

昭和十二年四月二十五日發行

## 論 說

### 新熱電對に依る熔鋼溫度の測定

(第3回工學大會)

佐々川 清\*

#### ON THE MEASUREMENT OF THE TEMPERATURE OF MOLTEN STEEL IN USING *W-C* THERMO-COUPLE.

*Kiyoshi Sasagawa.*

**SYNOPSIS:**— In the steel making practice, it is very important to know the temperature of molten steel.

Generally the optical pyrometer is used, but the temperature measured is not accurate as the personal error is apt to become large, and also as the oxidized film or gases issued covers the surface of the molten metal.

To gain more accuracy, the author studied the contact pyrometer in using *W-C* thermo-couple.

With the special devises, he found that this thermo-couple is applicable in practice, especially in the case of the casting temperature measurement.

By this method the personal error occurs rarely, and also the error of the temperature measured becomes very small in comparison with the optical method as we can dip the tip of the thermo-couple in the steel bath itself.

The value of E. M. F. obtained from this thermo-couple is in the same order as in the case of *Pt-PtRd* couple, and so we can use the ordinary millivolt-meter to measure the temperature.

#### 1. 緒 言

製鋼作業、殊に兵器用の如き重要鋼材の製造に際し、熔解精鍊時、或は注型時に於ける熔鋼の溫度が製品の良否に重大關係あることは云ふ迄も無い事であつて、爐内に於ける熔鋼溫度を高め注型溫度を適切ならしめることに就ては製鋼技術者は常に苦心して居る所である。熔鋼溫度の測定には普通光高溫計が使用されるが、光學的方法是餘り精確でなく、操業方法の異なる場合の比較は勿論、場所を異にした場合の熔鋼溫度の比較など到底満足になし得ない。又白點其の他鋼材に發生する地疵が熔解或は注型溫度に重大なる關係がある事は明かであつて是等地疵發生防止策よりしても、精確適切なる測熱計を得る事が必要であるので茲に本研究を企てるに到たのである。

本問題は全面的に成果を擧げることは簡單でないので、先づ目的を鑄込溫度の測定に限定して研究を進めることと

した。蓋し鑄込溫度を精確に知ることは製鋼作業操作上の大なる指針を得るのみならず廢品防止或は製品の統制にも資し得べき見込があるからである。

#### 2. 光高溫計の缺陷

從來、熔鋼の溫度測定には専ら光學的測定方法が用ひられて來た、光高溫計は即ちそれであつて使用方法が簡單で頗る便利である。然し本方法は、鋼湯の表面溫度を測らんとするものであつて、一方鋼湯表面は、空氣に接觸する爲常に酸化膜をつくり或はガスを以て蔽はれる爲、裸の鋼湯表面を見得る機會は殆どなく、從て眞の溫度は測り得ぬ計りでなく、測る度に測定數値が異なるのである。普通此の見掛溫度を眞溫度に換算するに、輻射能補正值(エミッシビテター)を定めて補正するが、此の數値も又鋼の成分に依て異り、之を幾何とすべきやに確固たる論據がない。從て眞の溫度を知る事は殆ど不可能と云て良い。又光高溫計は其の構造上人的誤差が大となり勝で、同一人が測ても一

\* 吳海軍工廠

定値を得難いのであって、測定者が異れば読みは一層甚だしく異て来る。

温度測定法の一つである接觸方法に依れば以上述べた様な缺點は無い、然し鋼湯は温度が甚しく高き爲、白金線は使用し得ず、他に適當な熱電對が無いので従來此の種の目的には何所の國でも殆ど使用されず、少くとも我が國の製鋼作業に於ては未だ實用に供せられて居るのを聞いた事がない。

著者は研究方法を接觸測熱方法に依る事と定め先づ熱電對の適當なものを探究し以て本目的を達成せんと企てた。

### 3. 熔鋼温度測定用熱電對の系式

高温度に耐へ得る熱電對材料として従來研究されてあるものに次の各種がある。

- |                           |                   |                 |
|---------------------------|-------------------|-----------------|
| 1) <i>Rh-Pt</i> . Rhenium | 3) <i>C-PtRh</i>  | 6) <i>W-Ta</i>  |
| <i>Rh-Rh</i> . Rhenium    | 4) <i>Mo-PtRh</i> | 7) <i>W-C</i>   |
| <i>Ir-Ir</i> . Rh         | 5) <i>W-Mo</i>    | 8) <i>C-SiC</i> |
| 2) <i>W-PtRh</i>          |                   |                 |

此の内 *Pt* 屬のものは使用可能の温度範囲低きのみならず著しく高價、且入手困難で、鋼湯温度測定用としては實用化の見込は殆どない。従て研究の價値あるものは次の3種に限定される。

- a) *W-Mo*      b) *SiC-C*      c) *W-C*

a) *W-Mo*:—本熱電對に關しては1933年 B. Osann & E. Schröder 氏の研究發表がある (Archiv Eisenhüttenwesen VII 89-94)

同氏の論文によれば温度、起電力關係曲線は第1圖中に示す通であつて、起電力は白金線の場合より著しく可成少ないから読み誤差は大となり勝である。本熱電對の構成材料たる *Mo* 及 *W* は何れも極めて酸化し易いから使用に當ては當然保護管で蔽ふ必要があるのみならず、保護管中でも水素或は石炭ガスの如きもので蔽ひて酸化を防ぐ必要がある。熱電對を保護管で蔽ふときには、温度に相當する起電力が計測器に表はれる迄に少くとも數分を要するから、鑄込の際の眞の湯熱は測り得ないし、又熔鋼或は鋼滓中に長く浸しておいて故障を生じない保護管を得ることに困難がある。

同氏は本熱電對を用ひて平爐内温度を測定し興味ある實驗成績を得たるが如きも、其の後の研究結果の發表がない爲實用上どうであるか判然しない。

本系式は *W*, *Mo* とも何れも金屬なる爲、接點が完全となること、均齊なるものを得らること等、本目的達成

の爲の熱電對材料として有望のものであるが *Mo* 線の入手困難なのと保護管中での熱電對中の酸化防止法が面倒なので手を觸れぬ事とした。

b) *SiC-C*:—本熱電對に關しては1933年 G. R. Fitterer 氏 (Pittsburgh) の實驗がある。(Trans. Amer. Inst. Min. Metallurg. Engr., Iron. Steel Div., 105 (1933) S. 290-301) 炭素管中に *SiC* の棒を差込み、其の接觸により 1,600°C にて 470 mV の起電力を生じたといふ。

本系式のものに就ては著者も數年前實驗を行った、即ち炭素棒と *SiC* 棒とを接觸せしめて得た起電力、温度曲線は第1圖中に示す通で 1,500°C で 150 mV 即ち *Pt* 線の約 10 倍の起電力を得た。従て本熱電對は測定温度が精密となるから有望の様であるが種々實驗の結果は次の如き缺陷があることを知た。

1) 起電力測定用計器の入手稍困難なり:—普通電位差測定に用ひられるのはボルトメータ或はミリボルトメータであるが、本熱電對の場合は其の中間を測定する計器を必要とし従て入手が稍困難となる。

2) 均一なる *SiC* 棒の入手困難:—*SiC* の抵抗の一定なるものは入手困難である。例へば徑 10 mm の *SiC* 棒 3 本につき 200 mm 長さの電氣抵抗を測定せるに 39.6, 48.8 及 58.2 オームでバラツキが甚しい。電氣抵抗が斯くの如く異なるのであるから、之と炭素棒と接觸せしめても起電力の發生は又バラツク事となり、即ち熱電對各につき一々計器の補正を要し頗る繁雜となる。

3) *SiC* 棒は抵抗大に過ぐ:—*SiC* 棒の電氣抵抗は前述の如く大であつて 10 mm 棒長 1 m のものは 250 オーム近くとなり、起電力測定用計器の内抵抗と同程度となる従て熱電對の1本なる *SiC* の抵抗に變化を生ずる恐れある場合 (*SiC* は温度が上昇すると電氣抵抗が減少する、即ち熔鋼中に浸す深さが違たり、或は長く置いたりすると加熱されて抵抗が變化し起電力が變て来る) には測定温度は不正確となる。

4) 保護管を必要とす:—*SiC* は直接鋼湯に接觸せしめると、次第に熔融し去る。殊に *FeO* を含む鋼滓には浸蝕される様である。又炭素棒が酸化、減耗することは勿論である。従て、特種の方法を講じない限り保護管を必要とする。保護管を附することは *Mo-W* 系の場合同様、測熱に時間を要し、鑄込温度の測定には適切でない。

以上各種の缺陷があるので、研究を進める事を中止した

c) *W-C*:—本熱電對に關しては 1928 年 Trans. Amer. Electrochem. Soc. 54 S. 19-36 に H. L. Watson & H. Abrams 兩氏 (Thomson Laboratory of General Electric Co., West Lgmn, Mass.) が實驗論文を發表して居る。同氏によれば本熱電對の起電力は白金線の 2 倍に近いといふ *W* が酸化し易く殊に *C* は燃え去る恐れある爲、同氏は此の熱電對を保護管にて蔽ひ猶冷接點を水流で冷却した。同論文中には本熱電對を用ひて陶器製造爐其の他の爐の温度を測定したとあるが、前記 Osann 氏の論文によれば、本熱電對は *W* が炭化することと、保護管の徑が著しく大となり、従て温度測定に要する時間が甚しく長くて實用にならねと書いてある。Watson 氏の論文發表後 8 年を経過せる今日、猶本熱電對が製鋼作業に使用せられたのを聞いたことは無い。

本熱電對は斯の如く一般には放擲されて顧みられて居ないけれ共、本系に使用の熱電對材料たる *W* 及 *C* は何れも入手が極めて容易で、價格も低廉であり、且又電氣抵抗の少ない事、起電力が白金線使用の場合と同程度なる事等の利點があるので、此の *W-C* 系を用ひて、之が缺點除去の方法を講じる事に就て、實驗研究を進める事とした。

従前の研究者は一般的に温度測定用に資すべく考へた爲成功しなかつたのであるが、著者は若し之を單に熔鋼の鑄込温度測定のみに限定すれば、或は相當見込があるかも知れないと考へ、熱電對の型式を外側に炭素管、内側に *W* 線をおき猶、迅速、且精確に温度を測る爲、炭素管の尖端に別の炭素帽をつけ *W* との接觸部をつくり、保護管を用ひずして之を鋼湯中に直接浸す事とした。

炭素管は探照燈の弧光用のもの *W* 線は原子水素電弧熔用極線の利用から思ひついたのである。

#### 4. *W* 及 *C* の熱電對材料としての適否

a) 炭素管:—使用した炭素管は内徑 6mm 外徑 15mm 長約 800mm の寸法を有し比重=1.436 分析成分は *C*=95.8 揮發物=83, 灰分=3.34 のグラフアイトを固めて造たものである。

10 本の炭素管に就き外徑を精細に測定し製作上のバラツキを調査して見た所平均値は 15.274mm 最大 15.416mm 最小 15.208mm 即ち ±1% の誤差範囲にある。(第 1 表参照) 次に長 750mm 間の電氣抵抗を測定した。10 本の平均

値は 0.1780 オーム、最大 0.1842, 最小 0.1703 オームバラツキの範囲は ±4% に過ぎない。(第 1 表参照)

白金熱電對の場合は長 1mm につき *Pt* は 0.5 *Pt-Rd* は 1 オームの電氣抵抗を有するが故に本炭素管は白金に比較し遙かに抵抗が小である。

炭素管の尖端は鋼湯に近付く爲加熱せらるる恐れあるを以て念の爲温度上昇による電氣抵抗の變化を測定した、其の結果は、第 2 表の通り温度の上昇に従ひ抵抗は幾分減少する。白金線の場合は抵抗が増大する爲修正を要するけれど炭素の場合は抵抗が遙に少いのみならず、減少の傾向にあるから其の必要が殆どない。

b) *W* 線:—使用せる *W* 線は外徑 0.3mm あり、其の純度は 99.7% である。10 本の *W* 線につき外徑を測定せるに其の平均値は 2.987mm 最大 3.007 最小 2.976mm で ±0.7% の製作誤差範囲となる(第 3 表参照)

電氣抵抗は長 750mm につき平均 0.006141 オーム最大 0.006270, 最小 0.005903 オーム即ち白金線の 1/100 に過ぎない。

温度の上昇により *W* 線は抵抗を増す、其の程度は第 4 表に示す通で 500°C では常温のときの 5 倍以上となる、但しそれにしても白金線の 1/10 程度であるから、温度修正の必要は殆どない。

c) 冷接點:—熱電對の一端を鋼湯に浸す際には他端も多少熱せられる、冷接點の温度と起電力との關係を知るべく熱電對の一端を 750°C に加熱しおき他端を 0~100°C に加熱し起電力の變化狀況を調査した、其の成績は第 5 表の通で冷接點の温度が昇れば起電力は稍増加する、本測熱計に於ては冷接點の周圍は水槽で蔽ひ出來得る限り温度を一定に保持することに努めて居るし、又温度測定時間は 10~15 秒に過ぎない爲冷接點の温度は殆ど上昇せず、従て本影響は考慮の必要がない。

以上序述した通、本熱電對に於ては使用する炭素管、*W* 線の徑が太い爲、電氣抵抗が極めて少なく白金線よりも更に小であつて、ミリボルトメータの内抵抗に比べれば度外視し得る程度である、然も製品も殆ど均齊なるものを得らるるが故に個々の熱電對に於ける誤差は殆どないといふ事が出来る。念の爲實際製造した熱電對に就きてはすべて約 700°C の鉛槽中に一端を差し込み白金線熱電對と比較して居るが總て一定温度に於ては一定の起電力を生じる、即ち、本熱電對は充分工業的に使用し得ると云ふ事が出来る

本熱電對を用ひて得る起電力と溫度との關係は第6表並に第1圖に示す通で  $500^{\circ}\text{C}$  以上では略直線的に増し然も起電力の量は  $Pt-PtRd$  の場合より稍多い程度であるからミリボルメータを以て測定することを得て極めて便利である。本補正には白金電氣爐を用ひ電氣爐内は密閉して還元ガスにて炭素管及  $W$  線の酸化を防ぎおき  $Pt-PtRd$  線と比較して行たもので  $1,500^{\circ}\text{C}$  以上は想像線である。

d) 本熱電對の缺陷: 一本熱電對の有する最大の缺陷は炭素及  $W$  が何れも酸化し易い材料で、従て接觸部分の酸化の爲起電力の低下を來す恐れがあること及炭素と  $W$  とが隣接して居る爲  $W$  線が一部分  $WC$  となり起電力を低下することになるの2點にある。

之が對策として、著者は炭素管の尖端を毎回の測定に際し變更し得る様、炭素管の尖端部に別個の炭素帽を附し、此の炭素帽が  $W$  線と接觸し且之を蔽ふ如く設計し此の部分を直接鋼湯中に浸す方法を採た。本方法によれば  $W$  と  $C$  との接觸部は酸化の恐れなきのみならず、鋼湯中に浸す時間が極く短い爲  $W$  線も炭化の憂殆ど無く従て、充分目的を達成し得るのである。但し本法では長時間の溫度變化の測定はなし得ず、又測定に當ては一々炭素帽を變換し且  $W$  線の面を研磨する必要があるので、此の缺點を除きもっと長時間の使用に堪へんとするに就て更に研究中で不日發表し得るに到ると思て居る。

## 5. 新測熱装置の説明

第2圖は  $W-C$  熱電對を用ひて熔鋼の注型溫度を迅速且精確に測定すべく考案した装置の大體を示す。炭素管の尖端熱電對の溫接點には別の炭素帽 (A) を用ひ、之と主炭素管 (B) とはネヂ接觸とした。  $W$  線 (C) の尖端は稍細くし、炭素帽 (A) の内側と完全なる接觸を保たせる。熱電對の大部分は鐵製保護管 (D) を以て蔽はれ、其の鋼湯に近き部分には別に鐵製蔽 (E) を附し保護管尖端の酸化を防ぐ。冷接點に近き部分は銅製水槽 (F) を以て蔽ひ此の内に氷水を入れておき冷接點の溫度を一定に保つ様にした。冷接點から出た2本の導線は把握棒の中を通過して起電力測定用ミリボルメータにつながる。本方法では熱電對尖端の炭素帽は1回の使用により侵蝕減耗するから毎回交換する。猶  $W$  線の尖端も酸化或は炭化する恐れがあるから、毎回使用の際は研磨して純粹な  $W$  面を出させる。實際使用に際しては炭素帽の尖端約  $30\text{mm}$  を鋼湯に浸しミ

リボルメータの指針の振れを讀めばよい。指針が最高溫度を示す迄に要する時間は僅に  $10\sim 15$  秒で最高溫度になると指針が停止するから之を讀んで換算表を見れば溫度を直に知り得るのである。餘り長く放置すれば炭素棒は次第に鋼湯中に熔け去り  $W$  線の尖端を傷めることとなるから充分注意して手早く測定しなければいけない。

次回使用の際は尖端の炭素帽を變換し且  $W$  線の尖端を研磨する。主炭素管は保護管で蔽はれて居る爲殆ど酸化せず、従て變換の必要はない。本高溫計に於ては炭素帽の尖端に  $W$  線の尖を少し覗かせた。蓋し、保護管使用時に於ける最大缺陷である所謂タイムラグを出來得る限り除去せんが爲である。

## 6. 實用試驗成績

實驗は主として鑄込溫度の測定に限定し、熔鋼溫度を新高溫計で測ると同時にリーズノースラップ式光高溫計で測定して比較を行た。

鑄込溫度の測定に際しては次の方法に據た。

1) 高周波電爐鋼の鑄込溫度測定: 一 熔解作業終了し鎮靜を施した後正に注型せんとする際電氣爐内の鋼湯表面の鋼滓を掻き分け熱電對を鋼湯を鋼湯中に浸す。猶送電中止直後の溫度も測定して見た、蓋し爐内でキリングを行ふ場合鋼湯がどの程度に溫度が下るかを知る爲である。

2) 平爐鋼の鑄込溫度測定: 一 取鍋より鑄型に鑄込の際使用する懸堰の中の熔鋼中に熱電對の尖端を浸す、懸堰中では鋼湯の流れが急で無いのみならず、側に近寄り得て測熱作業が容易であるからである。

A) 高周波電爐鋼の鑄込溫度測定: 一 第7表及第3圖は其の成績を示す、本装置によれば、高炭素鋼、高速度鋼の鑄込直前の溫度は約  $1,500\sim 1,520^{\circ}\text{C}$   $Ni-Cr$  鋼は  $1,560\sim 1,570^{\circ}\text{C}$  で大體吾人の想像通の溫度を示して居る。光高溫計で測た溫度は鋼種による區別はなく、見掛溫度が  $1,525\sim 1,575^{\circ}\text{C}$  で、若し輻射能補正係数を  $0.4$  と假定すると眞溫度は約  $1,700^{\circ}\text{C}$  となり、餘りに高過ぎる。結局高周波電氣爐の場合は補正係数を  $1$  としなければ、後述の平爐或は電氣爐の場合と合致しない事になる。猶本實驗の結果、送電中止直後の溫度は約  $1,660^{\circ}\text{C}$  で爐内保持による溫度降下は約  $100^{\circ}\text{C}$  位ある事が明かに判る。

B) 平爐鋼の鑄込溫度

(イ) 大鋼塊鑄込の場合 (懸堰1個使用): 一第8表及第4

圖は實驗成績を示す。平爐から注出した鋼湯は一つの取鍋に入れられ、1個の懸堰に依て1個の鑄型に鑄込まれる。温度測定は此の懸堰中で鑄込の最初、途中及終り頃に行た。第4圖に於ては横軸には鑄込時間を縦軸には測定温度を示して居る。黒點は本装置で測た温度、細線は光高温計で測た見掛温度、細破線は補正係数を0.4として算出した換算温度である。

本實驗成績から次の事實が判る。

1) 光高温計で測たものは鑄込時間の経過に依て一定の温度變化の傾向を示さず、時に依ては鑄込の終り頃に温度が上るといふ様な矛盾した成績を示して居る。

2) 光高温計で得た見掛温度は1,370~1,450°Cで低過ぎる。

3) 温度を補正すると1,490~1,580°Cとなり一般的には新装置で測定した數値と同程度になる。

4) 新高温計で測つた温度は最初が低く途中で高く終りで低い。此の傾向は常に同じであつて、念の爲6回測定したのものによると、鑄込開始後10分位が最も高く、其の後は次第に低下する様である。

5) 新高温計で測た温度は最高1,600°C最低1,480°C位で吾人の想像通である。且又A鋼がB鋼に比し鑄込温度が高い事が明瞭に判る。

新高温計で測定した温度が鑄込時間の経過に従ひ常に一定の變化を示す事實は鑄込開始の間は懸堰が冷いから温度が低く、10分位して懸堰が完全に暖まると、それから取鍋の中の鋼湯の冷却狀況が現はれて温度の低下を示すのだと解釋すれば充分首肯し得るのである。

圖中の黒破線は本傾向を示したもので鋼塊の鑄込温度に斯の如き變化のある事を明示し得たのは恐らく本實驗が初めてであつて之を以ても本高温計が如何に精確であるかが判る。

(ロ) 數個の小鋼塊鑄込の場合(鋼塊毎に別個の懸堰使用)

本實驗に於ては、鋼湯は平爐から大きな取鍋に移され、此の取鍋から順次數個の小鋼型に鑄込まれた場合の鑄込温度を測定したのであつて、鋼型にはそれぞれ1個宛の懸堰が備付けてある。

前述した通、1個の鋼塊に就ては鑄込温度は刻々變化すべきであるが、懸堰の大きさが同じ場合は鑄込開始後一定時間後に測定すれば懸堰の影響は一定となり、従て各鋼塊の注型温度の比較が出来るわけである。

第9表及第5圖は本實驗成績を示すもので9匁鋼塊5本注ぎの場合は取鍋から最初2本を注ぎ、之が終てから次の2本、最後に残りの1本を鑄込む。又6匁鋼塊8本の場合は、2本宛順次4回に鑄込んで居る。1本の鋼塊の鑄込に要する時間は9匁鋼塊で9分、6匁鋼塊で7分位であるが、温度の測定はすべて懸堰に注込後4分後と定めた。

本實驗成績から次の事實を知り得る。

(イ) 光高温計の温度は1,420~1,450°Cで餘り低く過ぎる、猶、最初の鋼塊と最後の鋼塊とに温度差が殆ど無い

(ロ)  $E=0.4$ として補正すると數値は1,550°C附近となり、新高温計による測定數値と略ぼ合致して来る。

(ハ) 新高温計による測定數値を見るに、常に最初鑄込んだ鋼塊が高く、後になる程鑄込温度が低くなり、最初と最後との差は80°C位ある、之は取鍋内の鋼湯の温度が時間の経過に従て低下するのだと解釋すれば少しも無理がない。

以上の成績を見ても、新高温計の精確さが知れると同時に、光高温計を頼りにすることの心細さが判る。

## 7. 價 格

タングステン線は1m長さにて約15圓、炭素管は800mm長さで3圓50錢位、保護管は約20圓位で相當良いものが出来、合計1本の熱電對に就て約40圓を要する。普通注型時に於ける熔鋼温度の測定は3~4回行ふ必要があるから、假に5本整備しておくとして200圓あれば充分である。此の他起電力測定用としてミリボルトメータ1個約150圓を要する。

消耗費としては、尖端の炭素帽が工費材料費共で約40錢、之は毎回換へなければならぬ。又タングステン線尖端は毎回測定後研磨を要し、従て僅かづつではあるが減耗する。結局消耗費は毎回約50錢であるが、ゼーゲルコーンのことを考へると廉いものである。

光高温計は消耗費はないが購入費は随分高い。本高温計は熱電對は極めて安價であるが、毎回或程度の消耗費を要する。但し重要鋼材を製造する工場の如く、熔鋼の精確なる温度を知ることが本當に必要な所に於ては、斯の程度の費用は殆ど問題にならぬものと見て差支へないと信ずる。

## 8. 結 論

1) タングステン線と炭素管とを組合せたる熱電對を用

ひ特殊の考案工夫をした、本論文記載の新高温計は、計測が迅速且精確で熔鋼温度、殊に注型時に於ける温度測定用として實用に適する。

2) 本高温計によれば、熔鋼に接觸して其の温度を測る事となる爲、従來の光高温計の場合の如く、熔鋼表面或は周圍の浮遊物或はガス體、塵埃等により光を吸収されたりすることなく、又測定に際する人的誤差も著しく減少され、遂に精確に熔鋼の眞温度を知ることが出来る。

3) 著者は本高温計を用ひて、高周波爐、平爐、電氣爐等の熔鋼の注型温度を測定し、従來困難であつた是等熔解法の差違による熔鋼温度の比較を行ひ、又鋼種による鑄込温度の差違をも知た。又注型温度と鑄込時間との關係を調査した結果、鑄込時間の経過に従ひ、1個の鋼塊に於ても、注型温度は刻々變化して居るものなること、注型方法の差違即ち、1個の懸堰を用ひて注型する大鋼塊の場合と別々の懸堰を用ひて順次注型する小鋼塊の場合とに於て所謂注型温度に非常の差違のある事實等を明かになし猶、之が理由を明瞭に解釋することを得た。

4) 本高温計は主として熔鋼の注型温度を迅速且精確に測定することを目標として研究考案したものであつて、従て其の他の問題即ち熔鋼の爐内に於ける温度或は湯出温度等の測定には適當でない。

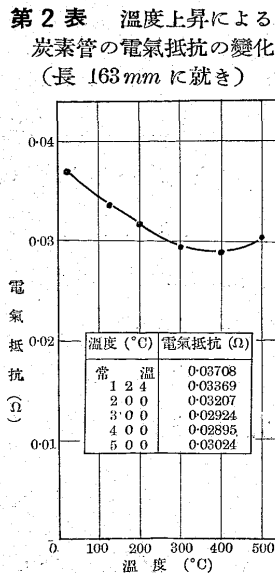
然し良質鋼の精鍊作業に最も大切なることは爐内の熔鋼温度測定にあるのであるから、更に進んで本目的を達成せんとして、引續き研究を行ひつつある。

5) 本高温計で最も工合の悪い點は、炭素帽及タングステン線の尖端を毎回測定後置換或は研磨しなければならぬ

**第 1 表**  
炭素管の寸法調及電氣抵抗

管符號	寸法 (外徑mm)	電氣抵抗 (オーム)
No. 1	15.416	1703
2	15.339	1750
3	15.234	1783
4	15.227	1760
5	15.247	1820
6	15.236	1776
7	15.304	1809
8	15.208	1752
9	15.245	1842
10	15.288	1804
平均値	15.274	1780

備考其 1 寸法は全長 1m の兩端及中央部 3 個所に於ける縱横方向に測定せる外徑の平均値なり。  
其 2 電氣抵抗は長 750mm に就て測定せる數値なり



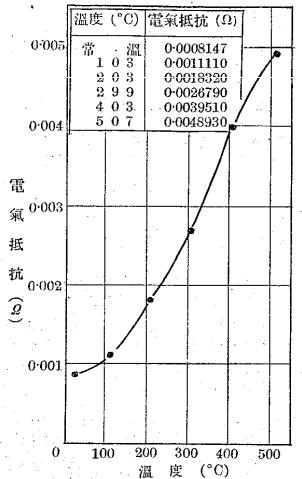
い點である。此のことは測定温度の精確竝に計測の迅速を目標とする關係上保護管を使用し得ない爲、自然止むを得ないのであるが、或方法によれば更に之を改善し得る見込で引續き實驗研究中で、不日又發表の機會があると信じて居る。

**第 3 表**  
W 線の寸法調及電氣抵抗

符號	寸法 (外徑mm)	電氣抵抗 (オーム)
No. 1	2.985	005903
2	2.985	006270
3	2.989	006112
4	3.001	006167
5	2.984	006204
6	3.007	006104
7	2.976	006102
8	2.986	006154
9	2.988	006182
		006215
平均値	2.989	006141

備考其 1 寸法調は全長 1m の 6 ヶ所にて行ひ平均値を出せり。  
其 2 電氣抵抗は長 750mm に就て測定せる數値なり

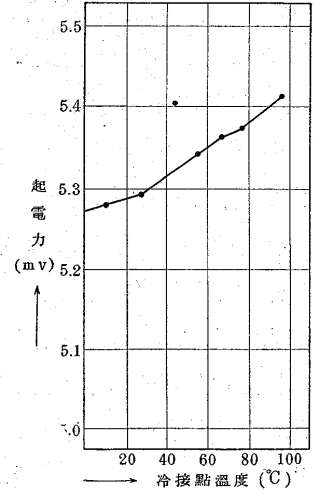
**第 4 表** 温度上昇による W 線の電氣抵抗の變化 (長 102mm に就き)



**第 5 表** 冷接點温度の影響

W-C 熱電對の温接點を 750°C に加熱しおき冷接點を 0-100°C に加熱し起電力の變化を調査せり其の成績下記の通にして起電力は温度の上昇により稍増加す

冷接點温度 (°C)	起電力 (mv)
0	5.27
27	5.29
55	5.34
65	5.36
75	5.37
85	5.39
90	5.41



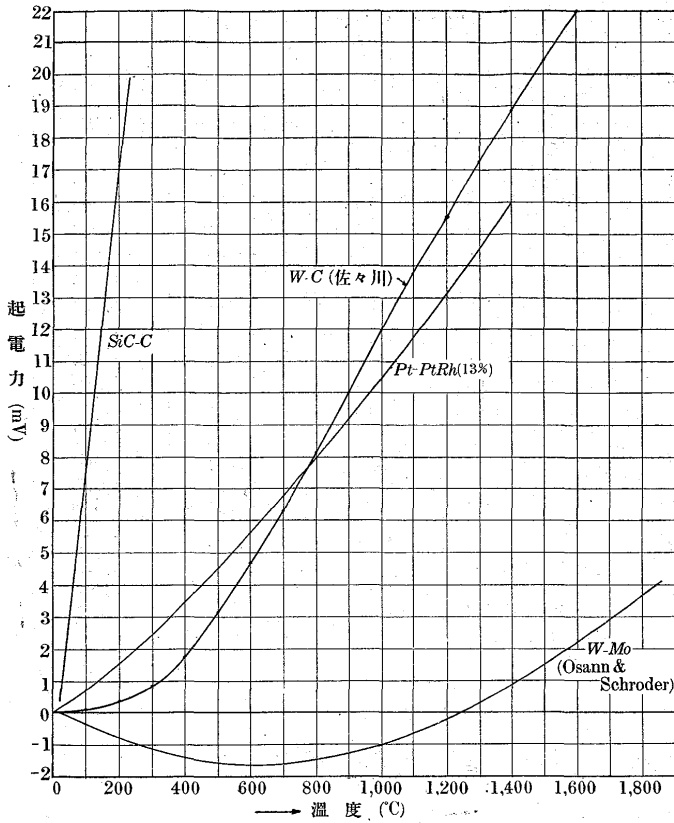
**第 6 表** W-C 式熱電對の温度と起電力との關係

温度 (°C)	起電力 (mv)	温度 (°C)	起電力 (mv)	温度 (°C)	起電力 (mv)	温度 (°C)	起電力 (mv)
100	1	500	3.0	900	10.1	1,300	17.3
200	3	600	4.6	1,000	12.0	1,400	18.9
300	8	700	6.4	1,100	13.8	1,500	20.5
400	17	800	8.3	1,200	15.5	1,600	22.0

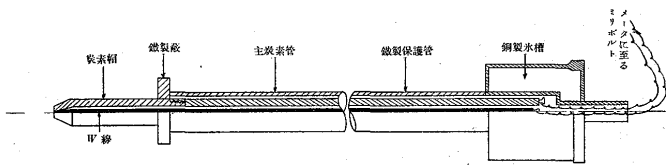
**第 7 表** 高周波電爐鋼の鑄込温度 (°C)

主要成分	光高温計の示せる温度		本装置の示せる温度	
	見掛	補正 (E=0.4)	鑄込直前	送電中止時
高炭素鋼	1,574	1,730	1,505	—
	1,540	1,680	1,505	—
高速度鋼	1,550	1,705	1,500	—
	1,550	1,705	1,505	—
	1,525	1,670	1,520	—
	1,568	1,720	1,560	—
特殊鋼	1,540	1,690	1,562	1,660
	1,550	1,705	1,570	—
	1,550	1,705	1,570	—

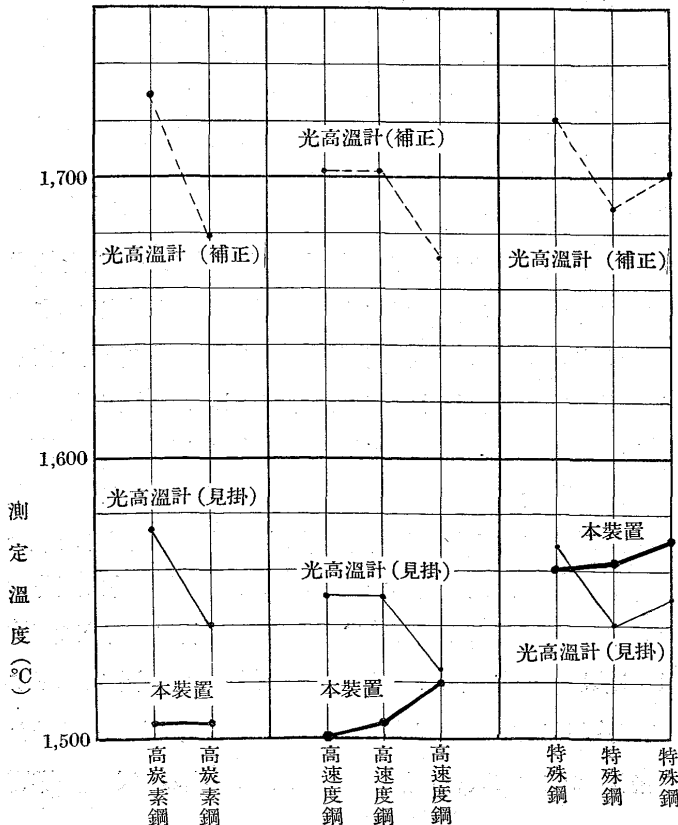
第1圖 溫度と起電力關係曲線



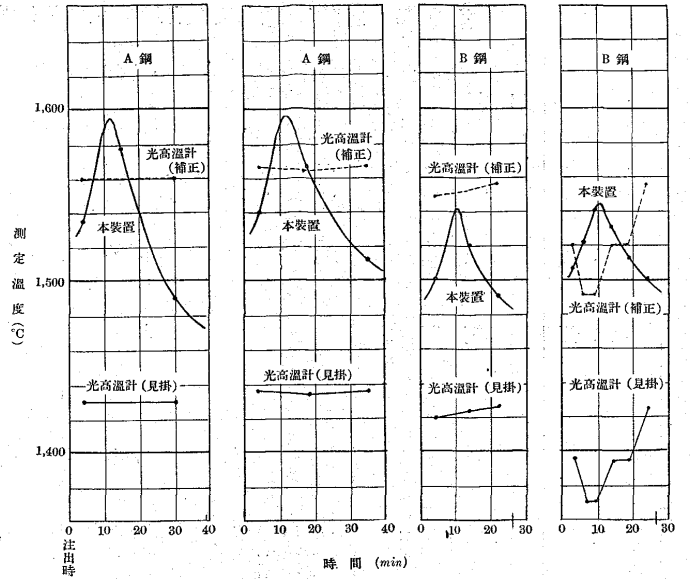
第2圖 W-C 熱電對裝置略圖



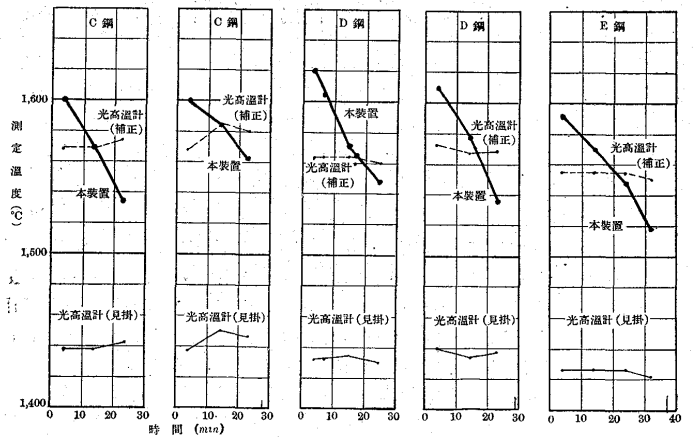
第3圖 高周波電爐鋼の鑄込溫度



第4圖 平爐鋼の鑄込溫度



第5圖 平爐鋼の鑄込溫度



第8表 平爐鋼の鑄込溫度 (懸堰1個使用) (°C)

鋼種	鋼塊大小 (T)	鑄込所要時間 (分)	湯出し時溫度 (光高溫計)		鑄込開始より測熱時迄の時間 (分)	光高溫計の示す溫度		本装置の示せる溫度
			見掛	補正 E=0.4		見掛	補正 E=0.4	
第一例 A鋼	38	39	1,540	1,690	4	1,430	1,560	1,536
			—	—	15	—	—	1,578
			—	—	30	1,430	1,560	1,490
第二例 同上	40	40	1,545	1,695	4	1,436	1,567	1,540
			—	—	18	1,434	1,564	1,566
			—	—	35	1,436	1,566	1,512
第三例 B鋼	30	27	1,549	1,698	4	1,420	1,548	1,500
			—	—	14	1,424	1,552	1,520
			—	—	22	1,427	1,556	1,490
第四例 同上	30	27	1,544	1,694	3	1,396	1,520	1,505
			—	—	6	1,370	1,491	1,520
			—	—	9	1,370	1,491	1,540
			—	—	14	1,395	1,520	1,530
			—	—	19	1,395	1,520	1,512
—	—	24	1,425	1,556	1,500			

第9表 平爐鋼の鑄込温度(各鋼塊毎に別個の懸堰を使用し、數個の小鋼塊を鑄込む場合) (°C)

	鋼種	鋼塊大き 並に個數 (T×個)	鑄込方法	湯出時温度(光高温計)		鑄込開始より測 熱時迄の時間(分)		光高温計の示す温度		本装置の 示す温度
				見掛	補正(E=0.4)	各鋼塊毎	最初より	見掛	補正(E=0.4)	
第一例	C鋼	9×5	最初2本 次に2本 次に1本	1,554	1,704	4	4	1,438	1,568	1,600
						4	14	1,438	1,568	1,570
						4	23	1,442	1,574	1,534
第二例	同上	同上	同上	1,553	1,703	4	4	1,436	1,568	1,600
						4	14	1,450	1,584	1,584
						4	23	1,447	1,580	1,562
第三例	D鋼	同上	同上	1,547	1,698	4	4	1,432	1,562	1,620
						7	7	1,432	1,562	1,605
						4	15	1,434	1,564	1,570
						6	17	1,430	1,560	1,565
						4	25	1,430	1,560	1,548
第四例	同上	同上	同上	1,567	1,709	4	4	1,440	1,572	1,610
						4	15	1,434	1,564	1,577
						4	23	1,437	1,568	1,536
第五例	E鋼	6×8	最初2本 次に2本 次に2本 最後に2本	1,549	1,699	4	4	1,426	1,554	1,590
						4	14	1,426	1,554	1,570
						4	24	1,426	1,554	1,548
						4	32	1,422	1,550	1,518

## 熔 融 鐵 合 金 の 密 度 測 定

本 多 顯 曜\*

### DICHTEMESSUNGEN VON VERSCHIEDENEN FLÜSSIGEN EISENLEGIERUNGEN.

Kenyo Honda.

*SINOPSIS*—: In meiner Arbeit über die Oberflächenspannung der Eisenlegierungen, deren Ergebnisse schon vorher veröffentlicht wurden, waren die Dichtemessungen auch notwendig. Damals wurden die Messungen nach einem dilatometrischen Verfahren ausgeführt. Also wurden die Dichte durch die Ermittlung des Volumens der Legierungen von bekanntem Gewicht in geschmolzenem Zustande festgestellt. Damit sehr interessiert, dass zur Bestimmung der Dichte man auch den Auftriebsverfahren oft braucht, hat Verfasser auch eine Versuche ausgeführt, die Dichte dieser Eisenlegierungen die vorher zur Messungen nach dilatometrischen Methode gebraucht wurden, zu bestimmen und mit der schon festgestellten Werte zu vergleichen. Der Grundgedanke meines diesmaligen Messverfahrens ist es nur so, durch einen Senkkörper das Auftrieb der flüssigen Legierungen zu bestimmen und daraus natürlich ganz theoretisch die Dichte zu berechnen.

### I. 緒 言

先に熔融鐵合金の水素に對する表面張力測定を行たが之に對して其密度を知るの必要あり、從て試料の熱膨脹を利用して密度測定を行た<sup>1)</sup>。然し尙浮力を利用して密度を測定して見たい希望があり、之等の研究を延長する意味に於て本測定を行た譯である。

### II. 測 定 方 法

測定方法は豫め秤量し置きたる固體媒質を熔融試料中に

沈下せしめて秤量し、該試料の浮力を決定し其密度を算出する方法である。使用せる装置の概略は第1圖に示す通りである。熔融には直立圓筒形のクリプトル電氣爐を使用し、其上方に圖の如く精密天秤を裝置して試料中に沈下せしめたる固體媒質を秤量する。此秤量すべき固體媒質は頭部に白金線を融著せしめたる約30gの第2圖(イ)に於て虚線で示したる如き白金塊を圖の如く約1mmの厚さの不透明石英管内に封入密閉したるものにて、此白金塊に融著せしめたる白金線にて第1圖に示したる如く上部捻子に連結して吊し秤量する譯である。此固體媒質の試料中に沈下する體積が重要であるが故に、第1圖に示す如く小型捻子を白金線に依りて天秤に吊し、此捻子に上述の如く固體媒質

\* 熊本高等工業學校

1) 鐵と鋼: 第22年、第7號、P. 509