

Table 2. Oxygen content obtained by vacuum fusion and by coulter counter (%).

	Oxygen content by vacuum fusion (%)	Oxygen content by coulter counter (%)
1.5 min	0.052	0.051
3 min	0.035	0.037

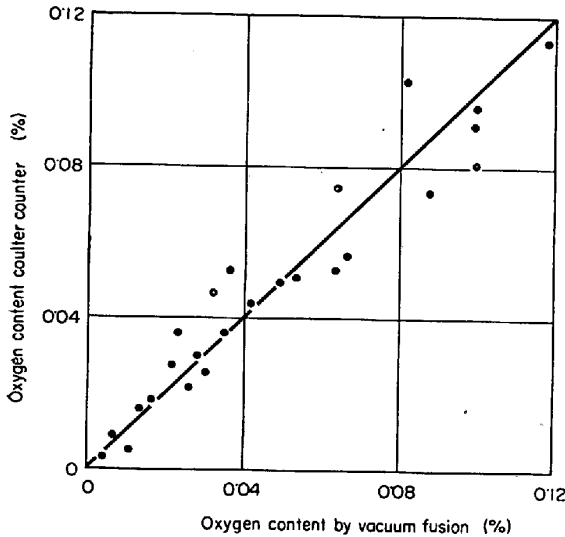


Fig. 5. Comparison between oxygen content obtained by vacuum fusion and coulter counter.

4.2 粒度測定結果の信頼性

鉄 1g 中に存在する SiO_2 介在物の重量 c は次式によって計算することができる。

$$c = \int_0^{\infty} f(r) dr \dots \dots \dots (3)$$

Fig. 4 のデータについて (3) 式を用いて SiO_2 量を求め、この値に相当する酸素量を化学量論的に計算し、真空溶融法による酸素分析値と比較して Table 2 に示す。これよりわかるように、coulter counter にて測定した粒度分布から算出した酸素値は真空溶融法による分析値とかなりよい一致を示している。

SiO_2 介在物を含有するいくつかの鉄試料について、上記のような比較をし、これらをまとめて Fig. 5 に示す。これより、両者はかなりよく一致していることがわかる。このことは、測定液中で介在物粒子の凝集がおきていないとすれば、coulter counter によつて得られた粒度測定結果が正確であることを証明している。測定液の粒子が凝集しにくいように、各種表面活性剤を使用してみたが結果に全く影響がなかつたことから⁵⁾、測定液中における介在物粒子の凝集は無視できることが確認された。

最近光透過法によつて介在物の粒度分布を測定したという報告²⁾もみられるが、光透過法と coulter counter 法を比較した結果、両者はかなり良い一致を示した⁵⁾。このことは光透過法も条件次第では介在物粒度測定に使用できることを意味しているが、counter coulter 法にくらべると不利な条件が多いと考えられる。

5. 結 言

coulter counter によつて鋼中非金属介在物 (SiO_2) の粒度を測定する方法についていろいろ検討してきた結果、この測定器によつて得られた粒度はきわめて信頼度の高いものであり、介在物の粒度を正確に求めるために十分使い得ることを確認できた。本測定器は次のような特徴をもつ。

(1) 測定はすべて自動的に行なわれ、粒度分布だけでなく、単位体積中に存在する粒子の個数をも同時に測定できる。

(2) したがつて、この結果より介在物濃度も求め得る。

(3) 測定試料はきわめて少量でよい。すなわち介在物量にして 0.1~1mg あれば、精度よく測定できる。

(4) 鉄試料を酸で溶解したままの状態でも測定できる。すなわち介在物を溶液から分離する必要がない。

文 献

- 1) 川和, 笹島, 大久保, 郡司: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 531
- 2) 河合, 小林, 赤沢, 足立: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 549
- 3) 宮下, 西川: 鉄と鋼, 52 (1966), p. 1454
- 4) 粉体工学研究会編: 第3回粒度測定シンポジウムテキスト, (1964), p. 91
- 5) 宮下, 西川: 学振 19 委 8277 (1966)

(129) 鑄鋼による溶鋼の温度降下について

日本鋼管, 鶴見製鉄所

二上菱・松田一敏・安居孝司・○黒岩真一
Temperature Drop of Molten Steel due to Ladle Brick

Kaoru NIKAMI, Kazutoshi MATSUDA
Takashi YASUI and Shin-ichi KUROIWA

1. 結 言

製鋼, 造塊工程における溶鋼温度は製品品質に与える影響が大きいと考えられており、製鋼炉内、鑄鋼内、鑄込流、鑄型内溶鋼の温度については多くの測定報告がある。しかしながら製鋼炉から出鋼され、鑄鋼に受鋼された溶鋼を造塊するまでの間での溶鋼の温度降下の大きな要因の一つである鑄鋼レンガの温度、熱容量については、あまり実測検討がなされていない。そこでこの問題を検討するため、鑄鋼レンガ内に熱電対を埋め込み、レンガ温度を測定して、レンガ温度と、受鋼-鑄込み-(保温)-受鋼サイクルとの関係、レンガの溶鋼からの受熱量について調査し、あわせて鑄鋼レンガの相違による影響も検討したのでその概要を報告する。

2. 試 験 方 法

(1) 鑄鋼内張レンガ温度

測定箇所: Fig. 1 参照

①, ③, ⑤は鉄皮の 15~36 mm 内側

②, ④, ⑥は永久張レンガと内張レンガの間にそれぞれ

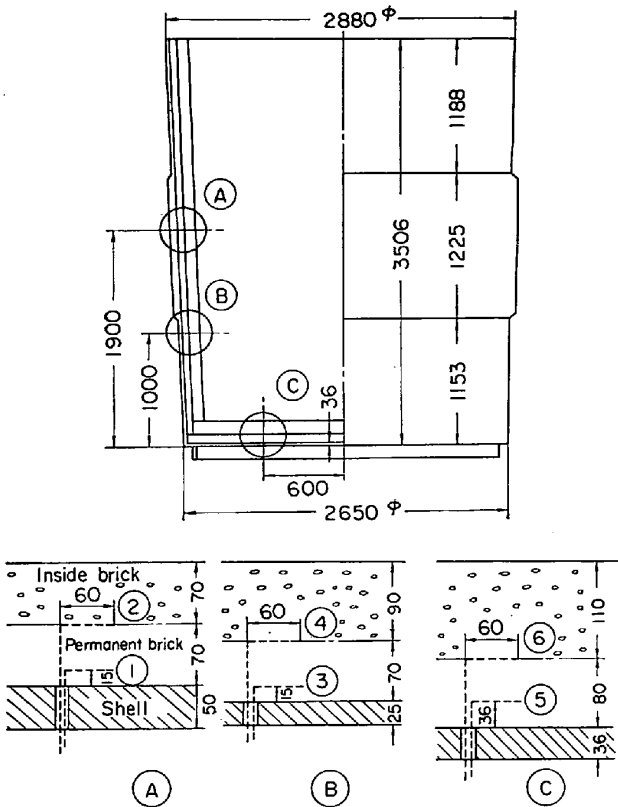


Fig. 1. Positions of temperature measurement of ladle brick.

れ熱電対を埋め込んである。鍋乾燥、鑄込み、鍋センター時の各期間について測定した。

(2) 鑄鋼内張レンガ表面温度測定

測定箇所: 熱電対埋め込み場所のレンガ表面

測定方法: ふく射温度計

受鋼直前および鑄込み終了後

(3) 鑄鋼鉄皮温度

測定箇所: 熱電対埋め込み場所の鉄皮

測定方法: ふく射温度計

受鋼直前および鑄込み終了後

(4) 出鋼温度: イメージン温度計

(5) 鑄込み流温度: 消耗型熱電対

3. 測定結果

(1) 鑄鋼レンガ温度測定結果の1例を Fig. 2 に示す。

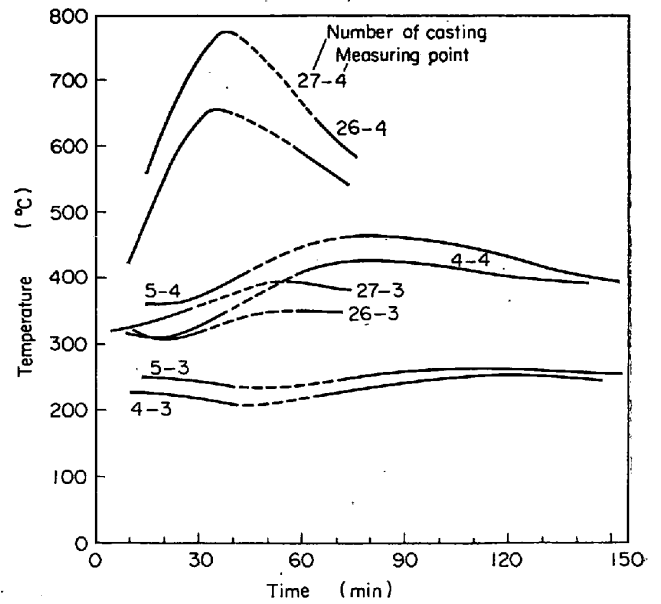


Fig. 2. Temperature of ladle wall using chamotte brick.

(2) 内張レンガの厚み

熱電対埋め込み場所の内張レンガ厚みを Table 1 に示す。シャモット煉瓦の場合には、17回目に◎部を張替えた。またジルコン煉瓦の場合には、45回目に◎部を、62回目に◎部をそれぞれ張替えた。

(3) 溶鋼の温度

シャモットレンガ 平均出鋼温度 1617°C

平均鑄込み流温度 1553°C

ジルコンレンガ 平均出鋼温度 1604°C

平均鑄込み流温度 1529°C

4. 測定結果の検討

測定結果の検討を行なう際に次の仮定をおく。

(1) 内張レンガの厚みは、鍋使用回数に比例して直線的に減少する。

(2) 熱伝導理論によれば、短時間の表面温度変化に対しては、厚さが有限の壁でも、厚さが無限大の時に似た状態を呈する。近似的に厚さ有限の壁を無限大の壁に適用する限度は、

$$s/2\sqrt{at} > 0.6$$

ただし

s: 壁厚さ (m)

Table 1. Thickness of ladle brick.

Chamotte brick (mm)				Zircon brick (mm)			
Number of casting	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Number of casting	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
0	90	90	130	0	70	90	110
16	—	—	40	44	—	70	60
17	—	—	130*	45	—	140*	110*
31	40	10	35	61	—	100	—
				62	—	140*	—
				71	—	—	80
				90	30	30	85

* Ladle brick was partially repaired

— Thickness could not be measured

Table 2. Chemical composition and thermal properties of brick.

	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	ZrO ₂ (%)	Specific heat (kcal/kg·deg)	Thermal conductivity (kcal/m·hr·deg)	Thermal diffusivity (m ² /hr)
Chamotte brick	69.80	23.90	—	0.25	1.3	0.002
Zircon brick	29.36	17.03	46.41	0.16	1.8	0.003

α : 温度伝導率 (m²/hr)

t : 表面温度変化後の時間 (hr)

である。

今回の測定において、レンガの熱的性質は Table 2 に示す通りであるから

$$s \geq 0.08$$

$$t \leq 0.85 \text{ (鑄鍋内に溶鋼がある時)}$$

$$\leq 2.00 \text{ (鑄鍋内が空の時)}$$

$$s/2\sqrt{\alpha t} = 0.63 > 0.6$$

したがって鍋使用回数が増し、内張レンガの厚さが減少して、レンガ内に埋め込んだ熱電対の位置が内張レンガ表面に近くなってくる現象を、厚さ無限大の壁に内張レンガ厚さ減少量と同じだけずらして熱電対を埋め込んだものに相当すると考える。

(3) 鑄鍋内に溶鋼がある時、内張レンガ表面温度は溶鋼温度に等しい。

(4) 永久張レンガの鑄鍋鉄皮と接触面の温度は鉄皮表面温度に等しい。

(5) 受鋼-鑄込み-(保温)-受鋼の周期はほぼ一定。

(6) 内張レンガ(ジルコン)の上にさらにシャモットレンガを張足した場合の計算比熱は両レンガ内の温度分布より推定して平均比熱を用いる。

以上の仮定のもとに鑄鍋レンガの温度分布および蓄熱量を検討すると次のごとくである。

Fig. 2 より受鋼直前および鑄込終了後の鑄鍋レンガ温度分布を推定して Fig. 3 に示す。

鑄鍋に溶鋼が入っている時のレンガの蓄熱量 Q_b は

$$Q_b = \int_{x=0}^{x=x} W(C_2\theta_2 - C_1\theta_1) dx = W \cdot C_m \times \int_{x=0}^{x=x} (\theta_2 - \theta_1) dx$$

ただし

W : レンガ重量 (kg)

C_1, C_2 : レンガ比熱 (kcal/kg·deg)

C_m : レンガ平均比熱 (kcal/kg·deg)

θ_1 : 受鋼直前レンガ温度 (°C)

θ_2 : 鑄込み終了直後レンガ温度 (°C)

x : レンガ厚さ

$\int (\theta_2 - \theta_1) dx$ は図式積分によつて算出する。

鉄皮からの放熱量 Q_i は

$$Q_i = F\alpha(t_i - t_a) \times T$$

ただし

F : 鉄皮表面積 (m²)

α : 静止空気中の熱伝達率 (kcal/m²·hr·deg)

t_i : 鉄皮温度 (°C)

t_a : 空気温度 (°C)

T : 時間 (hr)

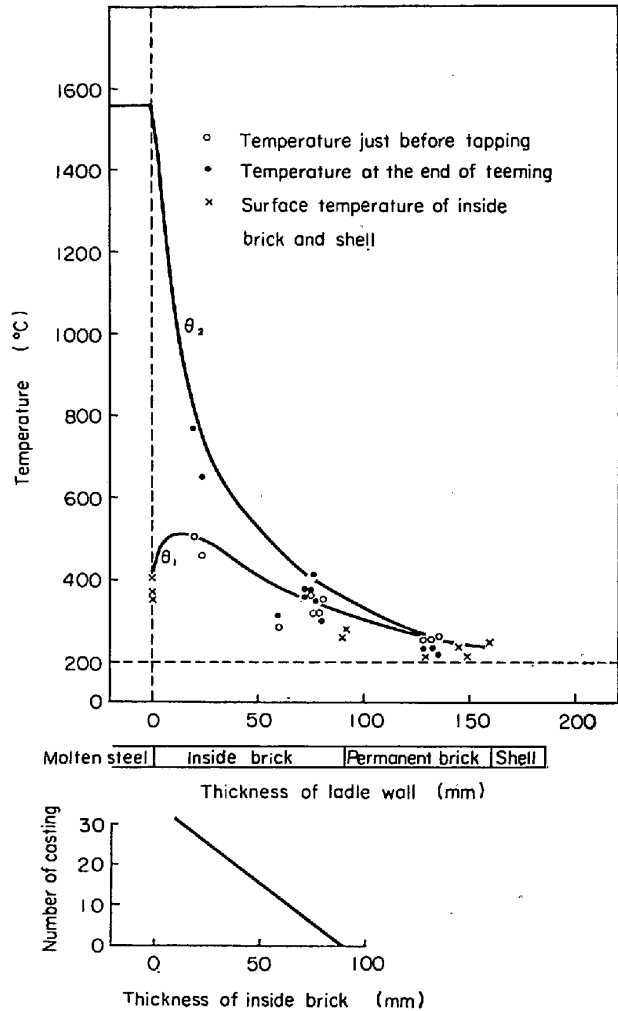


Fig. 3. Temperature distribution of ladle wall using chamotte brick (Position B).

Table 3. Calculated heat loss to ladle brick.

	Number of casting	Q_b (kcal)	Q_i (kcal)	$Q = Q_b + Q_i$ (kcal)
Chamotte brick	1	373.500	63.500	437.000
	31	287.000	165.000	452.000
Zircon brick	1	576.000	71.000	647.000
	31	579.000	90.000	669.000
	56	667.000	95.000	762.000

上記の計算結果を Table 3 に示す。

5. 考 察

鍋使用回数の増加につれて全損失熱量は増加する。損失熱量の分布は Table 3 に見るごとく

側壁および敷レンガへの熱量 85%

鉄皮からの放熱量 15%

となる。すなわち損失熱量の大部分は、レンガ内に蓄熱される。

鑄鍋に比熱 0.21 (kcal/kg·deg) の溶鋼が入っているものとして両レンガにおける溶鋼の温度降下の平均を求めると下記のごとくである。

鑄鍋壁による温度降下 シャモットレンガ 26 (deg)

ジルコンレンガ 36 (deg)

全温度降下(出鋼-鑄込み)

シャモットレンガ 64 (deg)

ジルコンレンガ 75 (deg)

すなわち、ジルコンレンガを使用した鑄鍋はシャモットレンガを使用した鑄鍋より溶鋼の温度降下は約 10 deg 大きい。また鑄鍋壁による温度降下の全温度降下に対する割合も、シャモットレンガの 41% に比し、ジルコンレンガは 48% と増加している。

ジルコンレンガを使用した時の鍋使用回数 56 回における損失熱量が大巾に増加していることは、内張レンガを厚くしたためのレンガ蓄熱量の増加が、レンガ厚が薄くなつてレンガの平均温度が上昇した場合のレンガ蓄熱量よりもはるかに大きいことを示している。すなわち(レンガ蓄熱量+鉄皮放熱量)を最小とする最適レンガ厚が存在することになる。

6. 結 言

一般に鑄鍋内の裸鋼浴表面からのふく射と対流にもとづく熱損失は、鍋壁への損失の 20~30% と考えられており、更に鋼浴表面に 15cm のスラグ層があるとする、このスラグ層は 2 hr は完全な熱絶縁体に近い作用をする、という推論²⁾を引用すると、溶鋼表面からの熱損失は、非常に小さな値と推定される。すなわち今回の測定結果より得られた、鑄鍋壁以外に起因する温度降下、約 40 deg は、その大部分が、出鋼時と注入時の溶鋼流の放散熱と、鍋添加物の影響になる。

シャモットレンガを使用した鑄鍋と、ジルコンレンガを使用した鑄鍋のレンガ蓄熱、および鉄皮よりの放散熱量の比較測定より、受鋼量が異なつた測定ではあつたが、ジルコンレンガ使用の鑄鍋では、鑄鍋壁による温度降下は、シャモットレンガ使用の鑄鍋に比して約 10 deg 大きい。

文 献

- 1) A. SCHACK: 応用伝熱 (高橋安人訳)
- 2) J. H. LUDLEY and J. SZEKELY: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1966) 1, p. 12
- 3) 耐火物技術協会: 耐火物手帳 (1966)
- 4) H. GIEDT: 基礎伝熱工学 (横掘 進・久我 修 共訳)