

鐵 と 鋼 第二十五年 第一號

昭和十四年一月二十五日發行

論 說

新熱電對に依る熔鋼溫度の測定 (第2報)

(日本鐵鋼協會第19回講演大會講演 昭和13年4月)

佐々川 清*
大室 唯市*

ON THE MEASUREMENT OF TEMPERATURE OF MOLTEN STEEL BY MEANS
OF A W-C THERMO-COUPLE. (The 2 nd Report)

Kiyoshi Sasagawa and Tadaichi Ōmuro.

SYNOPSIS:—In the steel making practice, it is very difficult to know the true temperature of molten steel in the furnace. As the steel is covered with molten slag, it is difficult to measure the temperature with the optical method, and also the temperature is too high to be measured with the Pt-Pt-Rh thermo-couple.

The author succeeded to measure accurately and easily the temperature of molten steel in the furnace by using the Tungsten-Carbon thermo-couple with a special device.

The principle of construction of his measuring device is as follows:

1) Tungsten wire, one end of which being made flat, is inserted in a carbon tube (one member constituting the couple), and that flat end is in contact with one end of the tube, a spring holding the contact. The end makes a hot junction.

2) The hot junction is covered with a carbon cap. This carbon cap is dipped directly into molten steel. By making use of the carbon cap in place of ordinary refractory covers, the temperature can be quickly and accurately measured, as the time lag of heat conduction is very small.

3) The part which is in contact with molten slag have double protection tubes which consist of a carbon tube and a tube of refractory material. The part which is in contact with molten metal and slag has a protection tube of cast iron covered with asbestos paper against gas flame.

4) In this method, it is unnecessary to use inert gases (H_2 or N_2) to prevent oxydation of the couple. The device is not heavy, so that a man can easily carry it.

The author measured the temperature of molten steel in Siemens furnaces, electric arc furnaces and high-frequency electric furnaces with the new devices, and have found various interesting facts as the results

目 次

緒 言

- 1 熱電對の構造 (イ)特徴 (ロ)構造 (ハ)本熱電對の缺陷並に之が對策
- 2 實驗成績 (イ)高周波爐に於ける操業中の熔鋼溫度測定 (ロ)平爐及アーク爐に於ける操業中の熔鋼溫度の測定(ハ)出鋼溫度に關する研究

結 論

緒 言

實際作業に於ける熔鋼溫度の精確なる測定は却々困難な

もので間接法たる光高溫計に依たのでは高溫計が精確でも熔鋼を取捲くガス等の影響の爲眞溫度が知り難く、又餘りに高溫なる爲白金線の使用は難かしく熱電對材料を變へぬ限り接觸法は見込がない。結局熔鋼の精鍊操業上爐内に於ける熔鋼溫度を知ることは極めて必要なるにも拘らず、粗雜なる測定成績に満足せざるを得ない状況にある。

本問題の解決策として著者は炭素とタングステンとを熱電對とし、之を特殊な構造として用ひて高周波爐或は懸堰内の熔鋼溫度を測定し、其の結果を昭和11年春の第3回工學大會に於て第1回報告として發表した(鐵と鋼 昭和12年4月號参照)。

* 吳海軍工廠

本熱電對を用ひ、更に用途に應じて其の構造を改良工夫せる結果、最近に於ては進んで平爐或はアーク爐内の熔鋼温度をも容易に且相當精確に測り得るに到た。

熔解精鍊操業中の爐内熔鋼温度に就ては從來我が國は勿論、外國でも研究成績の發表されたものが皆無と稱すべき程度であるから、今回の實驗成績は鋼材の熔製上参考になる點多しと考へ、茲に測熱装置の構造及び本測熱装置の使用に依て知り得た事柄を簡略に報告することとした。

1. 熱電對の構造

(イ) 特徴 吳式熔鋼温度測定装置の主なる特徴は炭素とタングステン又は炭素と炭化タングステンを以て熱電對を構成せしめ、此の熱電對の一方たる炭素管中に他の熱電對材料たる W 又は WC 線を入れて酸化を防止せしめたこと及熱電對の一端を炭素製保護帽で蔽ひ、之を直接熔鋼中に浸してタイム・ラッグを極減した點にある。

本装置の利點と考へらるるものを列挙すると次の通である。

1) 熔鋼の温度は著しく高く、白金熱電對では計測が困難であるが、本熱電對材料は何れも高熱に耐へるものなので、其の構造を工夫すれば容易に測定が出来る。

2) 光學式或は輻射式高温計では個人誤差が入り易く、又ガスや煙の妨害を受けるが本熱電對を利用した装置に依れば直接接觸法であるから測定が精確に出来、然も操作は簡單である。

3) タングステンは酸化し易いので本測熱装置では他の熱電對材料たる炭素管中に之を置いて酸化を防止した。又炭化作用に對しては豫めタングステン線の表層を炭化し置くことにより長時間使用による材質的變化、從て生ずる起電力變化を防いだ。

4) 熱接點の保護用として特に炭素帽を使用した。之は熱接點の酸化を防ぐのに有效であるのみならず、炭素である爲タイム・ラッグが少く從て計測が短時間で完了する。

5) 起電力は白金熱電對より稍多い程度であるから普通のミリボルトメータを使用することが出来る。

6) 使用材料は總て我が國に於て入手が容易であり、又材質として SiC の如く複雑なものでない爲比較的均齊なものが得られる。但し金屬熱電對に較べると劣る。此の點更に一段の研究を要する。

7) 本装置の最も大きな缺點は、毎回の測定に當り先端の炭素帽を換へねばならぬことである。但し炭素帽は安價

であるから高價な耐火性保護管を數回の使用で廢棄せねばならぬことを考へると大した費用ではない。

8) 本熱電對材料は何れも酸化し易いものではあるが、本測熱装置では其の構造に特に意を用ひて酸化を防止した。從て酸化防止用として水素ガスの如きものを用ひない爲、取扱が便利なるのみならずガスが熔鋼に入るといふ様な心配は絶對にない。

9) 平爐、アーク爐内の熔鋼温度測定に際しては測熱装置が熔鋼に達する迄には白熱ガス域及び熔滓層を通らなければならぬ、從て保護管の構造には特殊の方法を用ひ、殊に熔滓に觸れる部分には二重の保護管を設けた。

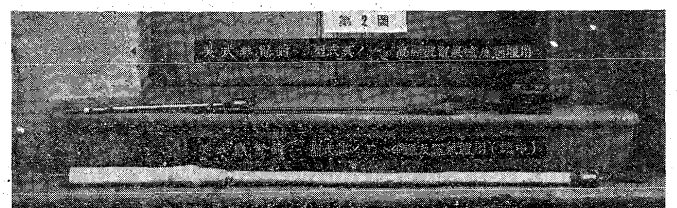
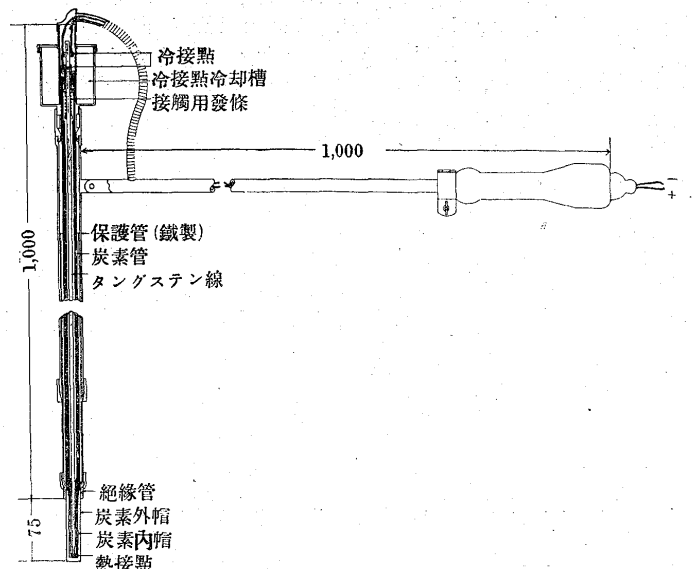
(ロ) 構造 測熱装置の構造は用途により多少形状を異にする方が便利である。吳で目下使用中のものには次の2種がある。

1型 高周波爐、懸堰、鑄型等近接し易い容器内の熔鋼温度測定用

2型 平爐、アーク爐内の如く近接困難且熔滓で蔽はれて居る熔鋼の温度測定用

1型 高周波爐、懸堰、鑄型等近接し易い容器内の熔鋼温度測定用 (第1圖及び第2圖参照)

第1圖 吳式熱電對構造高周波爐及懸堰用 (型式其の1)

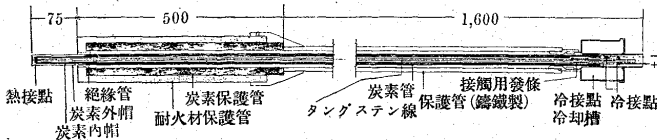


本装置は第1回報告に記載せる通の形状を有し長約 1.5 m、冷接點には水槽を設置してある。猶熱電對を持ち易い様

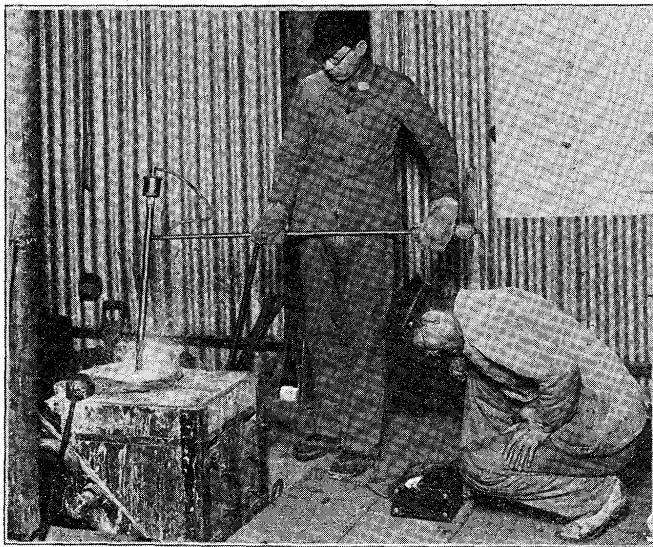
に之と直角方向の保持支棒があり、此の内に導線を入れ操作に便ならしめてある。本装置使用に際しては鋼湯中に没入せしむる熱電對尖端長さを一定とする方誤差發生が小さい。

本装置使用狀況は第4圖に見る通である。

第3圖 吳式熱電對構造平爐電氣爐用(爐中)型式其の2



第4圖 高周波爐にて使用狀況



2型 平爐, アーク爐内の如く近接困難且熔滓で蔽はれて居る熔鋼の溫度測定用(第2圖及び第3圖参照)

平爐, アーク爐内にある熔鋼の溫度測定を直接接觸法により行ふことは却々容易でなく、此の問題の解決は著者等の最も苦心した所である。即ち(1)熱電對尖端が熔滓に蔽はれることなくして直接熔鋼に接觸するを要する。(2)保護管は熔滓に滲蝕されざるを要する。(3)保護管は爐内の白熱ガス焰により酸化、軟化或は熔蝕されざるを要する。(4)測熱装置は1人或は2人で持ち操作し得る程度に輕量且簡便なるを要する、等の諸點を解決せねばならない。

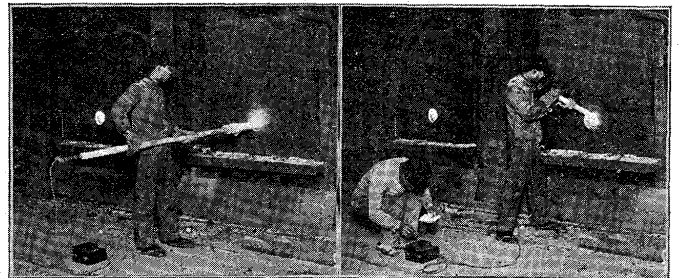
一方此 $W-C$ (或は $WC-C$) 熱電對は之を彎曲せしめることが不可能で、又少しでも彎曲すると容易く破損すること、熱電對材料たる炭素管が保護管より露出すれば直に酸化燃焼し去ること等の不便があるので保護装置に就ては研究に研究を重ね漸く次の方法を案出した。

即ち(1)タングステン線は絶縁管を以て捲き炭素管内で多少彎曲しても之と接觸しない様にした。(2)爐内高熱ガ

ス焰に觸れる部分の保護管は鑄鐵製とし、且彎曲を防ぐ爲其の断面形狀を菊形とし猶石綿紙で捲いて蔽た。(3)熔滓中に没入する部分の保護用としては内側に肉厚の炭素管外側に耐火性管の二重裝備とし、外側の耐火性管が熔滓の爲に滲蝕されても、熔鋼或は熔滓は肉厚炭素管で防禦され熱電對が熔蝕される憂のない様にした。猶肉厚炭素製保護管と熱電對たる炭素管との間には耐熱絶縁體を挿入してある。(4)熱電對尖端は薄い保護用炭素帽を被た儘で熔滓を通して直接熔鋼に達する。此の場合炭素帽が有効に働き熔滓が炭素帽に附着する様なことはない。($W-Mo$ の如き金屬熱電對を裸の儘、直接爐内に挿入すると熔滓が之を蔽て仕舞て熔鋼溫度が精確に計れない。耐火材でつくった保護管を用ひても矢張同様の狀況となる恐れが多分にある)。(5)本装置は餘り軽くはないが1人にて持ち得る程度で、測定に際しては爐扉の覗穴より熱電對を爐内に差込み尖端を熔鋼中に没入せしめ、發生せる起電力をミリボルトメータにて読み取り、修正曲線により溫度に換算する。

使用狀況は第5~6圖に見る通である。

第5圖 平爐用熱電對 第6圖 平爐用の熱電對に依る溫度測定



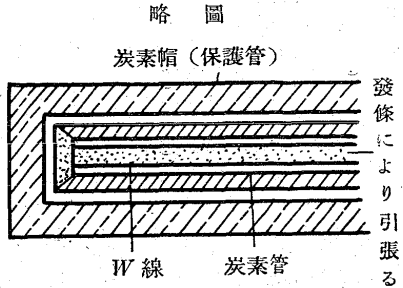
(ハ) 本熱電對の缺陷竝に之が對策

(1) $W-C$ 系熱電對の最大缺陷は C 及 W が容易に酸化し、又後者が炭化變質する點にある。Watson and Abram氏は之を防ぐのに耐火材製保護管を用ひ、且此の内に N_2 の如き不燃性ガスを通ずる方法を探り爐溫測定を行た。然しガスを通ずることは装置の可搬性を害すること甚しく、又耐火性保護管の使用はタイム・ラッグを増すのみならず、熔滓下の鋼浴溫度測定に際しては熔滓が附着する爲測定成績が不精確となるのを免かれない。

著者は熱接點の保護用として特に炭素帽を用ひタイム・ラッグを極減すると共に熔滓の附着することを無からしめた。唯炭素帽は幾分熔鋼中に熔けて消耗するので毎回の測定に當り新しいものと置換を要するの不便がある。 W 線は炭素管中に置いてある爲餘り酸化しないが、猶特殊の耐火

材で蔽ひ炭素管との絶縁に資すると共に酸化防止の一助とした。又 W 線の炭化防止の爲には豫め表面を炭化しおき、其の後の變化の進まない様工夫した(詳細は特許公告、昭和 12 年 4119 號参照)。

(2) 本熱電對の缺陷の一は、熱接點の接觸を完全ならしむることの困難なる點にある。之に對しては W 線尖端に W 製圓板を取付け、其の縁を傾斜に磨き、一方炭素管尖端をも傾斜に削りおき、此の兩者を密接せしめ猶發條により常に W 線を引張り、炭素管尖端に密着接觸せしめる様に設計した(略圖参照)此の方法によつて本問題も解決し得た。



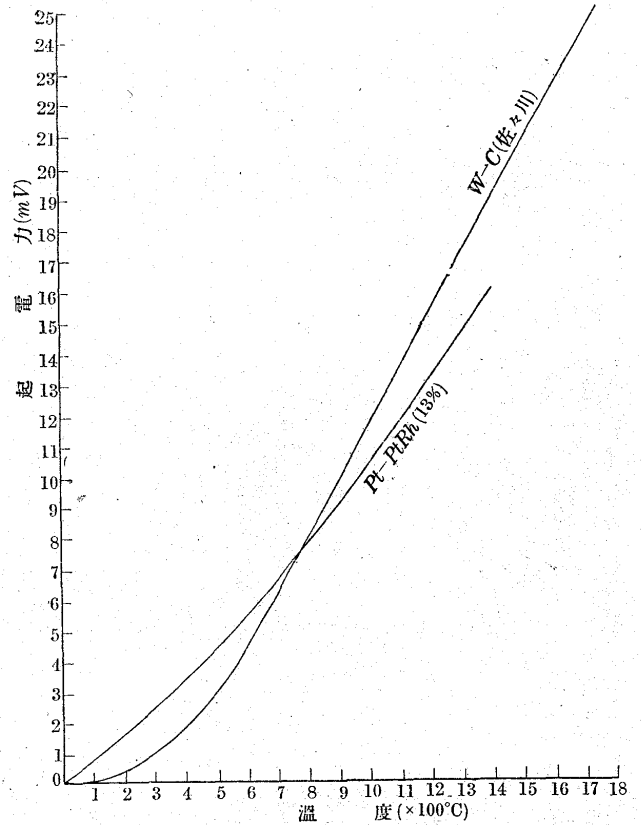
(3) W 線は純度の良い均質のものが出来るが、炭素管は精確に言ふと何れもが完全に均質なりと言ひ得ない。殊に炭素管は其の製作に際する材料配合が一定であっても、焼成溫度が異ると黒鉛化の狀況に差異を生じ、從て起電力にも幾分差が出来る。

此の問題は著者の頭を悩まして居る點であるが製造業者の眞摯なる努力により漸時良質化しつつあるから不日解決

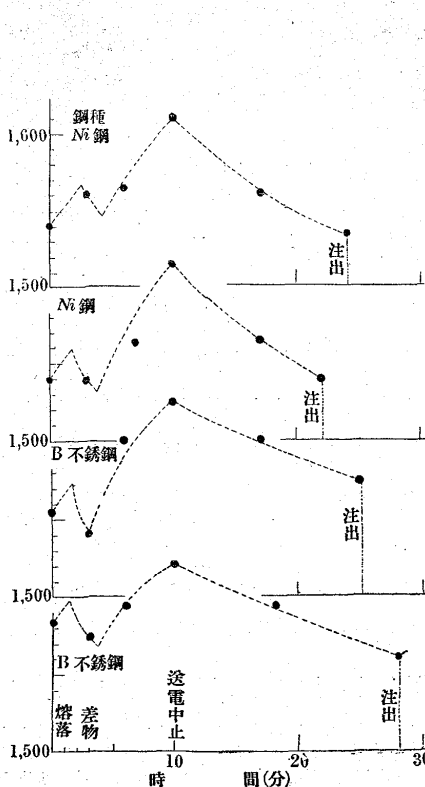
し得ることと思ふ。現在は各熱電對毎に白金熱電對と比較して補正を行つて居る。

(4) 本熱電對の發生する起電力と眞溫度との關係は第 7

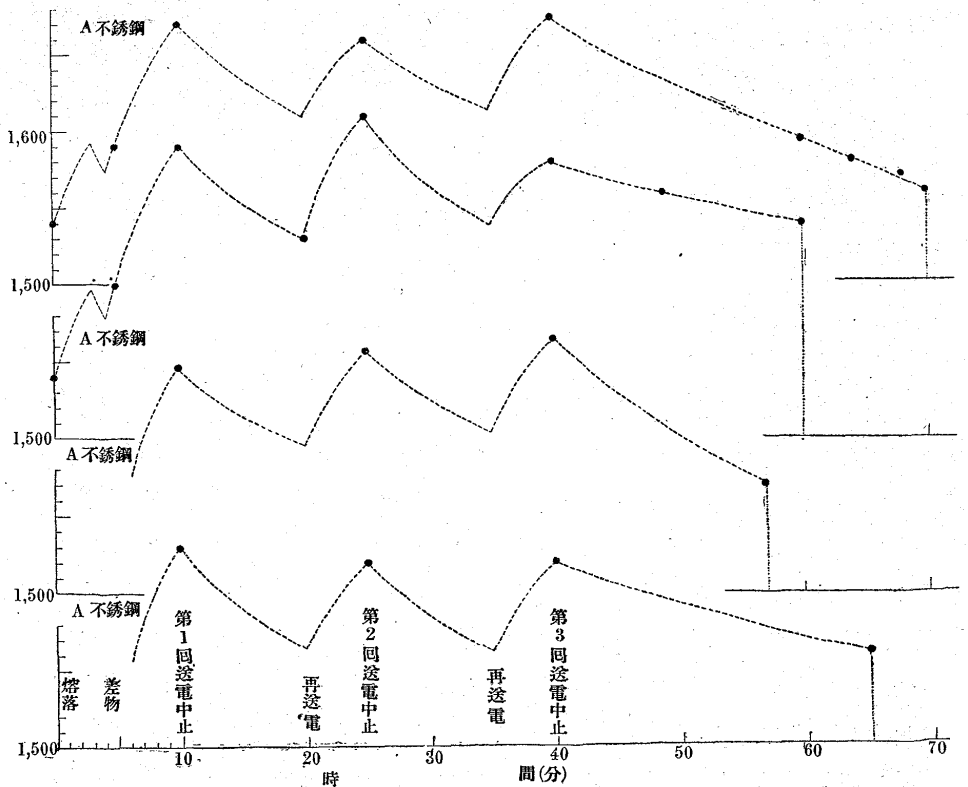
第 7 圖 溫度と起電力關係曲線



第 8 圖 熔鋼溫度



第 9 圖 熔鋼溫度 (高周波爐)



圖の通である。但し眞温度とは白金熱電對で測たものを言ふのであつて計測は 1,500°C 迄である。それ以上は關係が直線的なるものとして延長しただけのことで、必ずしも確實ではない。然し高温度の比較には充分なりと考へる。

2. 實驗成績

イ) 高周波爐に於ける操業中の熔鋼温度測定

(1) 第8及9圖は操業中に於ける熔鋼温度を1型の装置を用ひて測た成績で、黒點は測定温度を、破線は温度變化狀況の想像曲線を示す。

熔落後送電中は温度が上昇し、差物を加ふることにより一時低下する。差物後再び上昇し送電中止直前にて最高となり、其の後は時間の経過に従ひ次第に低下する。出鋼温度は 1,540~1,580°C である。

第9圖は比較的重要な鋼種の操業例であつて數回送電したり中止したりして居る。本例に於ても送電中は温度が上り、停電により低下する狀況が明白である。

(2) 普通 高周波爐で操業に際し鋼湯温度を測るのに光高温計では上部から覗くことになり、煙或は熔滓等の影響の爲計測が困難なので、一定の直径の鋼棒を鋼湯中に装入し、融ける迄の秒時を計て湯熱を定めて居る。勿論手觸りで知るのであるから精確ではないが現場では最も重寶がられて居る。

同一鋼種の4回の熔解につき、此の秒時と W-C 熱電對による測定温度とを比較して第1表及 10 圖を得た。

第1表 熔鋼温度と鋼棒熔融秒時との關係

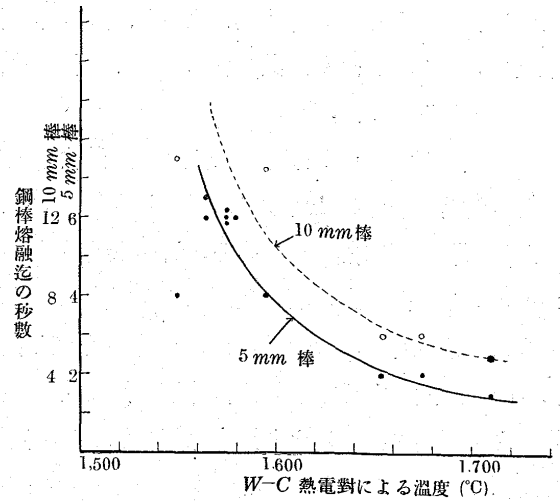
	熔落時			送電中止直前			タップ直前		
	温度 (°C)	10 mm 棒(秒)	5 mm 棒(秒)	温度 (°C)	10 mm 棒(秒)	5 mm 棒(秒)	温度 (°C)	10 mm 棒(秒)	5 mm 棒(秒)
A 熔解 (普通)	1,575	—	6	1,655	6	2	1,580	—	6
B 熔解 (過熱)	1,595	14.5	4	1,710	5	1.5	1,565	—	6
C 熔解 (普通)	1,565	—	6.5	1,675	6	2	1,575	—	6
D 熔解 (過熱)	1,550	15	4	1,775	5	1.5	1,575	—	6

備考 温度は W-C 熱電對にて測定せるもの

10 mm 及 5 mm 棒欄の數値は鋼棒が熔融し去る迄に要せし秒時を示す

本成績を見るに大體に於て一定の關係があることが判る。但し温度が高いと鋼棒の熔ける時間が早過ぎ、秒時の測定が不精確となるから、高温では鋼棒による方法は不適當であるが、現場向としては却々信頼性のあることが本成績

第10圖 熔鋼温度と鋼棒熔融秒時との關係



から見て肯かれる。又同時に本熱電對による測定が極めて精確であることが證明される。

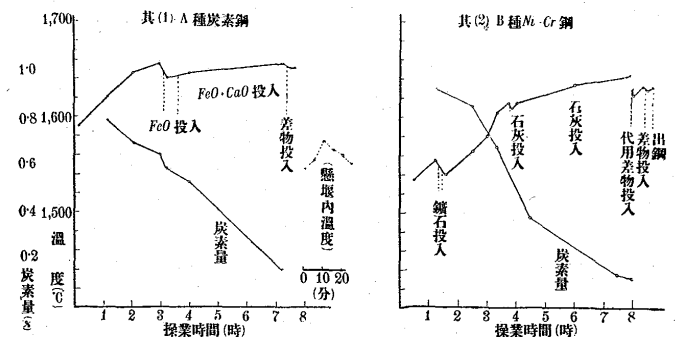
猶本關係を知て置くと鋼棒による測定秒時より換算して大體の温度を知ることが出来るから現場用としては便利である。

ロ) 平爐及びアーク爐に於ける操業中の熔鋼温度の測定

(1) 酸性平爐 第11圖其1及び其2は酸性平爐操業の際2型の測熱装置を用ひて熔鋼温度の變化狀況を測定した成績である。其1は A 種炭素鋼、其2は B 種 Ni·Cr 鋼に就ての例で、縦軸に測定温度、横軸に熔落後の操業経過時間をとつた。太線は熔鋼温度の變化、細線は熔鋼中の炭素量の變化を示す。

第11圖其1を見るに熔鋼は熔落後次第に温度上昇し、

第11圖 酸性平爐に於ける熔解操業中の熔鋼温度の變化



約3時間半で 1,655°C に達する。其の後酸化鐵の投入によりて、約15°C低下したが次第に熱を恢復する。酸化鐵或は石灰の投入毎に温度は少しく低下するが直ぐとり戻し、斯くして差物直前には最高温度 1,655°C に達した。差物により稍温度下り、出鋼直前の温度は 1,650°C であつた。

注型時に於ける懸堰内の温度は、1型の装置を用ひて測

定した。其の變化曲線は第1回報告に記したと同一傾向で、最初懸堰の暖まらない間は低く次第に湯熱が昇り約10分で最高 1,575°C に達し、其の後次第に下り注型終時に於て 1,550°C となった。

第 11 圖其 2 は *Ni·Cr* 鋼の例であつて、爐内に於ける熔鋼温度は熔落後次第に上昇する。鑛石投入により一時低下するが其の後急激に熱を持って來る。熔落後約 4 時間でライムカーボン量に達した。石灰投入により温度は一寸低下するが次第に又上昇し、代用差物投入直前に於ては最高温度 1,645°C に達した。本熔鋼は特殊鋼で代用差物、差物等の量多き爲、其の投入により温度は相當低下し、出鋼直前の温度は 1,630°C であつた。

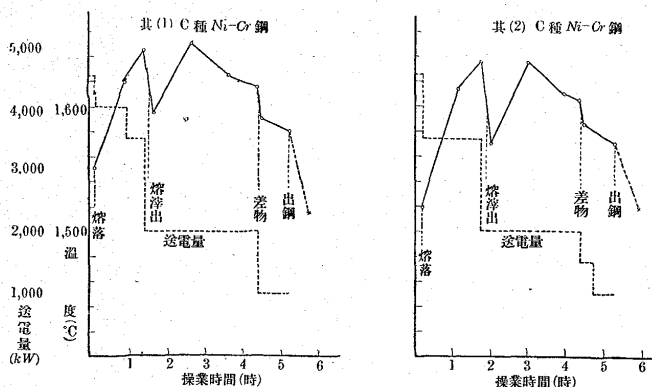
茲に第 11 圖其 1 及其 2 を比較するに

1) 其 1 は炭素鋼、其 2 は *Ni·Cr* 鋼なる爲か一般に其 1 の方温度が高い。

2) 其 2 は重要な *Ni·Cr* 鋼なる爲操業にも丁寧な石灰法を用ひた。其 1 と其 2 とが温度曲線に差異があるのは其の爲であらう。猶其 2 に於て鑛石投入後の温度の上昇度が急激なのは所謂オアイングの發熱反應を示すものと考へる。

3) 差物の量により熔鋼温度の低下度に差が現はれること、装入前後に明かなる温度差があること等は本測熱装置の正確さを如實に示すものである。

(2) 鹽基性アーク爐 第 12 圖其 1 及び其 2 は大型アーク爐に於ける C 種 *Ni·Cr* 鋼熔製の場合の操業時間と第 12 圖 鹽基性アーク爐に於ける熔解操業中の熔鋼温度の變化



熔鋼温度との關係を示すものである。本實驗に際しては温度測定に當り電流の影響を恐れて其の間一時送電を中止したが實際は殆ど影響がない様である。

其 1, 其 2 共同一成分のもの操業成績であつて、温度變化の狀況も殆ど差異がない。

即ち熔落後酸化期に於て急激の温度上昇あり熔滓出前には 1,650°C に達した。熔滓掻出しにより一時温度が下

たが還元期に入るや又元に恢復した。還元期に於ては電流量が少い爲か次第に温度は低下し、殊に差物により急激に湯熱が下る。出鋼温度は約 1,580°C であつた。平爐の場合に比して出鋼温度の低かつたのは鋼種の異なる爲である。

本曲線を見て氣が附くのは 送電量と熔鋼温度とが相關聯して居ることで、送電量の減少に従ひ温度も降下することは當然ではあるが、本實驗に依て吾人の認識は明瞭となつた。熔鋼温度が送電量の影響を著しく受けるのは、一つは測定位置が熔滓直下(約 100mm)である爲なるべく、熔鋼全體が斯の如き温度變化を生ずるのではないと思ふ。然しアーク爐では熱源の關係上一部分操業中に斯の如き高温になるものとすればアーク爐操業上及び電爐鋼の性能に就ても改めて考究すべき餘地があるのではあるまいか。

(3) 平爐及びアーク爐の操業時間—温度曲線の比較 本例に於てアーク爐の出鋼温度が平爐のそれに比し幾分低かつたのは熔鋼成分の影響であつて、一般的には後述の如くアーク爐の方が高いのが普通である。唯平爐は操業時間の経過に従て次第に温度が上昇する。即ち出鋼温度が最高に近いのに對し、アーク爐は操業途中に最高温度があり出鋼温度は却てそれより低き事實は極めて興味がある。其の原因は前述の通であつて恐らく表面に近い鋼浴だけが此の傾向を有するのではあらうとは思ふが、局部的過熱を受けることは事實であつて、一方白點の原因と目される水素は温度の上昇により鋼に吸収される量が急激に増加する傾向あり、温度低下の場合も吸収量の全部は直に放出され難いことを合せ考へるとき電爐鋼に白點の現出する機會の多い原因の一つはこんな點にもあるのではなからうかと言ふ氣がする。更に又電爐鋼の性能と操業中の温度との間には、何等かの關係の存在することも推測し得るので引續き研究の豫定である。

(4) 操業中の熔鋼温度測定法の比較 (アーク爐の場合) 操業中の熔鋼温度測定にテストスプーンで爐内から熔鋼を汲み出し、表面の熔滓を攪き除いて直に光高温計で見める方

第 2 表 アーク爐操業中の熔鋼温度測定法の比較

時間 (時-分)	スプーンテスト温度 (光高温計による) (°C)	爐内熔鋼温度 (本熱電對による) (°C)	備考
0-15	1,589	1,580	熔落
0-45	1,606	—	
1-20	1,663	1,690	熔滓掻出後
2-45	1,589	—	
3-20	1,594	1,605	出鋼直前

法と、爐内に呉式測熱装置を差込んで直接熔鋼温度を測たものとを比較して第2表の成績を得た。本表より次の事實が判る。

1) スプーンテスト法はエミツシビテイーの定め方で温度數値に大差を生じる譯であるから絶対値の比較は無理であつて、本實驗では良い數値が出たが之は偶然に過ぎない、唯スプーンテストでもアーク爐の操業途中に最高温度のあることが判る。

2) スプーンテストと熱電對による直接測定とを比較するに熔落時は前者が高く、還元期及び出鋼の際は後者の方が高い温度數値となつて居る。之は最初は湯がまとまらず、ガスの放出が多い爲光高温計では高温に見える爲と解釋する。

3) 本熱電對により操業中の温度を測てスプーンテスト法による數値をカリプレートしておけば前述の高周波爐に於ける鋼棒熔融法の場合と同じく實際操業にスプーンテスト法が相當役立つと思ふ。

4) 本熱電對による測定數値が正しいことは此の實驗からも證明し得た譯である。

(ハ) 出鋼温度に關する研究

(1) 熔解方法の影響 同一成分のものを熔製する場合熔解方法或は熔解爐に依て熔鋼温度に差異あるべきは當然考へらるることである。但し同じ熔解爐を用ひても毎日の操業は決して一樣にはならない故此の結論を得る爲には相當多數の統計に俟たねばならぬ譯であるが参考の爲實驗結果を並べて見た。

第3表其1はDS鋼を呉(酸性平爐)及び八幡(鹽基性平爐)で熔製した際の成績で、其の平均値を拔萃すれば次表の通となる。即ち呉に比し八幡の出鋼温度は約50°C低い。恐らく酸性、鹽基性の差異の影響であると思ふ(八幡でも實際の適當なる出鋼温度は1,600°C以上の様で、本例中出鋼温度の低かつたものはノズルつまり鋼塊は廢品となつた)。

	呉平爐	呉アーク爐	八幡平爐
出鋼温度(°C)	1,638	1,645	1,590
平均せる熔解數	2	1	4

(2) 熔解爐の影響 呉で同一成分のB種Ni・Cr鋼を大型平爐、中型平爐及び大型アーク爐で相當多數熔製した實例につき、其の出鋼温度を調査せるものが第3表其2で、是等の平均數値は次表の如く大型平爐が最も出鋼温度高く、中型平爐との差約50°Cあり、アーク爐の温度は其の中間に位した。

	大型平爐	中型平爐	大型アーク爐
出鋼温度(°C)	1,652	1,604	1,632
平均せる熔解數	6	15	13

大型平爐は中型平爐に比し最新型で爐が大きく蓄熱室容積比が大で操業者も熱を持ち易いと稱し居る事實と本測定成績とはよく合致する。

(3) 熔解鋼種の影響 熔解爐の型式が一定の場合、熔解鋼種と出鋼温度との關係を調査の結果は次の事實のあることを知た。

熔解爐……呉 中型酸性平爐			
鋼種	DS鋼	B種Ni・Cr鋼	C種Ni・Cr鋼
出鋼温度(°C)	1,638	1,604	1,593
平均せる熔解數	2	15	3

即ち熔融點の低きNi・Cr鋼はDS鋼より出鋼温度低く、又Ni・Cr鋼中でもC、Ni、Cr量の多きC種はB種より更に低い。此のことは理論と良く合致する。

第3表 出鋼温度の研究

其1 熔解方法の影響

成分 DS鋼	八幡(鹽基性平爐)			呉(酸性平爐)			呉(アーク爐)				
	1,570	1,620	1,560	1,600	1,635	1,640	—	—	1,645	—	—
平均	1,570	1,620	1,560	1,600	1,638	1,638	—	—	1,645	—	—

其2 熔解爐の影響

成分 B種Ni・Cr鋼	大型平爐	平均	中型	大型アーク爐
	1,675	1,670	1,670	1,635
	1,670	1,670	1,635	1,630
	1,635	1,630	1,640	1,625
	1,630	1,630	1,615	1,645
	—	—	1,615	1,625
	—	—	1,580	1,635
	—	—	1,565	1,615
	—	—	1,580	1,620
	—	—	1,605	1,615
	—	—	1,595	1,625
	—	—	1,650	—
	—	—	1,585	—
平爐	1,652	1,604	1,604	1,632

備考 各型式共一定の爐に非ずして多數爐を使用せるものなり。

結 論

1) 炭素とタングステン又は炭化したタングステンを組合せた熱電對を用ひ其の熱接點を直接熔鋼中に浸すことを特徴とする呉式新測熱装置によれば熔解爐中の熔鋼温度を容易且精確に測定することが出来る。

2) 本測熱装置の使用により從來知られなかつた熔解操業中の熔鋼温度の變化を明白ならしむることが出来る。

即ち平爐に於ては操業時間の経過に従ひ次第に熔鋼温度が上昇するに對し、アーク爐に於ては操業途中にて最高温度を示し、出鋼時に於ては却て低下する。即ち送電量の影響を受くることが甚しい。

3) 熔解方法、熔解爐及び熔解鋼種と出鋼温度とには至大の関係あることが分明となつた。例へば、
酸性平爐は鹽基性平爐に比し 湯熱が高い
蓄熱室大なる爐は小なるものに比し "

融解點高き鋼種は低きものに比し 湯熱が高い
等の如くである。

4) 實際熔解操業に當て使用されて居る各種の簡単な測熱方法も、本熱電對を同時に用ひて其の成績を比較し、之によつて温度補正を行へば温度數値の表示が出來、實用上有效となることが多い。例へば熔鋼中に装入せる鋼棒の熔融秒時の測定による方法、テストスプーンにて汲取れる熔鋼を光高温計で見つる方法の如きは其の例である。

滲炭平衡及び諸炭酸鹽による滲炭促進作用に関する理論

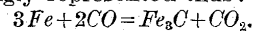
(日本鐵鋼協會第 19 回講演大會講演 昭和 13 年 4 月)

眞 殿 統*

CARBURIZING EQUILIBRIA AND THE PROMOTING ACTION OF VARIOUS CARBONATES ON THE CARBURIZING REACTION.

Osamu Madono.

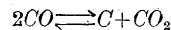
SYNOPSIS:—An accurate consideration is given on the carburizing reaction which has heretofore been wrongly represented thus:



The reaction should be denoted as follows:



The concentration of carbon dissolved in iron increases as the partial pressure of CO increases until the solid solution becomes saturated with respect to carbon. Since Fe_3C is unstable, it does not separate out even when the solid solution is saturated with carbon. The equilibrium existing over the saturated solid solution is,



in which carbon is no longer dissolving in iron. The concentration of carbon varies with the ratio CO/CO_2 , the relation being shown in Fig. 4. In this case, the concentration of CO_2 has a larger influence on the carbon content than CO . On the other hand, the reaction $C + CO_2 \rightarrow 2CO$, in general, does not reach an equilibrium because of the comparatively inert nature of carbon. It is due to this fact that carburization with carbon alone is relatively feeble; that is, the atmosphere in contact with carbon is apart from the equilibrium $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$.

The influence of alkali or alkali-earth carbonates (except $CaCO_3$) in promoting the carburizing reaction, which has hitherto been erroneously considered as a catalytic action, may also be explained on the ground that the equilibrium $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$ is established in the presence of these carbonates. On being heated, they easily react with carbon producing CO and oxy-carbonates or solution of oxides and carbonates. The CO evolved immediately dissociates maintaining the equilibrium $2CO \rightleftharpoons C + CO_2$. Therefore, the surface of iron in contact with this mixture becomes saturated with carbon, which further promotes the diffusion of carbon into the mass of iron. In the case of $CaCO_3$, however, the temperature at which the decomposition pressure is equal to 1 atm., is 780° . Therefore, in a vessel open to air and above this temperature a complete decomposition of $CaCO_3$ will take place. Accordingly, $CaCO_3$ cannot have influence upon the carburizing reaction.

1. 序 説

滲炭反應及び平衡に對する從來の臆説 滲炭現象は鐵鋼に關する研究に於て極めて重要な且つ興味のある問題であり、從て之に就ての研究は非常に多く行はれてゐる。それにも拘らず此現象に關する正しい理解が今日迄與へら

れてゐなかつたと言ふ事は意外な事であり、其爲に種々之間違つた理論、或ひは臆説が立てられ、それは滲炭現象に對する理解とは反對に誤つた概念に導いて、折角に重要な實驗結果を得ながら、それを無益にする場合が多かつた。

此重大な理論上に於ける誤謬に就ては、既に前論文で論じたのであるが、其誤謬は滲炭現象のみに限らず、廣く

* 理化學研究所