいので遠心力が強クダストを分離し易く派生渦のあるところ必ず損傷ありと考えられるものである。

2) 中央部

中央部における流れの大勢はベンチュリ型と同様であり、一對の JL型の渦が占めているが、これは流入部に発生した門型の渦の対と同方向のもので各々の発生因は

異なるが両者は連続している。この型では前後の壁沿いの流れの強さは平均している。JL渦はこの型ではガス炉の模型実験でも明らかになされてお^り、また実炉でもはつきり認められたものである。

3) 流出部

流れは単純で整つており整然と二つの気道に下りてゆく。浴面壁沿いの流れはやはり幾分強いが絞り部がなく損傷の憂いは少い。

3. 考 察

この型は炉頭構造が比較的単純で、特に炉長の節減あるいは炉容の拡大が可能であり³⁾、空気力学的にも相当洗練された設計である。

空気の上部混合が特に強調されており燃料噴流の下方からの空気の混入が採られていないことはベンチュリ型と同様に複気道型の特色であるが、これはガス焚炉においてガス噴流の向を乱す惧のある時には致し方のないことであつた。メルツ型はこの時期において気流に強い旋回を与えて燃焼促進をはかつたもので合理的な型である。重油あるいは加圧ガス燃焼の炉に対しては炉頭部で噴流の向が変えられる惧はないから下方からの燃焼促進が加えられることが望ましい。

IV. シングル型炉内の流れ

この炉の実験は、前記のメルツ炉と同じ形状に作られた模型炉体で、二つの気道を一つにして炉端中央に配した模型 (MF-2B) とこの気道の両側の炉内自由空間を除くように前後側壁を新設して炉頭巾を狭めた模型 (MF-2C) と、別に現用の実炉を模型化したもの (MF-4) 等について行つた。これらの炉の下炉は皆同一で (MF-2A) のそれと同一である。

(MF-4) は小天井傾き・気道長さが実験中にも容易に変えられ (Fig.7) るように作られ、(MF-2C) は後壁の振り角度・後壁の傾斜を変えた実験も行つた。

1. 概 観

炉中央部の流れの大勢は複気道の炉と同様に JL 型の渦の対が横断面を占め、天井中心を流入部に向う逆流が、流入部上方の空気流と衝突してこれを下に向け燃料流に混合させる。複気道型と異なる所は炉頭部であり、気流

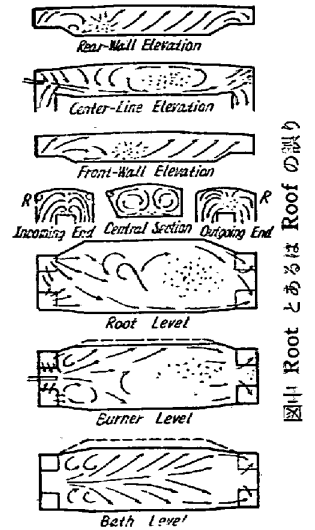


Fig. 6. Flow pattern in a Maerz furnace model (MF-2A)

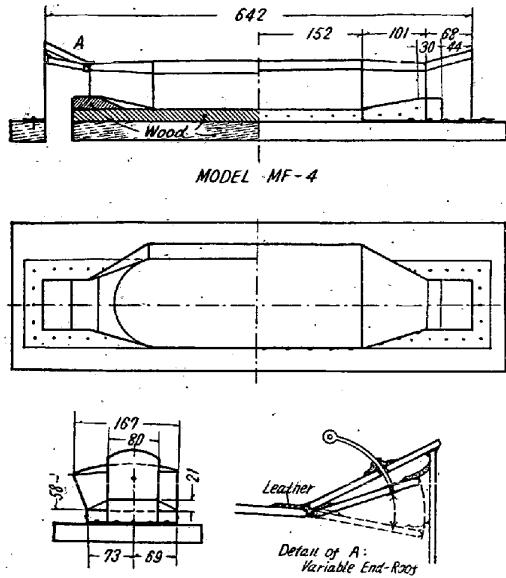


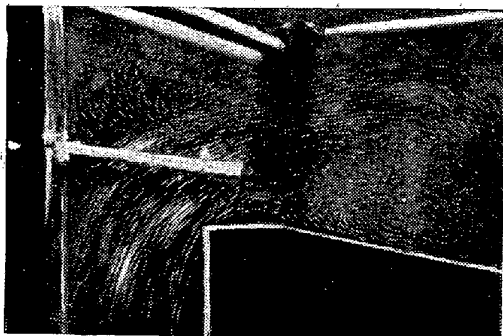
Fig. 7. Model (MF-4) of the single air-uptake design furnace.

は下面からも燃料流に混合している。従つてそれだけ燃焼が促進される。

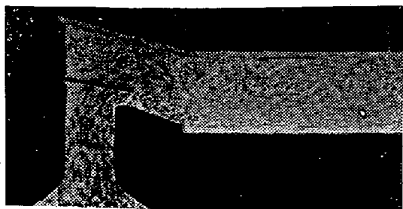
2. 各部の流れ

1) 流入部

下炉よりの流れの偏りは炉頭において前側に強い流れを作っているが、この影響は炉頭部でほとんど消滅し、流れは全周から噴流に伴入される形である。前後の流型もほぼ対称である。Fig. 8 はバーナ面での流れを示す。



(a) 3-dimensional model



(b) 2-dimensional model

Fig. 8. Entrainment of air for fuel jet.

この型の特長は下面からの伴入があることで特に気道開口の両側に空間のある (MF-2B) では炉中央部の JL 渦と丁度逆回転の LJ 型をなす渦対を生じ下面混合が助

けられることである

小天井の傾きを小乃至は負、すなわち外下りにすると下面からの混入が大きくなり、突当り隅部の派生渦が消えるが流れの大勢には影響はない。

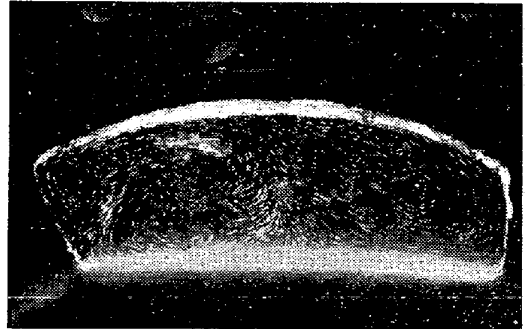


Fig. 9. A pair of vortices in the central portion.

2) 中央部

複気道型のものとは本質的な差異はない、すなわち横断面を占める JL 渦対 (Fig. 9) と中心縦断面を占める大きい循環流が存在する。これ等の成因は噴流の強いことにあり、メルツ型以外のガス焚炉では明らかでなかつたことである。

シングル炉では炉の前後の流れの様相が殆ど対称型をなし最もすつきりしている。何れの炉型でも同様であるが、強い噴流の周囲には逆流を生じ前後の逆流の強さは周期的に変動し、ある時にその何れか一方が強くなる。たゞ、偏流や空間の不均衡があるとき一方のみが定常となるがシングル炉ではこれがよく均衡を保っている。

後壁の折り角度を変えて大きくすれば後側の逆流が発達する。後壁の傾斜部の上方を鉛直にして天井迫との隅部をなくすると流れは更に整然と前後が均等になり、なおこの隅部の派生渦が消える。

3) 流出部

この部分の流れは、いずれの炉型でも炉内の逆流の発生状況と前後壁のそれぞれの位置の遠近によつて支配されるが、この場合も (MF-2B) および (MF 2C) では、後部が強めで、

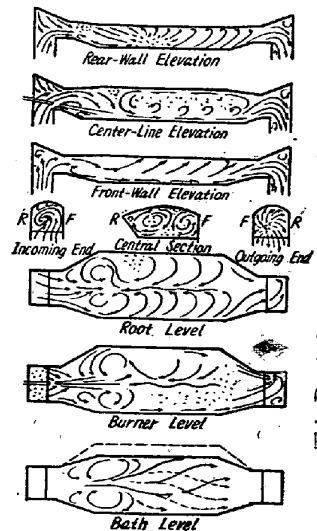


Fig. 10. Flow pattern in a single air-uptake furnace model (MF-4)

図中 Root とあるは Roof の誤り

(MF-4) では前部が強く突当壁では一部が前から後に廻っており、小天井が外上りの炉では天井と突当りの隅部に上向の派生渦を生じている。

3. 考 察

小天井の外上りの傾斜は流入部でも流出部でも突当り壁との隅部に派生渦を生じ、流出時にはこの部の損傷因を作り流入時には遊んだ空間となり何等の役割も演じないのでむしろ外下りを得とする。

後壁の傾斜はどの炉型においても、やはりこれと天井迫との隅部に派生渦—損傷因を作るので鉛直乃至は内傾斜がよい。

V. 結 言

この実験の対象とした単(燃料)噴流の重油焚平炉においては、炉腔内の流れの様相はどの炉型にあつても本質的な差異はないものと見られ、いずれも炉の横断面は噴流を浴面に押えつける一対の渦で占められ、中心縦断面は浴面を流下して天井を逆流する循環流に占められ、これが流入部において気流を噴流に押え込んでいる。

炉腔空間の配置と噴流とによつて逆流や渦の発達域が決り、逆流がどう発達するかで流型が決り、これが焔の向きをも支配する。

隅部には派生渦が現われ、これは形は小さいがダスト分離力は強く耐火物の損傷を起すことになるので隅部を作ることは好ましくない。

スクラップの山があるとき、流れの形は自ら変つたものとなる。しかし山の形は一定に作られるものでもなくまた刻々に変化してゆき、ある程度低くなれば浴面を形成したときと大差のない流型を示す。

炉型による差異は流入部で如何なる機構によつて空気が早く燃料流に混入されるかにある。複気道型が上面混合型であるに対し、単気道型では下面混合が加えられており、後者がより重油炉向でありそしてまた今後の展開もシングル型に残されている。(昭31—7月寄稿)

文 献

- 1) K. Morikawa, & S. Tsuda: *Sumitomo metals*, 1954, Vol. 6, No. 4, p. 49
- 2) I. M. D. Halliday, & A. R. Philip: *Journal of the Iron and Steel Institute*, 1949, Vol. 162, Aug., p. 405
- 3) R. P. Heuer, & M. A. Fay: *Open Hearth Proceedings*, 1951, Vol. 34, p. 208

三帯式鋼塊加熱炉の改造による加熱作業の改善について*

大塚武彦**・松本晴雄**・吉成大治**

IMPROVEMENTS OF OPERATION BY REMODELLING OF THE TRIPLE-FIRED INGOT-REHEATING FURNACE

Takehiko Otsuka, Haruo Matsumoto and Daiji Yoshinari

Synopsis:

Summarized are the details of remodelling a triple-fired furnace which heats ingots of 400mm square or larger, together with the improvements obtained and the further problems to be overcome. The remodelling consisted mainly of increasing space of the bottom-heating zone, changing skid pipe construction, introduction of automatic control and etc. Through which reduced slag accumulation, less temperature gradient within an ingot and improved thermal efficiency have been realized.

Actual operation of the furnace have indicated the following points as a clue to further improvements:

(1) Number of supports of skid should be kept to a minimum and width of the skid should be taken as wide as possible so that the ingots might sufficiently heated from the bottom side.

(2) Space of bottom heating zone should be large enough giving heat release of approxi-

* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて発表 ** 住友金属工業株式会社, 鋼管製造所