

Fig. 5. Relation between [a] and eccentricity.

$N_0 = 57 \cdot 36 \sqrt{\tanh(3 \cdot 682 H/D) / \sqrt{D}}$  D; meter  
 で与えられる。許容偏差は偏心とともに増加する。

2. 回転数が小さくブレークの起らない範囲では波高は流体の深さとともに増加し、かつ偏心に比例する。
3. ブレークの起つた場合の波高は流体の深さとともに増加し、偏心の増加に対しては減少する傾向にある。
4. 所要力率は回転数の7乗、内径の2乗、流体の質量に比例し、偏心にほぼ比例する。

実験を通じて感じたことは偏心があまり小さいと、 $[d/D < 0.005]$  ブレークの状態が不安定になり、ほぼ完全な質点振動系の状態を示し攪拌はよくなり。また偏心が大きいと攪拌は十分であるが必要力率が大きく、 $d/D$  は  $0.005 \sim 0.03$  の範囲が適当と思われる。攪拌を強くするには回転数をブレークの始まる速度から、 $(N/N_0)^2$  が  $1 \cdot 3$  程度になるまで加速させてやるとよい。

### (88) 炉内および取鍋内鋼浴の温度分布について

(鋼浴温度の連続測定について—V)

日本製鋼所, 室蘭製作所

工博 荒木田 豊・○平岡 昇・古沢正義

#### On the Temperature Distribution of Steel Bath in Furnaces and Ladles.

(On the continuous immersion pyrometry of molten steel—V)

Dr. Yutaka ARAKIDA, Noboru HIRAOKA and Masayoshi FURUSAWA.

#### I. 緒言

電気炉および平炉内鋼浴の温度むらについては多数の報告がある<sup>1)</sup>。しかしながら取鍋内鋼浴の温度分布についての報告は見当らないようである。筆者らは取鍋内鋼

浴および鋳込流の浸漬测温を行なっているが<sup>2)</sup>, その測定値を評価するためには取鍋内鋼浴の温度分布を正確に把握しておく必要がある。そこで取鍋用の迅速浸漬测温装置<sup>3)</sup>を利用して取鍋内鋼浴の温度分布を測定した。またこれに関連して炉内鋼浴の温度分布を測定し、一方内張煉瓦の熱吸収による溶鋼の温度降下に対して簡単な熱伝導計算を行なつたところ興味ある結果を得たので報告する。

#### II. 炉内鋼浴の温度分布

調査の対象には炉内鋼浴の温度むらが最大であると考えられる 80 t 電気炉<sup>4)</sup> および最小であるとみなされる 75 t 酸性平炉を選んだ。測定装置は Fig. 1 に示すように現行の炉内迅速浸漬测温装置に修正を加えたも

のとした。曲りの部分を鋼滓面に合わせるように浸漬して所定の深さの点を测温できるようにした。測定位置は電気炉では炉中央部で鋼滓面から 200, 400, 560, 760 mm の4点, 平炉では3枚の装入扉前で鋼滓面から各 200, 400 mm の6点とした。なお通常作業の測定点は電気炉では炉中央部で深さ 200 mm の点であり, 平炉では中央扉前の深さ 200 mm の点である。測定時期は電気炉では溶落, 排滓前, 差物前, 出鋼前とし, 平炉では溶落, 鉍石前, 石灰前, 差物前, 出鋼前とした。

測定値の整理方法にはいろいろのものが考えられるが, 本報では通常測定点の温度からどの程度の温度差を有している部分があるかということに重点をおいて, 通常測定位置の温度とこれから最も数値が離れている点の温度との差をその時の温度むらとし, これを, 各炉, 各時期ごとに整理してその平均値と標準偏差を求めた。その結果を Table 1 に示す。除滓前を除き電気炉の温度むらは酸性平炉のそれに比してはるかに大である。これは両者の精錬法の相違によるものであろう。

#### III. 取鍋内鋼浴の温度分布

取鍋内鋼浴の迅速浸漬测温を行なう際に<sup>4)</sup>, 通常の測定後取鍋を所定の距離だけ下げ(測定点は相対的に上昇)十分な応答時間を与えた後にまた取鍋を下げる。これを反復することにより垂直方向の温度分布を求める。また同時に2本の熱電対を浸漬して水平方向の温度差につい

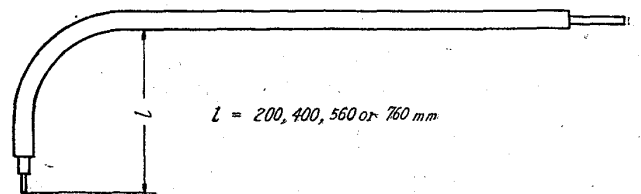


Fig. 1. Equipment used for measurement of temperature distribution of steel bath in furnaces.

Table 1. Temperature difference in the steel bath of 75 t acid open hearth furnace and 80 t basic arc furnace (°C)

Furnace		Melt down	Before oreing	Before deslag or lime	Before addition	Before tapping
Acid Open Hearth	Mean value	18.2	16.4	8.3	13.3	8.9
	Standard error	5.8	11.0	6.2	7.5	6.5
	Sampll number	6	10	10	11	11
Basic Electric Arc	Mean value	27.0	—	12.6	27.1	34.0
	Standard error	12.9	—	6.3	12.6	20.1
	Sample number	9	—	11	11	11

でも観察する。測定対象は 80 t 電気炉鋼とした。

出鋼直後の取鍋内鋼浴の垂直方向の温度分布を Fig. 2 に示す。炉内に比して温度むらは極めて小であり、ほぼ均一温度となつている。これは出鋼の際に取鍋内で溶鋼が激しく攪拌されることを示すものである。このように取鍋内で鋼浴が均一になることは作業管理上好都合なことであり、また取鍋内鋼浴の挙動に関する冶金学的考察を行なう点からも重要であると考えられる。

鑄込直前(出鋼後 20min)における取鍋内鋼浴の垂直方向の温度分布を Fig. 3 に示す。出鋼直後のような均一温度ではなく、上部ほど高温でしかも鋼滓直下ではその温度勾配が大きく変動していることが認められる。こ

れは第 1 報<sup>2)</sup>における推定を立証するものである。水平方向の温度差は無視できる程度(5°C 以内)であつた。約 20min でこのように大きな温度むらを生ずるのは、取鍋内では鋼滓は良好な断熱材となり、鋼浴の損失熱のほとんどが底部および側壁の内張煉瓦へとなされるとすれば説明がつく。そこで内張煉瓦の吸収熱量を計算してみることにした。

#### IV. 溶鋼から内張煉瓦への伝達熱量の計算

非定常状態における熱伝導の計算には最近電子計算機の利用が盛に行なわれているので、厳密な計算はそれらにゆずり、本報では最も簡単な作図解法であるシュミット法によることにする。計算の対象は取鍋内鋼浴の温度変化の解析を行なつてある 65 t 取鍋とし、出鋼後 20min 間の内張煉瓦の吸熱量とこれによる溶鋼の温度降下量を算出する。計算のために下記の仮定を設ける。

(i) 取鍋外壁の温度は出鋼から鑄込みまでほとんど変化しないので煉瓦肉厚は無限とする。

(ii) 取鍋は内径 2.4m 高さ 2m とし、これに 65 t の溶鋼が入つているとする。

$$(\pi \times (1.2)^2 \times 2 \times 7.2 = 65 (t))$$

(iii) 取鍋内鋼浴の温度降下速度は平均 2.3 °C/min であるが、内張煉瓦内面温度は終始 1560°C (標準鑄込温度) に保たれているとする。

(iv) 煉瓦の物性常数は温度の関数であるが、本報では一定であるとして、熱伝導率 1.15 kcal/mhr°C、比重 2,300 kg/m<sup>3</sup>、比熱 2.28 kcal/kg°C とする。

(v) 煉瓦は均熱状態に予熱されている。なお予熱温度は 0 ~ 500°C を 100°C おきに設定して計算する。

計算は煉瓦壁を 10mm の厚さに分割して行なう。

温度拡散率は (IV) から、

$$1.15 / (2,300 \times 0.28) = 0.00179 (m^2 / hr)$$

したがって 10mm の薄肉円筒の加熱に要する時間は、

$$\{(0.01)^2 / (2 \times 0.00179)\} \times 60 = 1.68 (min)$$

20min 後の温度分布を求めるには、

$$20 \div 1.68 = 12$$

12 回の分布曲線を描けば良いことになる。つまり 20min 間に昇温する部分は内面から、

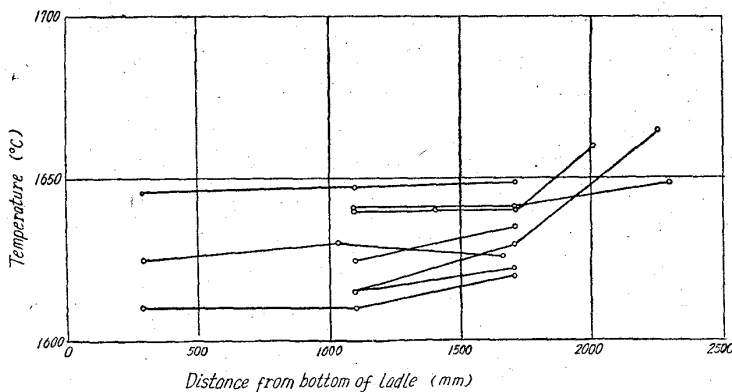


Fig. 2. Temperature distribution of steel bath in ladle just after tapping.

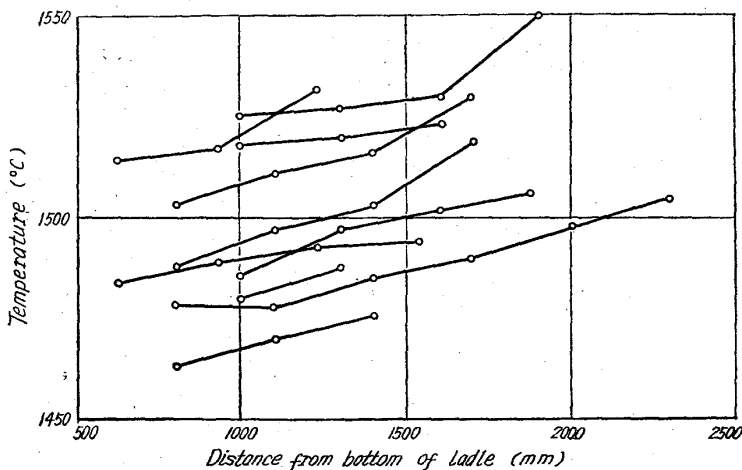


Fig. 3. Temperature distribution of steel bath in ladle after 20min from tapping.

130mm の範囲である。この部分の重量は 6.1t となる。

Fig. 4 に出鋼後 20min における各予熱温度ごとの温度分布を示す。温度分布曲線と予熱温度を示す直線(水平線)と縦軸とで構成される 3 角形の面積から比例計算によつて内張煉瓦の蓄熱量を計算し、これを溶鋼の重量と比熱 ( $0.171 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ ) で除して溶鋼の温度降下量を算出する。その結果を Fig. 4 に示す。明瞭な直線関係が認められる。

実際の取鍋の予熱時の温度分布は仮定 (V) のような均熱状態ではないが、その温度は少なくとも  $100\sim 400^\circ\text{C}$  の間であるとみなされるので Fig. 5 から、内張煉瓦の蓄熱による鋼浴の温度降下は  $52\sim 42^\circ\text{C}$  の間である

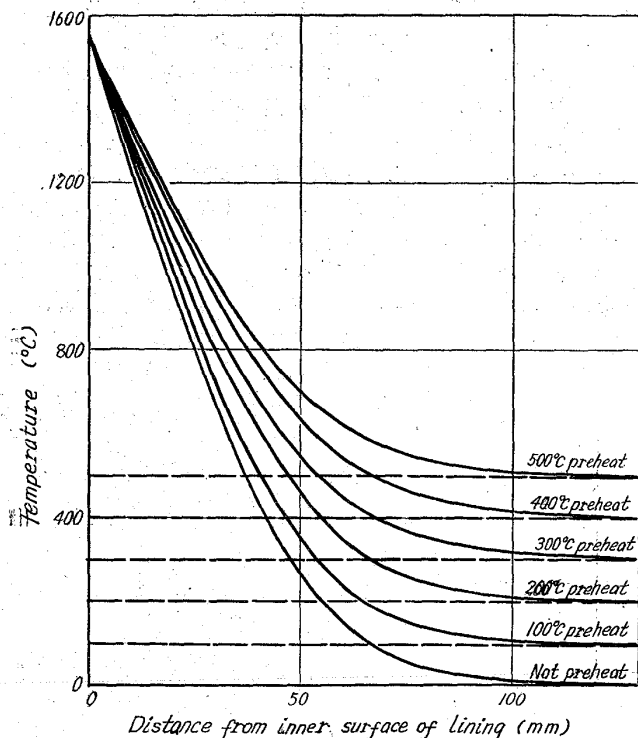


Fig. 4. Temperature distribution of lining of ladle after 30 min from tapping in each preheating temperature of ladle.

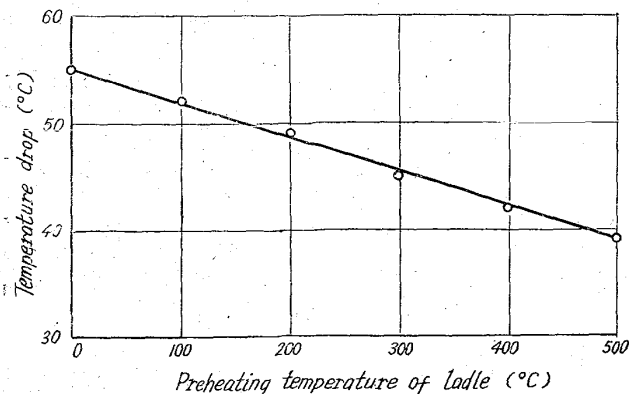


Fig. 5. The relation between the temperature drop of molten steel due to heat storage in ladle lining and preheating temperature of ladle.

と考えられる。一方実測結果では、 $2.3 \times 20 = 46^\circ\text{C}$  となり上記範囲内であり、計算値と実測値とは良く一致している。これは逆に取鍋内鋼浴の熱損失は内張煉瓦の蓄熱が原因であり、鋼滓は良好な断熱材であるという著者の見解を立証するものである。

## V. 結 言

炉内および取鍋内の鋼浴の温度分布を実測した結果、

- (1) 酸性平炉は電気炉よりもはるかに温度むらが少ないことを確かめた。
  - (2) 出鋼直後の取鍋内においては、80t 電気炉鋼でもほぼ均一温度となる。これは出鋼の際に激しく攪拌されるためと思われる。
  - (3) 出鋼から 20min 経過した取鍋では、再び垂直方向に温度差を生ずる。
  - (4) 取鍋内鋼浴の熱損失はほとんど内張煉瓦の蓄熱によるものであることを計算によつて確かめた。
  - (5) この計算は同時に浴鋼の温度降下量と取鍋予熱温度の関係を示すことになった。
- などのことを明らかにすることができた。

## 文 献

- 1) 例えば小島, 平松: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1412
- 2) 小野寺, 荒木田, 平岡: 鉄と鋼, 47 (1961), p. 1582
- 3) 平岡, 古沢: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1388
- 4) 小野寺, 荒木田, 平岡: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1658
- 5) 池見, 田辺, 原: 鉄と鋼, 49 (1963), p. 1405
- 6) 例えば吉田, 清水: 鉄と鋼, 48 (1962), p. 1346
- 7) 矢木, 国井: 工業窯炉, (1963), p. 504, 共立出版

## (89) 消耗型浸漬熱電対について

住友金属工業, 和歌山製鉄所

石井清二・西岡隆士・成輪秀之

### Disposable Immersion Thermocouple.

Seiji ISHII, Takashi NISHIOKA  
and Hideyuki NARUWA.

## I. 緒 言

溶銑および溶鋼の温度測定には、10 数年来、白金-白金ロジウム熱電対を使用した浸漬型溶鋼温度計を採用してきた。この型の浸漬熱電対は、整備に人手がかかること、劣化の点で問題がないとは断言できないことなどの欠点がある。なおまた、最近酸素上吹転炉の発達により終点温度制御が重要となり、溶鋼温度の測定に従来よりも増してその精度の向上が要求されるようになってきた。

そこで数年前より米国で使用されつつある一回測定で熱電対を捨ててしまう消耗型浸漬熱電対は、上述の欠点はなく、かつその測定精度も極めて高いので、この種の熱電対の特徴に注目し、いろいろ検討を行なつてきた。

その結果、ほぼ実用化の見通しもついたのでわが国で初めて溶銑、溶鋼の温度測定に消耗型浸漬熱電対を採用