

130mm の範囲である。この部分の重量は 6.1 t 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

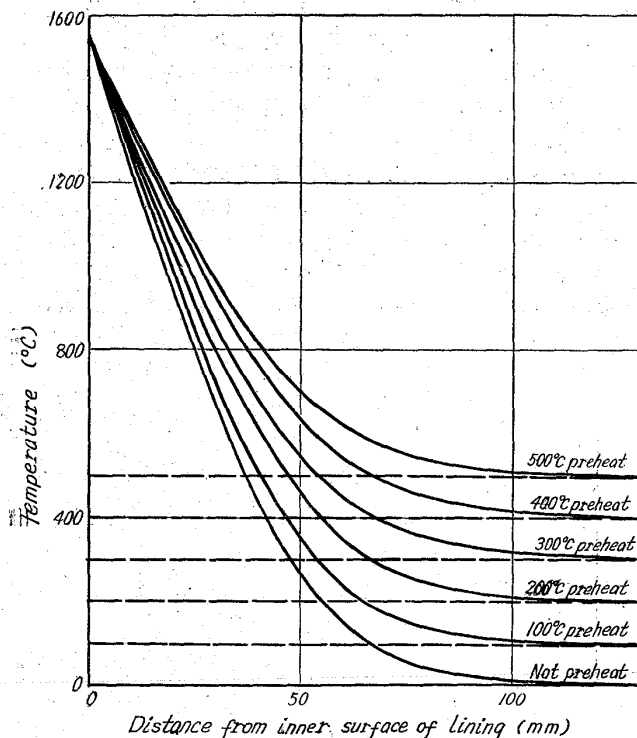


Fig. 4. Temperature distribution of lining of ladle after 30 min from tapping in each preheating temperature of ladle.

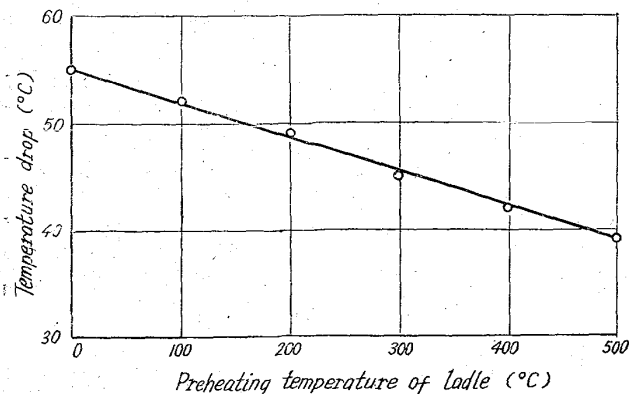


Fig. 5. The relation between the temperature drop of molten steel due to heat storage in ladle lining and preheating temperature of ladle.

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小であることを確かめた。

(2) 出鋼直後の取鍋内においては、80 t 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

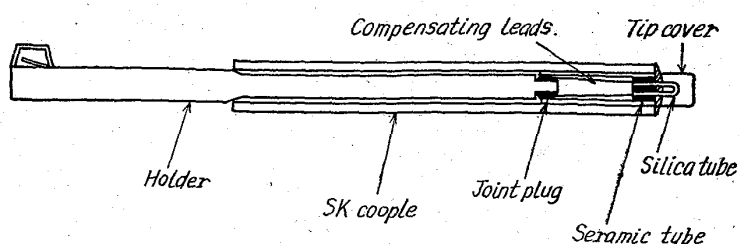


Fig. 1. Disposable immersion thermocouple.

することに踏み切り、全面的に従来のものからこの型式の熱電対に切換えを行なった。

以下にここまでに至る諸実験や経過について述べることにする。

II. 基礎実験

われわれが採用した消耗型熱電対は、Fig. 1 に示すごとき構造でホルダーと熱電対の部分（以下SKカップルと仮称する）から成り立っている。SKカップルの中に入っている熱電対は線径 0.2mm ϕ で、素線の長さは約 20mm である。これは薄いシリカチューブで囲まれ、さらにその上は鋼製の薄板で覆われている。長さ 20mm の白金-白金ロジウム熱電対と補償導線との連結は、磁性管の中で行なわれている。なお測定の際は Fig. 1 に示すSKカップルの部分を1回測定ごとに取り替える。

以上のごとき構造のため、消耗型熱電対を採用するに当つては、次のようなことが問題となる。

まず第1に白金-白金ロジウム熱電対と補償導線との継目（以下中間接点と仮称する）が先端近くにあるため、この部分の温度上昇がないかどうか確かめなければならない。

次に高温 ($1,350^{\circ}\text{C}\sim 1,550^{\circ}\text{C}$) における熱電対の精度を求めることが必要である。

1. 中間接点の温度上昇試験

SKカップルでは先端より 20mm のところに中間接点がある。この部分は熱電対と補償導線との接続部であるため、この付近の温度が補償導線にて補償できる範囲になければならない。文献によるとこの部分の温度が 100°C 以下であれば、測定値におよぼす誤差は 2°C 以内である。

そこで中間接点の部分に I. C. 熱電対を挿入し、SKカップルを溶鋼に入れてこの部分の温度上昇を測定した。すなわち、SKカップルの中間接点の近く2カ所に I.

C. 熱電対をとりつけ、溶鋼約 $1,600^{\circ}\text{C}$ に浸漬して中間接点部分の温度を観察した。その結果 10sec 間ではこの部分の温度は上昇せず、引き抜いた後に 100°C まで上昇した。

以上の実験から中間接点の温度については問題がないことがわかった。

2. 標準熱電対との比較試験

電気試験所で検定された 0.5mm ϕ の標準熱電対を使用して 0.2mm ϕ 、長さ 1000mm の熱電対との比較検定を行なった。その方法は白金ロジウム線で巻いた炉に、二つの熱電対温接点を縛り挿入し両者の mV を測定した。

その結果は Fig. 2 に示すごとくで、 0.5mm ϕ の標準熱電対の補正曲線を JIS 起電力-温度表により描き、これを基準にして各温度における測定値をプロットしたものである。 0.2mm ϕ の熱電対の補正曲線のまわり、 $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$ 範囲にはほとんどの測定値が含まれている。

なお実験に使用した熱電対 0.5mm ϕ 、 0.2mm ϕ 共英国 Scheffeld Smelting Co. Ltd. 製のものである。また実験に使用している熱電対も同社製のものに限っている。

3. パラジウム検定

標準熱電対との比較試験で、ほぼ 0.2mm ϕ の熱電対

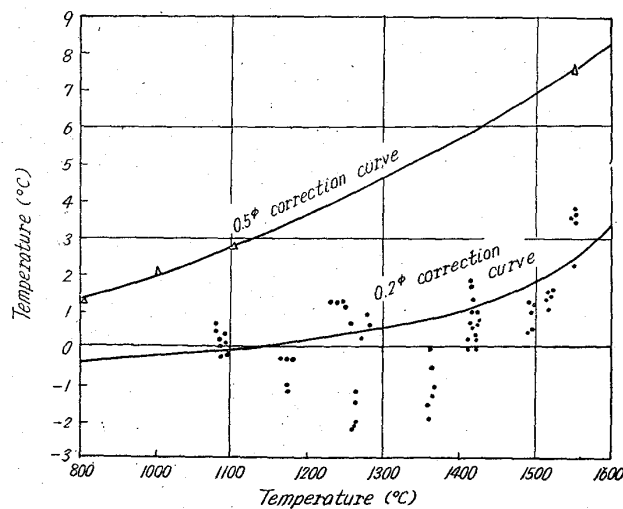


Fig. 2. Correction curves of 0.5ϕ and 0.2ϕ thermocouple for JIS.

Table 1. Calibration of 0.2ϕ thermocouple by. pd. wire method.

Item	Test number	1	2	3	4	5
Measured e. m. f.	(mV)	18.118	18.117	18.122	18.101	18.120
Corresponding temperature	($^{\circ}\text{C}$)	1555.6	1555.5	1555.9	1554.3	1555.7
Increasing rate of furnace temperature	($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)	2.6	1.7	3.7	4.1	4.2
Melting point of pd.	($^{\circ}\text{C}$)	1552				
Error	($^{\circ}\text{C}$)	3.6	3.5	3.9	2.3	3.7
Mean of error	($^{\circ}\text{C}$)	3.4				

の性質を調べることができたが、高温では純パラジウムの融点による検定がその確かめる有力な方法であるため、次のごとくパラジウム検定を行なった。

0.2mm φ のパラジウム線 5mm を熱電対の先端に接続し、白金ロジウム線巻き炉の中に入れ、パラジウムの溶融点の起電力を読みとつた。その値は前表のごとくで、4回目の起電力は少し低目であるがその他は比較的安定した値を得た。パラジウム溶融点は 1552°C であるから、JIS に対する補正値は 3.4°C となる。

4. 劣化試験

0.2mm φ の熱電対では、白金ロジウム線巻き炉内で約 30min 間の連続測温を行なつても劣化による起電力低下は認められなかつた。したがつて約 6sec 間の実際測温中に劣化が生じるということは考えられないが、念のため一度使用済の熱電対を回収し新しい熱電対と比較試験を行なった。

その方法は使用済の熱電対を白金-白金ロジウム素線約 1,000mm の先端に接続し、新しい熱電対の温接点と使用済熱電対の温接点を縛り、炉中に入れ両者の起電力を読みとつた。

その結果、一度使用したため劣化による起電低下が生じたと思われる熱電対はなかつた。

III. 消耗型浸漬熱電対の構造

Fig. 1 に構造の概略を示し、その内容について少し触れたのであるが、ここで使用別の SK カップルすなわち溶銑用、溶鋼用について詳述する。

なおこれを支持するホルダーについても最後に触れる。また同時に実用化に至るまでに特に安定した指示を得るために改良した点についても述べることにする。

1. 溶銑用 SK カップル

溶銑温度は高炉からの出銑温度および転炉への装入温度を測定している。高炉では出銑樋に浸漬し、転炉では取鍋中に挿入している。

溶銑用 SK カップルの構造は、Fig. 3 に示す。

溶銑温度測定場所およびノロ状況など測定条件がよく、温度も溶鋼に比べて低温のため、SK カップルの先端を二重の紙パイプにする必要はない。したがつて Fig. 1 と少し異なっている。また紙パイプの肉厚も薄いのが特に問題なく、良好な指示が得られた。

高炉用と転炉用の違いは全長が異なるのみで他はすべて同じである。

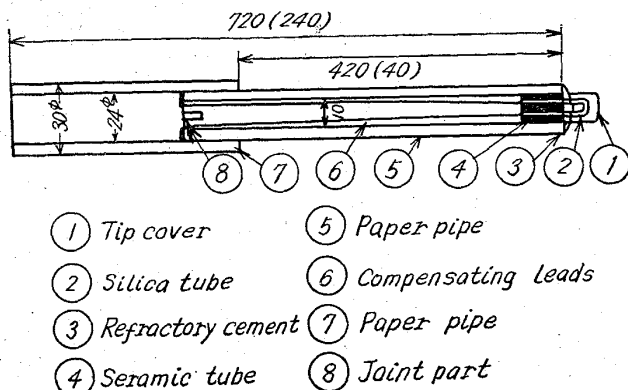


Fig. 3. SK couple for liquid pig iron.

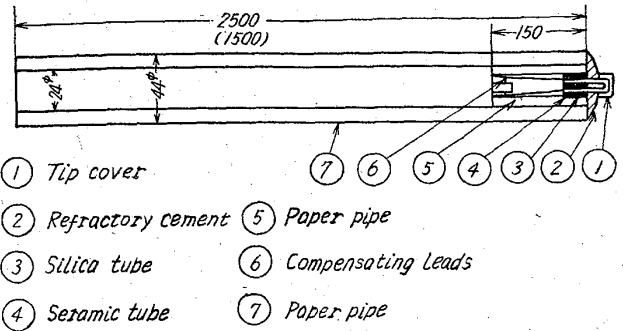


Fig. 4. SK couple for liquid steel.

2. 溶鋼用 SK カップル

溶鋼温度は平炉および転炉で測温している。いずれもノロの多い湯の中に窓を通して浸漬するため測温条件はよくない。また温度の高温のため溶銑用 SK カップルとは少し異なり、Fig. 4 に示すごとき構造となつている。溶銑用と異なる点は、

- (1) 外側紙パイプが先端まで伸びている。
- (2) ホルダーとのジョイント部が先端に近い。
- (3) 紙パイプの肉厚は少し厚い目のものを用いている。
- (4) SK カップルの全長は、溶銑用に比べてはるかに長い。

などである。溶鋼用 SK カップルの構造が Fig. 4 に示す構造となるまでの主なる改良点を下記に述べる。

平炉で溶鋼温度測定の実験を開始した頃は温度の指示が安定せず、これをなくすることがまず第一に必要な事項であつた。そこでよく原因を調査したところ、浸漬中のボイリングが激しいため、ホルダーと SK カップルのジョイント部の接触不良が生じていることが判明した。これに対処するため SK カップルをできるだけ乾燥状態で保管するようにして、ボイリングを少なくするとともにジョイント部を先端に移行し、ホルダーができるだけ先端にくるようにし、振動を防止した。

ところがジョイント部が先端に近づくので、これを保護する目的で外側紙パイプを先端まで伸ばし、さらに先端に耐火セメントをつけた。

以上の構造上の改良により、溶鋼温度もほぼ安定した指示を得ることができた。

3. ホルダー

SK カップルは前述したごとく一回測定すると廃却し、新しいものと取替えるのであるが、このホルダーは長期間の使用に耐えなければならない。ホルダーの寿命は、SK カップルのジョイント部に連結されるジョイントプラグと補償導線の絶縁抵抗の低下によつて決まる。ジョイントプラグの破損は取り扱いに無理をしない限りめつたに起らない。補償導線の絶縁抵抗の低下はパイプの加熱を防ぐことにより防止できる。したがつて平炉溶鋼用ホルダーは、紙パイプ以降で炉の窓の中に入る部分を二重パイプにして保護している。

IV. 測定結果

前述した基礎実験および構造上の改良を経た後、現場で従来の浸漬熱電対に替えて測定を開始した。

SK カップルのシリカチューブは薄いものであり、白金-白金ロジウム熱電対の直径は $0.2\text{mm}\phi$ であるため、応答速度は速く指示はすぐに平衡に達する。そこで記録計のチャートスピードも考慮して測温時間のタイマーは6secにセットし、ブザーが鳴る²⁾と同時に測定握りを解く。したがってSKカップルを引き抜く際のノロおよびフレームの温度は記録されない。

Fig. 5 に平炉の溶鋼温度測定の結果を示す。図より明らかなように応答速度は速く、指示は安定した図を描いている。

V. 結 言

10 数年来溶銑溶鋼温度測定のため使用されてきた従来の浸漬熱電対に替って、この度消耗型浸漬熱電対を全面的に採用した。消耗型浸漬熱電対は、

1. 整備の必要がなく人員の削減ができる。
2. 劣化による指示低下の恐れがない。
3. 応答速度が早く平衡点が明確である。

などの特徴がある。ただし欠点としては従来の浸漬熱電対に比べて費用の点で少し割り高である。かかる意味からいつて、現在使用の消耗型浸漬熱電対の構造は最終的なものでなく、今後さらに改善を図る必要がある。

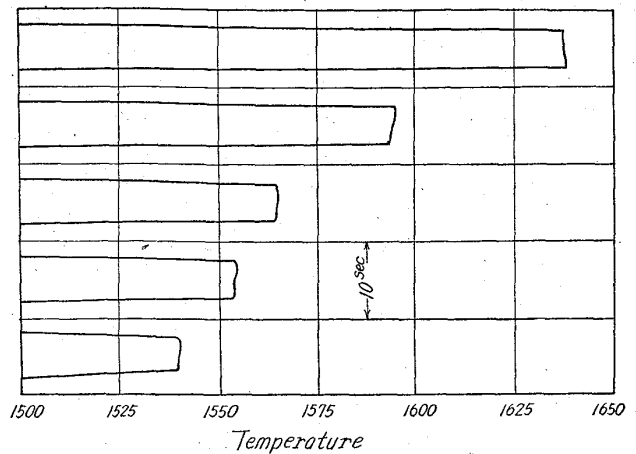


Fig. 5. Example of recording chart by disposable immersion thermocouple.

文 献

- 1) 宮内鉄也: 温度測定, 昭 24, 10, 15, p. 45 コロナ社
- 2) 石井清二: 住友金属, 7 (1955) 1, Jan. P. 46.