

No. 62007
46.162.214

(7) 高炉々壁の冷却について

八幡製鉄所技術研究所

1390~391 理博 吉田 秋 登
○石橋 政 衛

Study on Cooling of Blast Furnace Walls.

Dr. Akito YOSHIDA and Masae ISHIBASHI.

I. 結 言

溶鉄炉の炉体冷却に用いる冷却盤の適正使用法につき、実験および計算による考察を行なった。

冷却盤は先端が最も高温となり溶損の危険がある。これを防止するための適正水量を求めた。また水量による壁の厚さと先端部温度、冷却水の上昇温度等の関係を明らかにした。冷却盤先端の炉壁厚さが小さくなると溶損の危険が起るが、この時期では罐石の付着による影響が大きいため、この除去対策が必要である。

II. 現場の状況と模型実験

戸畑第1高炉に現在挿入されている熱電対での測温結果を Fig. 1 に示す。この測温結果から炉内温度の推定をしたのが Fig. 1 の右側に示す曲線である。Fig. 1 で分るように、溶損の危険は炉の下部の方である。

先づ模型実験により冷却盤内の水の流れを観察した。その要領は実物大透明模型に 10~40 l/mn の水を流して流れを観察した。水中には 1mm 以下のポリスチレン粉末を混入しているので沈殿の状況も同時につかむことが出来た。流量の多いものは、沈殿物が少ないから、少流量で冷却している場合は、時々瞬間流量を増すと、沈殿物の除去に有効である。

III. 伝熱量の計算

ここで計算する目的は、冷却盤の適正水量の考察にあるため条件としては出来るだけ、苛酷なものを採用した。

すなわち

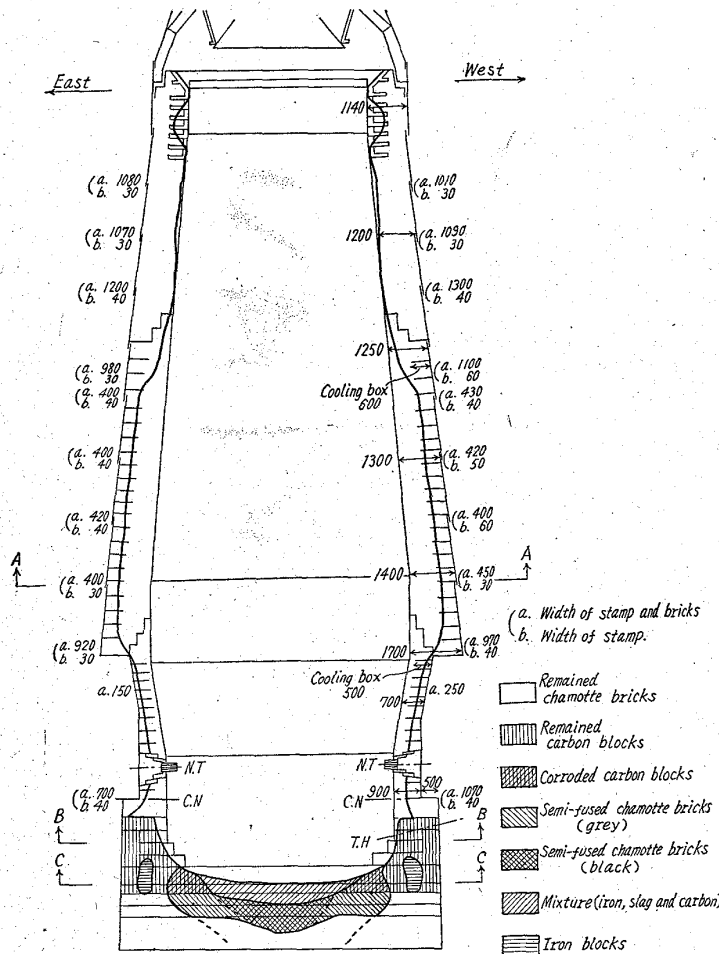


Fig. 3. Vertical section of lining in worn state.

2 段の炉底カーボンブロックについては、マンテルより 1500~2000mm までの周辺部分は、その中央部に鉄鉄の大塊の形成はあるが、上述側壁カーボンブロックと同様にほぼ健全なまま残っている。ただし鉄鉄大塊より内側部分の目地は著しく拡大し 10~20mm 厚さの鉄鉄・カーボンの板が認められる。さらにその内側のマンテルより 2500~3000mm までの部分は、目地より著しく侵食され、カーボンブロックのかたまりが鉄鉄に包まれた状態で残り、その下のシャモット煉瓦は半溶融を受けてはいるが全く侵食はされていない。

炉底中央の直径約 5000mm の部分については、炉底カーボンブロックは侵食されて全く残存せずその下のシャモット煉瓦が約 400mm だけ侵蝕され、約 1000mm 厚さの半溶融層を形成している。

以上、内張煉瓦侵食の観察測定結果について述べたが現在各部の残存煉瓦試料について試験中であるので、講演当日にはその検討結果を含めて発表できるであろう。

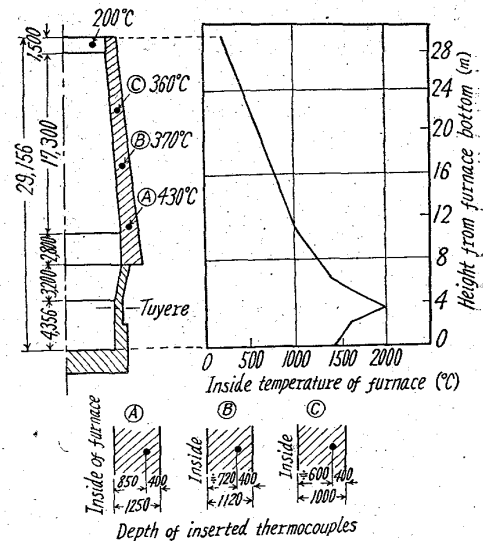


Fig. 1. Inside temperature gradient of the blast furnace. (supposed)

- (1) 煉瓦面と炉内温度を同一で計算した。
- (2) 煉瓦と冷却盤との間で空気層は存在しないと考
えた。
- (3) 冷却盤内部に付着している鱗石 (スケール) は
0.5mm と考えた。(冷却盤切断観察による)
- (4) 水と接触する面の熱伝達は矩形断面乱流域の場
合と考えた。実際には沸とう伝熱も考えられ、この場
合は上記対流熱伝係数の数倍又はそれ以上の熱伝達とな
る¹⁾²⁾。このことは銅製冷却盤の模型による測定でも確
かめることが出来た。
- (5) 定常状態として取扱かつた。
- (6) 炉内面煉瓦が溶着等により熱伝導率が大きくな
る等の考慮をやめ、変質しないものとしての値を用い
た。

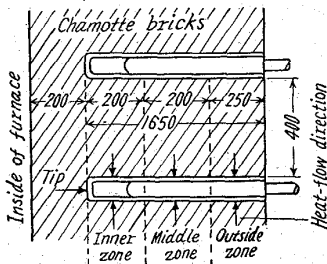


Fig. 2. Method of cooling box installation.

熱として取扱かい (1) 式を用いた。

$$Q = \sum \frac{A(\theta_1 - \theta_s)}{\frac{l_B}{\lambda_B} + \frac{l_{Cu}}{\lambda_{Cu}} + \frac{l_s}{\lambda_s} + \frac{1}{h}} = V \rho C_w (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (1)$$

(1) 式には、条件を苛くくにするため、冷却盤と煉瓦との接触面に空気層は考えていないし、炉内温度と炉壁表面の温度を等しくして、この間の伝熱抵抗も考えていない。(1) 式で

- Q: 伝熱量 kcal/h
- λ_B : シャモット煉瓦の熱伝導率 = 0.8 kcal/mh°C
- λ_{Cu} : 銅製冷却盤の熱伝導率 = 320 kcal/m h °C
- λ_s : スケール (鱗石) の熱伝導率 = 0.72 kcal/m h °C
- θ_1 : 炉内壁面温度 ρ : 水の密度 kg/m³
- θ_s : 冷却水温度 35°C 採用
- T_2, T_1 : 水の出口入口温度 °C
- A: 各方向ごとの伝熱面積 m²
- l_{Cu} : 冷却盤の厚さ 15mm
- C_w : 水の比熱 kcal/kg · °C
- l_s : 鱗石厚さ 0.5mm l_B : 煉瓦壁の厚さ mm
- h: 水との接触面の熱伝達 kcal/m² h °C

h については Mc ADAMS¹⁾ はレイノルズ数 3500 以上すなわち乱流域に対して次式を与えている。しかもこの式は矩形断面についてのもので現場の冷却盤に当てはまる条件である。

$$[St][Pr]^{0.6} = 0.018 [Re]^{-0.2} \dots \dots \dots (2)$$

St, Pr, Re はそれぞれスタントン数, プラトル数, レイノズ数

(2) 式から h を求めると Table 1 のようになる。

Fig. 3 は Fig. 2 の冷却盤各部の伝熱量を (1) 式で求めたもので 1400°C (朝顔中央部) で計算した結果であ

Table 1. Flow amounts and convective heat transfer coefficients.

Flow amounts m ³ /h	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0
h kcal/m ² h°C	35.7	129.8	228.5	401.0	544.0

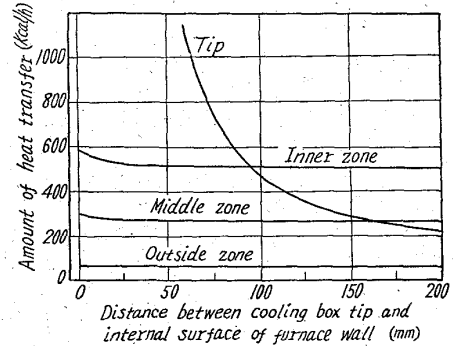


Fig. 3. Amounts of heat transfer in each zone (Relations of furnace wall thicknesses)

つて、これらの総和が冷却盤から持去られる熱量ということになる。

IV. 結 言

模型実験による流れの観察や、充分苛くく条件を与えての計算結果および実際炉の水温上昇等から考えて、冷却盤への給水量は 3 m³/h 以上必要はない。先端炉壁の厚さが 100mm 以上では冷却水量による効果の差はなく、0.1 m³/h 程度でも充分である。冷却効果の増加は 100mm 以下の炉壁厚さから急激に上昇するから、冷却水温の管理により水量の増加、盤内の清浄化が必要である。また先端部の伝熱量が最も大きいので、この部分の伝熱面積を大きくすれば、さらに有効であり、炉壁は構造上の強度等も考慮して現状より薄くでき、炉容の増大に役立つ。

文 献

- 1) McADAMS: Heat Transmission, 2nd ed, (1942)
- 2) E. R. G. ECKERT 他: Heat and Mass Transfer, (1959), p. 344
- 3) 化学工学便覧
- 4) 信沢: 熱管理計算図表
- 5) 国井, 他: 工業窯炉