

終りにのぞみ、本研究遂行に当り、快く多量の試料を提供していただいた八幡製鉄(株)八幡製鉄所、富士製鉄(株)釜石、広畑各製鉄所、日本鋼管(株)川崎製鉄所、住友金属工業(株)小倉製鉄所、尼崎製鉄(株)尼崎製鉄所の各社に厚く御礼申し上げる。また、本研究のため熱心に協力された杉浦義次郎、小畑直己、鈴木広彦、早野和成、池田昌美の諸君に対し感謝の意を表す。なお、本研究は文部省

化学研究促進費によつたことを付記して謝意を表する。
(昭和36年1月寄稿)

文 献

- 1) 岡嶋, 井上, 佐野: 鉄と鋼, 47 (1961), 1137
- 2) O. KUBASCHEWSKI, E. LL. EVANS:
Metallurgical Thermochemistry, (1956),
p. 322

鋼浴温度連続測定法の検討*

(溶鋼温度の連続測定について—I)

小野寺真作**・荒木田 豊***・平岡 昇***

Some Remarks on the Technique of Continuous Temperature Measurement for Steel Bath.

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

Shinsaku ONODERA, Yutaka ARAKIDA and Noboru HIRAOKA

Synopsis:

To make sufficient control of the casting temperature that is one of the important factors in ingot making, the temperature change in ladles must be known precisely and successively.

A technique of continuous immersion pyrometry has been developed which was established to measure the temperature of steel bath in a ladle uninterruptedly from tapping to casting.

In this method, a long hollow steel spindle covered with refractory sleeves and a refractory endblock (stopper head) is used as the protecting tube of thermocouples, with additional silica sheaths inserted into the top of the endblock. This protecting rod is held vertically in molten steel.

After some preliminary tests have been made, the continuous measurement of temperature in ladle becomes a daily work, and the casting temperature is being controlled precisely.

Up to now, the results obtained from these measurements are as follows:

(1) In a ladle, the slag layer seems to be a good and effective thermal insulator, so the temperature of molten steel in the upper part is considerably higher. Therefore, the temperature of casting stream rises gradually.

(2) The larger the capacity of a ladle, the smaller the rate of temperature drop of molten steel in the ladle.

(3) The variation of temperature drop from tapping to casting in large ladles is smaller than that of small ladles.

(4) From the above results, it is known that the casting temperature is not necessarily estimated from the tapping one, which will stimulate the discussions on the significance of the measurement of casting temperature.

I. 緒 言

溶鋼の鑄込温度が鋼塊の品質に大きな影響をおよぼすことは周知の事実である。製鋼工場における従来の鋼浴温度の管理方法を検討してみるに、溶鋼が炉内にある間は迅速浸漬熱電温度計を正しく用いることにより、かなり正確な測温を行なうことができるので、出鋼温度につ

いてはほぼ指定値の $\pm 5^{\circ}\text{C}$ 以内に管理できているようであるが、一方出鋼後の鋼浴温度については一般に取鍋から鑄型への注入流を、個人誤差や状況誤差の大きい光

* 昭和 35 年 4 月本会講演大会にて発表

** 株式会社日本製鋼所室蘭製作所研究所 工博

*** 株式会社日本製鋼所室蘭製作所研究所

高温計によつて測定しているにすぎない。すなわち、光高温計による測定には、技術的な困難さ（対象物の運動、煙、輻射率の変動などによる）がともなうために、その指度に対する信頼性が低く、しかもその測定は鑄込温度の事後確認という意味を持つにすぎない。この点を改善し鑄込温度を完全な管理状態に置き、しかもその管理限界をなるべくせまくするためには、取鍋内の鋼浴温度を鑄込前の段階において正確に測定する必要がある。この測定は高温において長時間にわたつて継続して行なわなければならないので、測定技術上多くの困難があり、従来しばしば試みられながらも不成功に終つていたものである。著者らは、真空鑄造法の工業的実施にともなう造塊法の飛躍的進歩に対処すべく、溶鋼の連続浸漬测温法の研究を行なつてきたが、最近自常の温度管理手段として使用し得る目途を得たので、その大要を報告し各位のご参考に供したい。本報ではまず測定の装置、方法およびこれによる取鍋内鋼浴温度の測定結果について述べる。

II. 測定装置

溶鋼の温度を出鋼直後から鑄込完了までの全過程について、取鍋の深部で長時間連続してしかも高精度で測定しなければならないから、測定の方式としては熱電対による浸漬测温法を採用した。迅速浸漬测温法の経験に加えて、この測定装置にさらに要求される事項は

- (i) 測定が簡単、確かかつ安全に行なわれること。
 - (ii) 保護管は受鋼の際の急加熱に耐え、しかも長時間の浸漬により破損変形をおこさないこと。
 - (iii) なるべく費用を要しないこと。
 - (iv) 取鍋内の任意の位置で測定ができ、したがつてまた管理上最も有効な位置で測定が可能であること。
 - (v) 测温接点周辺の耐火材の熱容量の影響を受けないこと。
- などである。

これらの点を考慮した結果、通常のスロッパーのほかにさらに宙吊りのスロッパーを設けて、そのスピンドルに中心孔をあけてこれを熱電対保護管とすると共に、スリーブおよびスロッパーヘッドをこの熱電対保護管の外部耐火材として利用することにした。装置の全体をFig. 1に、测温接点付近の詳細をFig. 2に示す。すなわち、石英シースはあらかじめスロッパーヘッド先端の孔とすりあわせになつてプラグに取付けておき、これを耐火粘土でヘッド先端に固定する。また軟鋼製スピンドルにはあらかじめ中心孔をあけて置き、長尺不透明石英管にPR13熱電対を装備したものをこれに装着した。スピ

ンドルの内部温度はたかだか800°C程度に上昇するにすぎないから、この不透明石英管により熱電対の汚染を防止することができる。また熱電対を曲げることなく使用状態に置くことが可能であるので、素線の断線などの事故を防止することもできる。上述のようにシースは垂直に装着され溶鋼の浮力による曲げ応力が作用しないので、高温強度の点で有利である。シースには数種の材質のものを試用の結果、耐熱性にすぐれ、熱伝導度も比較的良好であり、しかも熱電対の装着状態を容易に確認し得る厚肉透明石英管を、またとくに化学的安定性を必要とする高マンガン鋼浴には、被覆再結晶アルミナ管を使用している。シース先端の位置は、取鍋の側壁から300mm底部から300~400mmだけ離れるように設置する。底部からの距離は、そのチャージの鋼浴のスラグ層の予想厚さにより決定する。

この測定装置を設計するにあつて著者らが保護管の形式と共に最も注意したのは、上述(v)に示した测温接点周辺の耐火材の影響、とくにスロッパーヘッドの熱容量の影響である。これまで試みられた諸方法¹⁾においては、この点に関する検討が不十分であるように思われる。この問題は、シースの突出長さを十分大きくするこ

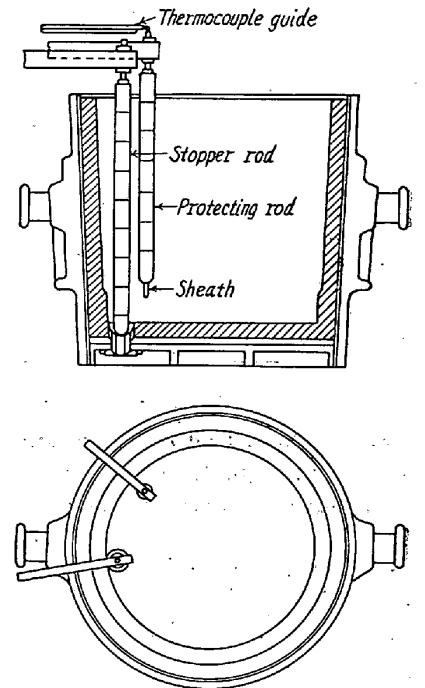


Fig. 1. General view of the equipment for continuous temperature measurement of steel bath in a ladle.

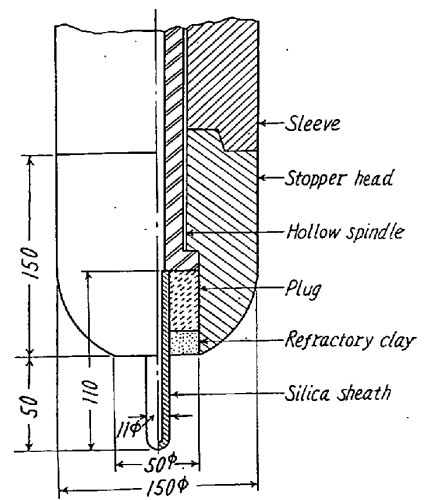


Fig. 2. Details of setting the sheath.

この測定装置を設計するにあつて著者らが保護管の形式と共に最も注意したのは、上述(v)に示した测温接点周辺の耐火材の影響、とくにスロッパーヘッドの熱容量の影響である。これまで試みられた諸方法¹⁾においては、この点に関する検討が不十分であるように思われる。この問題は、シースの突出長さを十分大きくするこ

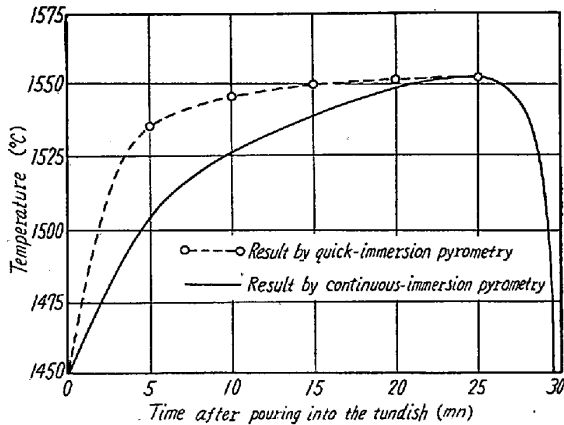


Fig. 3. An example of preliminary test in a tundish for determination of the sheath length. (Sheath length : 30mm)

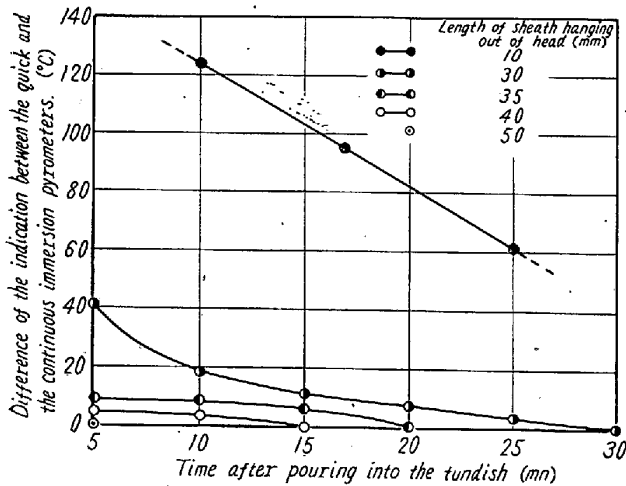


Fig. 4. Effect of the sheath length hanging out of the head on the response time of the continuous immersion pyrometer.

とにより解決されるが、その半面機械的強度の低下をもたらす。その必要にして十分なシースの突出長さを決めるために、大型鋼塊鑄用 (60t) 以上のかけぜき上記の保護管を取付けて予備試験を行なった。突出長さを 30mm にした場合の結果を Fig. 3 に示す。かけぜきに溶鋼が注入されると同時に指度は上昇し始めるが、この溶鋼の真の速度とみなされる迅速浸漬熱電対による測定値に到達するまでには、シースが鋼浴に没入してから 25mn の長時間を要することがわかる。このような試験を、いろいろな突出長さについて行なった結果を Fig. 4 に示す。これから知られるように、真温度との差は突出長さが大きいほど、また浸漬時間が長いほど小さくなっており、突出長さが 50mm の場合にはシースが鋼浴に没入した後 5mn にしてその差がまったくなくなる。この場合シースに溶損、曲がりなどの損傷は認められなかった。すなわち、測定値にストッパーヘッドの熱容量の

影響が介入することなく、真の鋼浴温度が示されるのに必要にしてかつ十分な長さは 50mm であることが確認された。

この測定に使用する熱電対は最初線径 0.5mm の PR13 熱電対であつたが、工業的に許容し得る測定精度を維持するにはその使用回数が 1~2 回に制限され、多額の測定費用を要した。しかしその後種々検討した結果、線径 0.2mm の PR13 熱電対を注意深く取扱いながら 1 回だけ使用すれば満足し得る精度で測定ができ、しかもその測定費用は前者の 1/5 以下で十分であつて、日常作業に折込む管理手段としても妥当なものになつた。この間の経過については、第 2 報において述べる予定である。この測定は、PR13 熱電対のいわば極限使用ともいえるものであるにもかかわらず、その測定成功率は 98% に達し、温度管理手段として現状ではほぼ満足すべきものと考える。

III. 予 備 的 測 定

まず容量 10t の小型取鍋により予備測定を行ない、この測定法の適否を試験した。その測定結果を Fig. 5 に示す。曲線 A は通常の場合であるのに対し、曲線 B は取鍋運搬中にその底部を圧縮空気により風冷した場合の測定線図である。A および B いずれも受鋼後約 2mn で指度は極大値に達している、極大値に到達してから出鋼が完了するまでの間は、鋼浴の動きがはげしいためにその指度は細かく変動するが、出鋼が完了してからはまずほぼ直線的な降下を示している。B では風冷中に急速に指度が低下し、風冷中止後間もなくそれが風冷前の線図のほぼ延長上に戻ることが認められる。これは本測定法における応答速度が良好であることを示す好例であろう。鑄込開始後指度は上昇し、鑄込開始直後と鑄込終了直前の極大値との差は、A では 20°C、B では 66°C となっている。このような温度指示の上昇は、鑄込の進行にとも

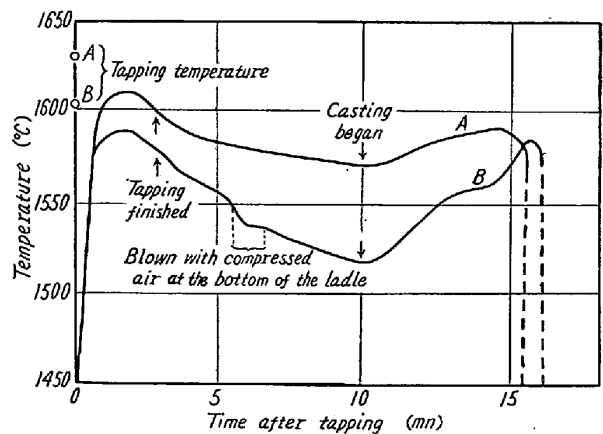


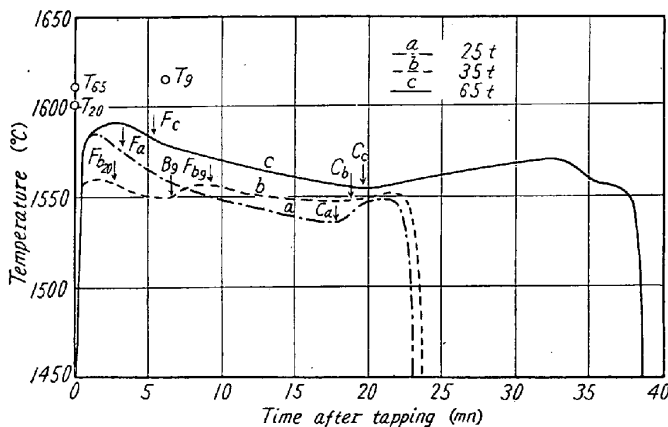
Fig. 5. Two examples of the temperature change in 10t ladles.

ない取鍋上層の高温の鋼浴が徐々に下降してくるために生ずるものと考えられる。Bでは測定完了直前に指度が急上昇することを示しているが、これは電弧炉における例であり、精錬の途中で炉床の一部が浸食浮上してスラグ層が厚くなり、そのため鋼浴温度を高めることが困難となつて出鋼直前まで強電流を通じていたことを考慮すれば、炉内においてスラグと鋼浴の温度差がきわめて大となつていたと思われるいわば特殊例とみることができよう。

IV. 測定結果

1. 取鍋内の鋼浴温度の変化

Fig. 6 (a), (b), (c) にそれぞれ容量 25 t, 35 t, および 65 t の取鍋における測定例を示す。25 t 取鍋の例は 20 t 電弧炉の溶鋼を、35 t 取鍋のそれは 20 t および 9 t 電弧炉のあわせ湯を、65 t 取鍋のそれは 65 t 酸性平炉の溶鋼をそれぞれ受けた場合の測定結果である。25 t および 65 t 取鍋では、10 t 取鍋の場合と同様に受鋼後約 2mn で極大値に達し、出鋼完了後やや上に凹であるがほぼ直線的な温度降下を示し、鑄込開始後ふたたび上昇がみられる。35 t 取鍋では最初 20 t 電弧炉から溶鋼を受けると他の取鍋と同様に指度が変化する。次いで 9 t 電弧炉の溶鋼を受けるとただちに指度が上昇し、出鋼完了後はふたたび他の取鍋と同様の変化をしめす。9 t 電弧炉の出鋼直後に取鍋下層部の鋼浴温度が上昇することは、取鍋であわせ湯を行なう場合に両溶鋼の混合は出鋼の際にかなり完全に行なわれることを示唆している。



T₆₅, T₂₀, T₉ : Tapping temperature of 65t, 20t, 9t furnaces, respectively.
 F_a, F_{b20}, F_{b9}, F_c : Finish of tapping into 25t, 35t (from a 20t furnace), 35t (from a 9t furnace), 65t ladle, respectively.
 C_a, C_b, C_c : Casting began from 25t, 35t, 65t ladles, respectively.
 B₉ : Tapping began from a 9t furnace.

Fig. 6. Examples of temperature change in various ladles.

2. 測定結果のバラツキ

出鋼後鑄込開始にいたるまでの溶鋼の温度変化に関係すると思われる因子は

- (i) 出鋼温度を測定してから出鋼にいたるまでの炉内における鋼浴の温度変化
- (ii) 出鋼流からの輻射および出鋼樋と大気への伝導による熱損失
- (iii) 取鍋添加材の酸化による発熱および昇温溶解などのための熱損失
- (iv) 取鍋内張煉瓦の加熱およびこれを通しての熱損失
- (v) スラグ層を通しての熱損失

などが考えられる。このうち (i)~(iii) は出鋼が完了するまで、(v) は出鋼完了後、(iv) は全過程に関係する。しかもこれらの因子はおのおの独立であると考えられるので、出鋼後鑄込開始にいたるまでの温度変化を考察する場合には、(i)~(iii)が関係する部分とそうでない部分とにわけるのが適当と考える。そこで著者らは出鋼から鑄込開始までの間のうちの特性的な測定値として次の3つをえらんだ。(単位はいずれも °C とする)

- θ₁ : 炉内で迅速浸漬温度計によつて測定した出鋼温度
- θ₂ : 取鍋内連続浸漬温度計による最高指示
- θ₃ : 同上による鑄込開始時の指示

取鍋内での最高指示は出鋼後 1~3mn で得られ、この時間はほぼ一定であるが、鑄込開始までの時間は取鍋冷却(受鋼後の放冷による温度調節)を行なう関係から非常に差が大きい。したがつて連続測温の結果を整理する場合には、θ₂ と θ₃ との間の時間を *t* mn として

$$\text{受鋼にともなう温度降下: } \Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 \text{ (}^\circ\text{C)}$$

$$\text{取鍋内の温度降下速度: } k = (\theta_2 - \theta_3)/t \text{ (}^\circ\text{C/mn)}$$

の2因子に注目するのが便利である。これらをそれぞれ両軸にとり、25 t および 65 t 取鍋における両因子間の関係を求めた結果を Fig. 7 (A), (B) にしめす。なお 35 t 取鍋については、測定結果が少ないので省略する。図にみるように、取鍋の容量が一定している場合でも出鋼時におきる温度降下と、ひきつづいて取鍋内においておきる温度降下との間には明確な関係が認められないばかりでなく、そのバラツキも非常に大きいことがわかる。したがつて、取鍋内における測温を行なわずに出鋼温度から鑄込温度を直接推定することは、まずほとんど実際的な意味を持たないというべきであろう。

V. 測定結果の考察

1. 取鍋内鋼浴温度の変化

Fig. 5 および Fig. 6 に示した結果によれば、取鍋

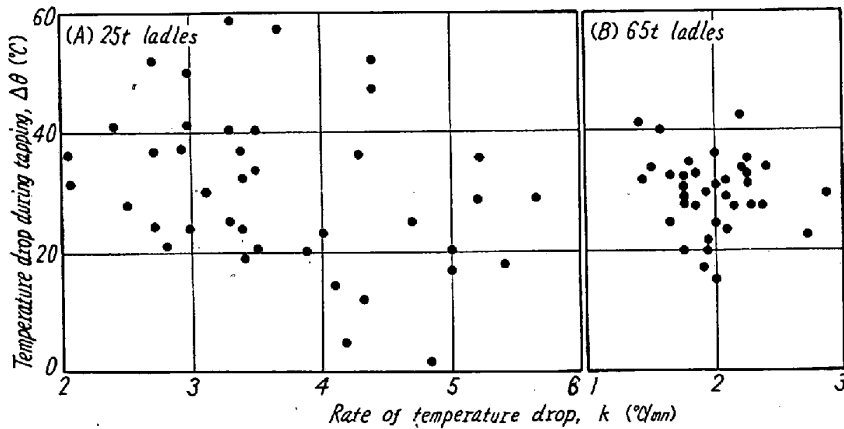


Fig. 7. Relation between the rate of temperature drop in a ladle and the temperature drop during tapping for 25t ladles and 65 t ladles.

の影響によるものであろう。しかし、この程度の遅れは実用上支障のないものと判断される。

(ii) 取鍋容量と温度降下速度との関係 各容量の取鍋内における鋼浴の温度降下速度 ($k^{\circ}\text{C}/\text{mn}$) を Fig. 5 および Fig. 6 から求めると Table 1 のごとくである。

すなわちその温度降下速度は

$$10\text{ t} > 25\text{ t} > 65\text{ t} > 35\text{ t}$$

の順になっている。35 t 取鍋の温度降下が遅いのは、それがあわせ湯であるためであつて、他の例とは条件が異なるものと考えられる。これを除外すれば、取鍋

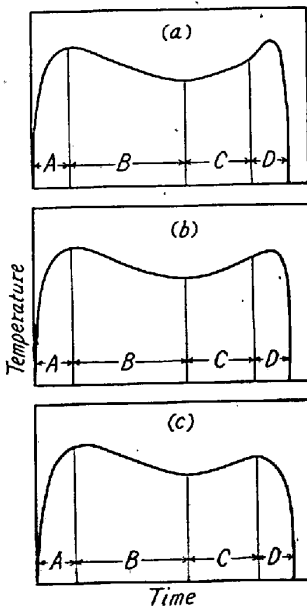


Fig. 8. The typical change of indication by continuous immersion pyrometry in a ladle.

内鋼浴の温度指示の変化はこれを Fig. 8 に示すような4段階にわけることができる。すなわち、

- A : 応答時間
 - B : 出鋼後鑄込にいたる間の温度降下
 - C : 鑄込開始後の温度上昇
 - D : 鑄込完了直前の指度の急上昇および降下
- 以下これらの各段階について考察する。

(i) 応答時間 肉厚 3mm の透明石英管(外測) および肉厚 1mm の不透明石英管(内測) から成る 2 重保護管により鋼浴の温度を浸漬法によつて測定する

ときの応答時間は 30 s である。これに対して試験結果にみられる応答時間は 1~2mn におよんでいるが、これは石英シースに隣接しているストップヘッドの熱容量

容量の大きいほど温度降下速度は小さくなつていく。取鍋の形状は、この3者についてはほぼ類似しているから、溶鋼単位重量あたりの表面積(スラグ層ならびに内張煉瓦との接触面積)は取鍋の容量が大きいほど小さい。すなわち、前述の温度降下速度は放熱面積に支配されるものと考えられる。

(iii) 鑄込用開始後の指度の上昇 鋼塊の鑄込みに要する時間は通常 5~30mn であり、この間にも鋼浴の温度は降下しつづける結果、鑄込開始時の方が終了直前よりも高温であると従来考えられていた。しかし、鑄型への注入流の温度を迅速浸漬熱電対によつて測定した SAMWAYS ら²⁾は、これが次第に上昇してくることを指適しており、著者らの試験結果からもこれを確認することができる。実際には取鍋内張煉瓦への熱伝導は出鋼後 20mn 程度ではまだ非定常状態にあり、内張煉瓦近傍の鋼浴の温度は内部のそれに比して相当低いと考えられる。したがつて鑄込開始直後と終了直前の注入流の温度の差は Fig. 5 および Fig. 6 にみられる値よりもさらに大であらう。

上述のように、鑄込みの進行とともに鋼浴の温度は上昇するものであり、しかもその上昇量は必ずしも一定ではないので、「鑄込温度」という語の定義をさらに明確にする必要があるのではないかと考える。

(iv) 測定完了直前の指度の急上昇および降下 出鋼から鑄込開始後の温度上昇にいたるまでの経過は、取鍋容量の大小にかかわらずほとんど同一の傾向を示すが測定終了直前の指度の変化は取鍋容量や精錬状況などより異なつていく。この部分は、鑄込速度とスラグ層の厚さを考慮すれば、取鍋内のスラグ層の温度に影響されている部分と考えることができる。測定完了直前の指度の急上昇 (Fig. 8 (a) における D 部) は、9 t 電弧炉か

Table 1. Rate of temperature drop of steel bath in various ladles.

Ladle capacity (t)	Rate of temperature drop : k ($^{\circ}\text{C}/\text{mn}$)
10	4.5 (Curve A in Fig. 5), 9.0 (Curve B in Fig. 5)
25	3.0
35	1.1 (After tapping of 9 t furnace)
65	2.1

らの鋼浴を受ける 10 t 取鍋において時にあらわれ、指度の降下 (Fig. 8 (c) における D 部) は、65 t 取鍋においてしばしばあらわれる。

電弧炉において、出鋼直前まで強熱が続けられるような場合には、鋼浴とスラグとの温度差はきわめて大きく、著者らの経験では 130°C 以上となつた例がある。これに対して、酸性平炉では精錬速度が遅く鋼浴は長時間一定温度をたもっているため、鋼浴とスラグとの温度差は電弧炉に比して小である。スラグ層を通しての鋼浴から大気への熱損失は、溶融スラグの熱伝導度が低く、しかも少なくとも出鋼直後は鋼浴よりも高温であるからその量は小さく、SAMWAYS らの理論計算では、スラグ層は完全な断熱材であるとしている。したがつて Fig. 8 (a) のような場合には、スラグ層が厚く下層部の断熱効果により出鋼された時の温度に近い状態にたもたれ、これが鑄込みの進行と共に下降し図にみられるような温度指示の急上昇をもたらすものと考えられる。しかし曲線の形状ならびに迅速浸漬温度計によりスラグ層の温度を測定した時の経験からすれば、この例においてはスラグ層の温度を測定するために必要な応答時間が与えられたとは考えられないので、実際のスラグ温度はさらに高温である。

2. 温度降下のバラツキ

Fig. 7 (A), (B) によれば、出鋼にともなう温度降下量および取鍋内における温度降下速度は、ともに大きなバラツキを示し、しかも相互の関係は明確ではない。これらのバラツキを生ずる原因について次に考察する。

(i) 鋼浴温度の測定法の不確かさによるもの

a) 測定計器の精度 測定計器として精度 0.5%, 自盛範囲 1250~1750°C の自動平衡式温度計を使用しているから、その精度は $\pm 2.5^\circ\text{C}$ となる。炉内温度と取鍋内温度とは別の計器によつて測定しているため、出鋼にともなう温度降下量のバラツキにはこの影響があらわれる。

b) 熱電対の汚染 PR13 熱電対による鋼浴の連続測定においては、測定すべき温度がこの熱電対の過熱使用限度³⁾ にあり、ために汚染による熱起電力の低下に対する考慮が必須である。とくに、測定接点近傍における熱電対素線沿いの温度分布を、熱電対検定炉中で再現することはきわめて困難であるため、汚染した測温接点近傍に発生した寄生熱起電力の影響を過小評価するわけにはゆかない。また測温時間が長びくような場合には、新しい熱電対素線を使用しているにもかかわらず、測定中に強度の汚染がおり、測定終了までの間に無視することができない誤差をもたらすような事も考慮しておかなければならない。

これらの点は、測定装置と同等に本測定法の要点であつて、実はそれが解決をみたために本測定法が確立されたのである。この詳細については次報に述べることにする。

(ii) 鋼浴自体に関係するもの a) 製鋼炉内の温度分布 炉内の鋼浴温度はその位置および深さによつて異なる値を示し、それらの分布は精錬状況、炉内などによつて変化する。25 t 取鍋のほうが 65 t 取鍋よりも出鋼にともなう温度降下量にバラツキが大きいのは、上述のように電弧炉のほうが酸性平炉よりも炉内の鋼浴温度のむらが大きいためであると思われる。

b) 出鋼流形状の変動 出鋼流の形状は各チャージごとに異なつているのである。このことは溶鋼と大気との接触面積が変動することを意味している。したがつて出鋼流から大気への伝導および輻射による熱損失もチャージごとに異なるものと考えなければならない。

c) 取鍋内張煉瓦内壁の温度のバラツキ 取鍋の予熱温度は、25 t 取鍋ではその内壁を熱電対式表面温度計により、65 t 取鍋では内張煉瓦内にそう入してある熱電対によりそれぞれ測定し、これによつて管理を行なつている。しかし、前者は誤差が介入し易く、また後者は取鍋の反復使用にともなう内壁から測温接点への距離の減少による温度差の低下が不可避であり、ともに十分信頼し得る測定結果を常に与えるとはいききれない。したがつて取鍋内壁温度が毎回一定の希望値になるように加熱することは、現場作業としてはかなり困難なことである。さらに加熱を中止してから出鋼までの時間は必ずしも一定ではない。他方、すでに述べたように取鍋内においてスラグ層は良好な断熱効果を与えているので、これら変動する諸因子は出鋼直後の溶鋼から内壁への熱伝導に差異をもたらす、その結果取鍋内温度降下速度に対してその都度大きなバラツキを与えるものと考えられる。

(iii) データのまとめ方によるもの Fig. 7 (A), (B) に示す結果は、各種炭素鋼ならびに低合金鋼が含まれている。それらの適正出鋼温度や熱放射率には差異があるので、材質別の検討がなされなければならないのであるが、測定回数が不十分であつたために便宜上全データを一つの図にまとめたものである。バラツキが大きい理由の一つが、この点にも原因していると考えられる。

3. 連続測定法の工業的効果とその限界

鑄込開始後の温度上昇は 5~25°C の間にほぼおさまつていながら、時には 50°C 以上に達する場合もあつて予測することが容易ではない。すなわちもし鑄込開始時の温度を所要の値にそろえ得たとしても、なお「平均鑄込温度」にはいくらかのバラツキが残ることになる。また

連続測温法によつて鑄込温度を管理する場合でも、「高過ぎる鑄込温度」を避け得るのみで「低過ぎる場合」には全く無力である。このような限界があるにもかかわらず、現況では取鍋内での測温を行わずに出鋼温度から直接鑄込温度を推定することが無理であることを示すいくつかの実験結果に徴すれば、従来製鋼作業において最も管理状態から遠かつた造塊作業にとつては、本方法はなおかなり有力な手段としての工業的意義を持つものであるといえよう。

V. 結 言

取鍋内鋼浴温度の連続測定法について検討し、浸漬温度計法により出鋼後鑄込終了直前までの取鍋内深部の鋼浴の温度を連続的に測定できる方式を考案した。

さらに、この方式により若干の予備的測定を行ない、これを日常作業に折込める段階に到達した。

また現在までの測定の結果

(1) ストッパーヘッド(熱電対保護管の外殻耐火材としての)の先端から石英シースの突出長さは50mmとするのがよい。

(2) 一般に、取鍋容量が大きいほど、取鍋内鋼浴の温度降下速度は小さい。

(3) 65t取鍋における出鋼後鑄込開始にいたる間の温度降下量のバラツキは25t取鍋におけるそれよりも小さい。このことには炉内における鋼浴の温度偏析が原

因している。

(4) 取鍋内鋼浴温度は、上層ほど高温であり、鑄型への注入流の温度もそのため鑄込開始時よりも終了直前の方が高い。

(5) 取鍋内の鋼浴温度の変化およびバラツキに徴して、鑄込温度の持つ意義が再検討されなければならない。などが明らかになった。これらのことは、いずれも従来からばくぜん指摘されていたものであるが、本測定法の確立によつてそれが定量的に確認されたと考えるべきである。

終りに、この試験を指示され、かつ結果の発表を許可された株式会社日本製鋼所室蘭製作所長、常務取締役皆川孝光氏ならびに同社取締役近藤八三氏に深甚なる敬意を表すると共に、終始御指導をいただいた同所研究所長下田秀夫博士ならびに製鋼課主任池見恒夫氏に深く感謝する。また現場での測定に従事された製鋼課ならびに研究所第1部の関係各位に心から御礼申し上げる。

(和和 36 年 4 月寄稿)

文 献

- 1) 例えば木下孝之, 他: 鉄と鋼, 45 (1959) 3, p. 249
- 2) N. L. SAMWAYS and T. E. DANCY: J. Iron & Steel Inst. (U.K.), 194 (1960), p. 331
- 3) 日本学術振興会製鋼第 19 委編: 高温測定と溶鋼温度, 日刊工業新聞社刊, (1960), p. 166
- 4) 小林佐三郎: 学振資料, 19委 6043 (1960)
- 5) JIS. C 1602 (1954)

上注および下注造塊法と砂疵との関係について*

(鋼中非金属介在物, とくに砂疵に関する研究—III)

高尾善一郎**・下瀬高明***・成田貴一***・宮本 醇****

On the Relation between the Sand Marks and
Top- and Bottom-Teeming Procedures.

(Studies on the nonmetallic inclusions, especially sand marks in steel—III)

Zenichiro TAKAO, Takaaki SIMOSE, Kiichi NARITA and Atsusi MIYAMOTO

Synopsis:

With the chromium-molybdenum steel No. 21 containing aluminum acting as the deoxidizer and the austenite grain refiner, the authors examined into the top- and bottom-teeming procedures for ingot making, which had some effects on the occurrence tendency of the sand marks.

* 昭和35年10月本会講演大会にて発表

** 株式会社神戸製鋼所中央研究所長 工博

*** 株式会社神戸製鋼所中央研究所 工博

**** 株式会社神戸製鋼所中央研究所