

熔鋼溫度測定に關する研究(第3報)

(日本鐵鋼協會第26回講演大會講演 昭16, 4月)

佐々川清*・大室唯市*

MEASUREMENT OF TEMPERATURE OF THE MOLTEN STEEL WITH A NEW THERMOCOUPLE (Third Report)

Kiyosi Sasagawa, Kōgakuhakushi & Tadaiti Ōmuro

SYNOPSIS:—It is absolutely necessary for the practice in the melting plant to measure precisely temperatures of the molten steel in the furnace, of tapping and of casting so as to attain to the excellent products. To solve the present problem, an apparatus using the WC/C thermocouple has been devised, which was explained in the first and the second report. However, the WC/C thermocouple revealed some draw backs such as the difficulty in obtaining uniform quality in the available materials and the necessity in exchanging the protection tube for the hot junction in each measurement. Therefore further research was made in the line of the W/Mo thermocouple, inventing a special coating method to prevent the oxidation, using a silicon carbide-coated carbon tube as the protection for the direct contact with the liquid steel, thus developing an apparatus sufficiently applicable in the practice. The new apparatus is made of materials easily available and of low cost. Besides, the method of application is simple, free from personal errors and so it is suitable for the actual operation.

As results of the application of the apparatus to the practice, it became possible to measure precisely the temperature change during operation in the high frequency and the open hearth furnace, and the temperature distribution in the atmosphere and the melt in the open hearth and the arc furnace, thus disclosing some facts unknown in the past. Above all, it was explained in mathematical figures that there is a more remarkable local difference in temperatures between the point just below the arc and the furnace-bottom (or the furnace-wall) in the melt of the arc furnace owing to the origin of heating when compared with the case in the open hearth furnace. Some consideration should be made regarding such remarkable facts for the guide of actual operations. It is extremely necessary for the manufacture of good quality steels and for preventing waste products to measure the temperature of the melt exactly and to control the temperature-measurement reasonably during the melting operation. It is expected that the present thermocouple would contribute so much to the future practice in general.

緒 言

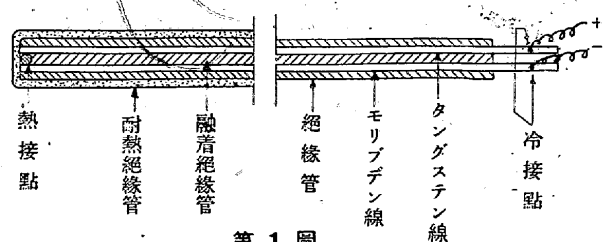
熔解工場に於ての實地操業中に於ける爐内熔鋼溫度、出鋼溫度及び鑄込溫度等の精確な測定は、優良製品の製造に際する指針として極めて必要なる爲、從來直接法に依る熔鋼溫度の測定が各所に於て研究せられつゝあるが、適當な熱電對材料及びその保護装置が得られないため、實用に供せられつゝあるものが皆無の現状である。本問題の解決策として、曩に炭素とタングステンとを熱電對とした吳式熔鋼溫度測定装置を考案し、既に大體目的を達成し第1及び第2回報告として發表したが**、本熱電對は、材料の均質のものを得ることが困難なること、熱接點部の保護管が毎測定に際し變換せねばならず不便且不經濟なること等の缺點

ある爲、更に研究を進め「炭素タングステン熱電對」の炭素をモリブデンに置換へてこれが酸化防止に特殊なる被覆法を案出すると共に、熔鋼に直接接觸する部分の保護材料としては炭化珪素を以て被覆した炭素管を用ひ、遂にその目的を達成するに到つたのでこゝに第3報として發表する次第である。

I. 新測定装置の構造

1. 熱電對

新型熱電對はタングステン線及びモリブデン線を以て構成されて居る。熱接點部は絞鉋又は熔接にて松葉狀に形成



第1圖

* 吳海軍工廠

** 第1報 昭和11年春第3回工學大會發表。

鐵と鋼 昭和12年4月號掲載

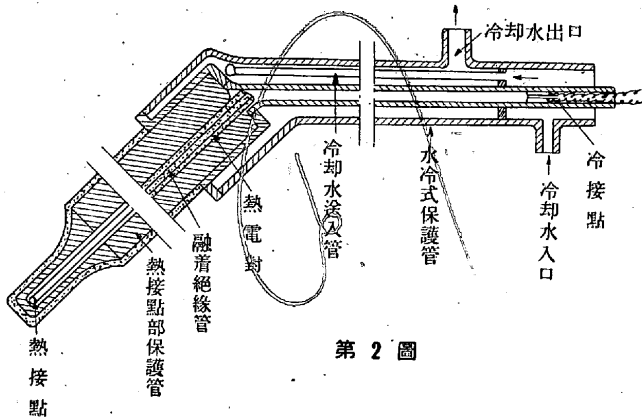
第2報 昭和13年4月鐵鋼協會第19回講演會發表。

鐵と鋼 昭和14年1月號掲載

し耐熱性絶縁材を以て被覆しおきこれを還元性雰囲気内に於て耐熱絶縁材の軟化温度に加熱して金属線の表面に融着被覆せしめる。冷接點は一般の熱電對同様誘導線に依りミリボルト計に接続する(第1圖参照)。

2. 保護装置

「炭素タングステン熱電對舊型装置」の保護管を改良し、熔鋼中に浸漬する部分に用ひた炭素製保護管の外部に炭化珪素を被覆焼結したものを使用した。この方法によれば熔鋼に熔蝕されることが少い故長時間の測定を行ひ得、又數回の測定を行つても一々保護管を變更するの要がない。最近石綿の入手が困難となつたので舊型の場合には鐵管の周圍を石綿で巻いて使用して居たものゝ代りに、二重鐵管に冷水を通した耐熱保護管を採用し好成绩を擧げつゝある(第2圖参照)。



第2圖

3. 計器

タングステン・モリブデン線間に發生する起電力は極めて小さいこと及び温度の上昇により生ずる起電力は當初は

(+)で 1,300°C 附近から(+)となるを以てこれが計器としては特殊のものを必要とする。北辰電機製作所に作製して貰つたミリボルト計は(+) 5mV の目盛を有し本目的に使用するに適當である。又横河電機株式會社で、電位差計式のものを試製中である。

4. 用途別の装置形状

測定操作に便ならしめる爲、用途別に幾分構造を變更した(添附寫眞参照)。

(I 型装置) 高周波爐内、小型取鍋内、懸壺内及び小鋼塊鑄込時に於ける鑄型内等の熔鋼温度の測定に適する。重量は約 2.5kg である。

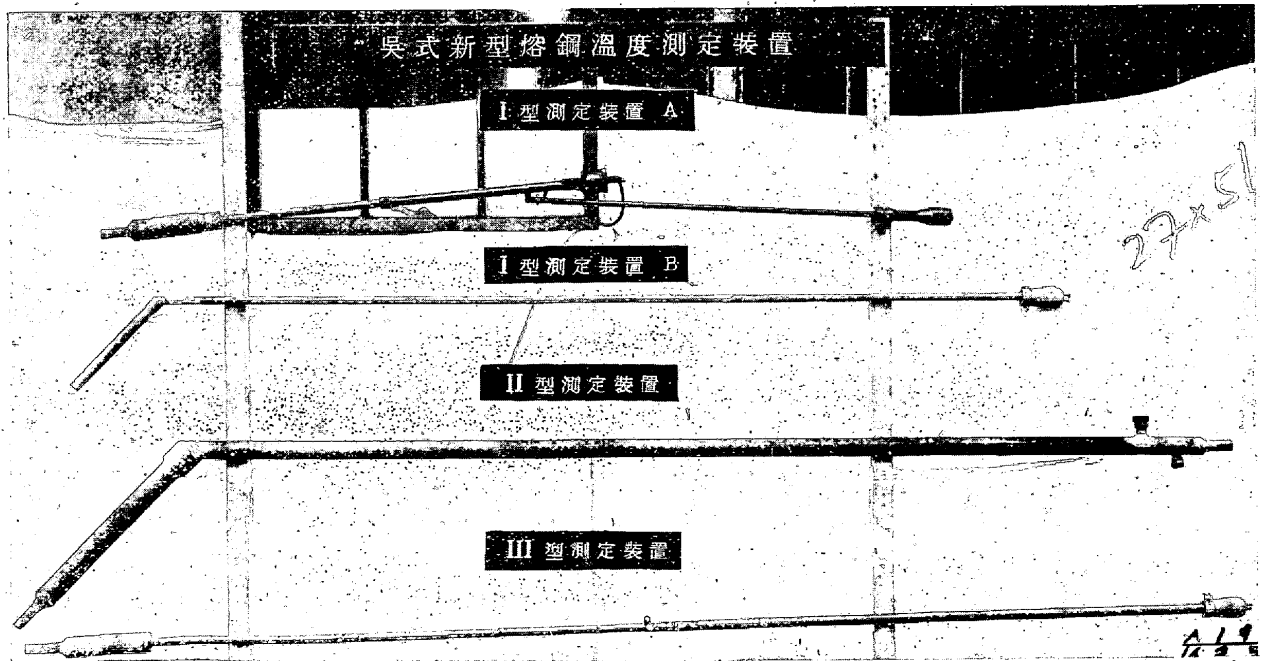
(II 型装置) 平爐及び電氣爐の如き熔解爐内の熔鋼温度の測定に適する。重量は約 10kg である。

(III 型装置) 主として大型鋼塊鑄込時に於ける鑄型内の熔鋼温度の測定用として作製したもので I 型の支持柄の部分直線的に長くし、II 型を輕量ならしめた中間型式のものである。重量約 5kg。

5. 特徴

1) 本熱電對の構成材料は何れも比較的安價で且容易に入手し得るのみならず、金属線なる爲均質で互換性がある。

タングステン・モリブデン熱電對の最大缺陷は、熱電對構成材料が高温度に於て、何れも容易に酸化消耗すること、及び加熱によつて脆弱となり折損し易くなる點にある。新考案に於てはこれが防止策として、熱電對を耐熱性絶縁管内に封入し、還元性雰囲気内に於て自熱して、耐熱絶縁材を該金属線表面に融着せしめて被覆を完全にして、酸化を



防止すると共に脆弱性補強の一助たらしめた。又タングステン・モリブデン熱電對の熱起電力は極めて少く白金熱電對の 1/10 程度に過ぎず及び低温度で(-), 高温度で(+) に變化する性質があるので測定計器として零點を中央に左右 5mV を目盛り, 目盛分割は 0.05mV とし, 目測で 0.025mV 迄測定可能な精密ミリボルト計を試製して貰つた。この結果充分精確なる讀取りをなし得るに到つた。

2) 熔鋼に浸漬する部分の保護管としては熱傳導性良好なる炭素管の外部に耐蝕性大なる炭化珪素を塗布焼結したものを使用した。本方法によれば熱傳導度が良好な爲タイム・ラツグが少く, 又熔蝕も少い爲長時間の使用に堪へ, 又繰返し測定を行ふ事が出来る。

3) 装置は極めて簡単で測定操作も容易な爲人的誤差が少い。直接接觸方法であるから眞温度を知り得るの特徴がある。

4) 装置は輕量で取扱いも簡単な爲, 現場作業に適し, 從來殆ど不可能であつた爐内熔鋼温度の測定をも容易に行ふ事が出来る。

II. 新型装置に對する基礎的實驗

1. 熱電對材料

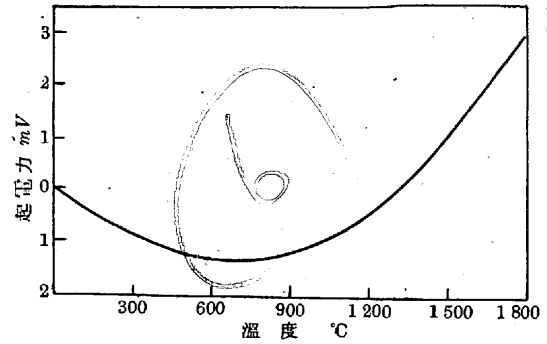
熱電對として使用したタングステン及びモリブデン線は何れも内地製でその純度は 99.9% 以上である。直径 1mm, 寸法誤差は 1% 程度である。

電氣抵抗は 30°C で約 0.08Ω である。兩金屬共熔接可能なる爲熱接點部に於ける抵抗増大の懸念なく 1m 長さに構成した熱電對の電氣抵抗は 30°C で 0.16Ω であつて測定用計器の内部抵抗の 500Ω 以上なるに比し遙かに小さいから測定中の加熱に依る抵抗の増大は實用上問題とならない。

2. 温度と熱起電力との關係

熱起電力は極めて小さく白金熱電對の 1/10 程度である。外部回路に於てタングステンはモリブデンに對し負極を示し又温度の上昇により極性を變ずるの特異性がある(第3圖参照)。

本熱電對の確實性に對しては次の方法に依り實驗した。即ち白金電氣爐内に白金熱電對と共に挿入し 1,500°C に加熱保持せしめその熱起電力が 1.15mV なることを確めた後, 同一熱電對を以て懸堰内の熔鋼温度を 5 回測定し更に懸堰内熔鋼中に 20mn 浸漬した後, 再び初めと同一條件にてその熱起電力を測定して見た結果は 1.16mV 及び



第3圖

1.14mV であつた。即ち熱起電力の確實性に對しては實用上充分なるものと認め得る。

3. 冷接點温度の影響

高熱物體の温度測定を行ふ際には冷接點温度は多少上昇する處がある。冷接點の温度と熱起電力との關係に就ては次のやうな實驗を行つた。即ち熱接點部を白金爐に入れて加熱し, その熱起電力を 1.5mV に保持しておいて冷接點部の温度を上昇して起電力の變化を測定した。その結果は第1表の通りである。

第1表

冷接點温度 (°C)	起電力 (mV)	増加量 (mV)	温度 (°C)
5	1.45	—	—
15	1.475	0.025	4
25	1.50	0.050	8
35	1.525	0.075	12
45	1.55	0.100	16

即ち冷接點の温度が上昇して熱起電力も稍増加する。これは前に述べた通りタングステン・モリブデン熱電對の熱起電力が低温度で(-)に變化する特異性を有することに基因するものと考へられる。

この影響を除く爲本装置に於ては冷接點の周圍を水冷或は「冷却用タンク」で覆ひ, 出來得る限り温度を一定に保持せんとした。

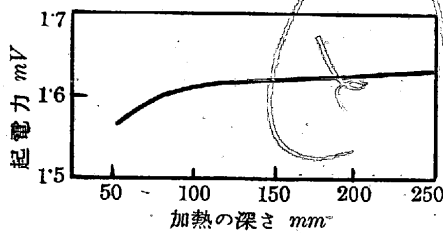
平爐内熔鋼温度測定に際し現場で調査した結果は次の通りである。即ち平爐扉前 750mm の位置に於ける室温は約 50°C であつたが測定 10mn 前に「冷却タンク内」に氷を入れた處, 測定直前冷接點温度は 3°C を示し, 5mn の測定後は 3.5°C, 引續きその位置で 10mn 経過せしめた後が 5°C であつた。本装置使用の場合は 5mn 以下で測定を完了し得る故冷接點の温度は殆ど變化なしと謂ひ得る。猶水冷鐵製保護管を使用する場合は新しい水が常に冷接點を冷して居るから, 冷接點温度は常に一定であつて問題はない。

4. 熱接點部加熱長さの熱起電力に及ぼす影響

本熱電對の加熱部長さが熱起電力に及ぼす影響を知る爲、一定温度に加熱した電氣爐内に於て熱電對の深さを變更してその起電力を測定した結果は第2表の通りで熔鋼温度測定の場合その浸漬深さを100~150mmとして測定を行へば實用上は問題とならない(第4圖参照)。

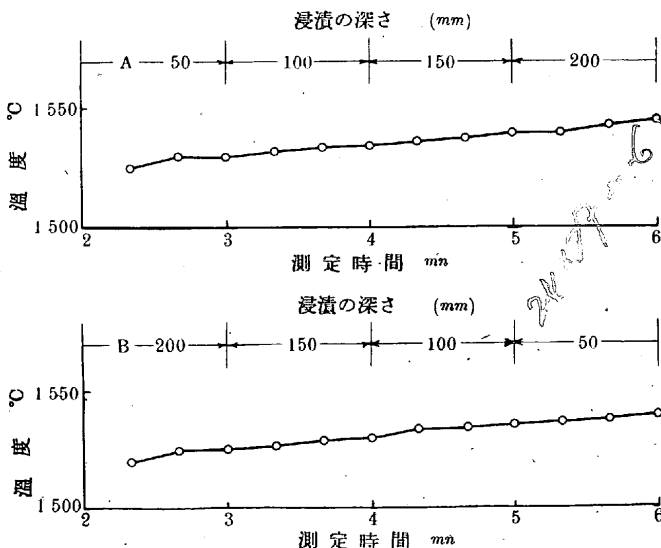
第2表

加熱長さ(mm)	熱起電力(mV)	差(mV)	温度(°C)
50	1.56	0.05	8
100	1.61	0.01	16
150	1.62	0.01	16
200	1.63	0	0
250	1.63	0	0



第4圖

第5圖は注型作業に際し懸堰内の熔鋼温度を測定するに當り、熔鋼中に浸漬する深さが熱起電力に影響するかどうかを計らうとした實驗成績である。符號Aは初めの深さを50mmとしその後1mm毎に50mmづゝ漸次浸漬深さを大ならしめたもの、Bは初めを200mmとし順次浸漬深さを50mmづゝ浅くし連続的に測定したる成績である。A,B何れも次第に温度の上昇を見、その傾向が全然同一であるのに結局浸漬深さの影響はなきことを明かに示すものである。因に時間の経過につれ温度が上昇するのは懸堰が最初冷たく、次第に暖まるためと考へる。



第5圖 浸漬の深さが温度に及ぼす影響(1型装置 懸堰内測定) 特殊ニッケルクロムモリブデン鋼 8.5t

5. 測定装置の耐久試験

本熱電對の先端高温度に加熱される部分は長時間或は繰返し使用に依り脆弱となり折損し易くなる。然し取扱ひ操作を注意して行へば十數回の使用に充分耐へ得る。保護管装置の熔鋼に浸漬する部分は鋼滓成分或は温度に依つて耐久力を異にするが取鍋内及び懸堰内の熔鋼温度の測定に際しては十數回の使用に充分耐へ又連続測定の場合は40mm浸漬するも異状を認めない。

爐内熔鋼温度測定の場合に就ては一本の保護管で酸性平爐で5回、鹽基性電氣爐で3回の測定を行ひ得た。高周波爐では5~6回の使用に耐へ連続測定の場合は20mm浸漬しておいても充分である。

試験成績の例を示すと第3表の通りである。

第3表 耐久試験成績

測定装置	測定場所	材質	温度(°C)	測定時間(mn)	測定回数	測定後の状態
II型	平爐	ニッケル・クロム・モリブデン鋼	1,580~1,650	4	5	測定後一部補修の上5回測定爐外に取出し中折損す
"	"	炭素鋼	1,700~1,650	40	1	異状なし
"	電氣爐	ニッケル・クロム・モリブデン鋼	1,585~1,675	4	3	一部手直しの上3回使用後鋼滓に接する部分一部熔蝕されたるも熱電對異状なし
"	"	炭素鋼	1,700~1,630	20	1	鋼滓に接する部分熔蝕されて折損せるも測定は完了す
III型	高周波爐	不銹鋼	1,685~1,575	20	1	
"	"	"	1,670~1,555	20	1	
I型	"	"	1,575~1,580	4	4	鋼滓に接する部分手直しの上4回測定後龜裂を生ぜり
III型	懸堰内	ニッケルクロム鋼	1,545~1,525	40	1	異状なし
"	"	"	1,555~1,535	20	1	同上
I型	"	ニッケル・クロム・モリブデン鋼	1,550~1,535	4	3	同一の物
"	"	ニッケル・クロム鋼	1,550~1,530	4	3	
"	"	"	1,540~1,530	4	3	

6. 温度起電力關係曲線の作製

理論的には温度と起電力の關係曲線を求めるには1,300°C以下は白金熱電對と比較し、1,400°C以上は黒體電氣爐内に本熱電對を挿入し、その先端部を補正せる光高温計で測定して行ふべきであるが、簡便のため高周波爐にて約50kgの鑄鐵を熔融しその温度を1,300~1,550°Cに保持し石英管にて保護せる白金熱電對と共に同一状態で浸漬せる測定結果に依り温度と起電力の修正曲線を調製し、それ以上は殆ど直線的なのでこれを延長した。

1,550°C以上に對する關係曲線の作製に就ては本方法

は勿論理論的ならず従つて絶對的真溫度を示さないかも知れないが實用上の比較には差支ないものと認める(第3圖は關係曲線を示す)。

III. 舊型装置と新型装置との比較

1. 熱電對材料

舊型たる炭素タングステン熱電對は構成材料の一たる炭素管の均質なものが得難いこと、撓曲性を缺くこと、折損し易いこと、熱接點部の接觸を完全ならしむるに技術を要すること等の缺點があるのに對し新型熱電對に於ては完全に之等の缺陷を補ひ得た。

2. 熱起電力

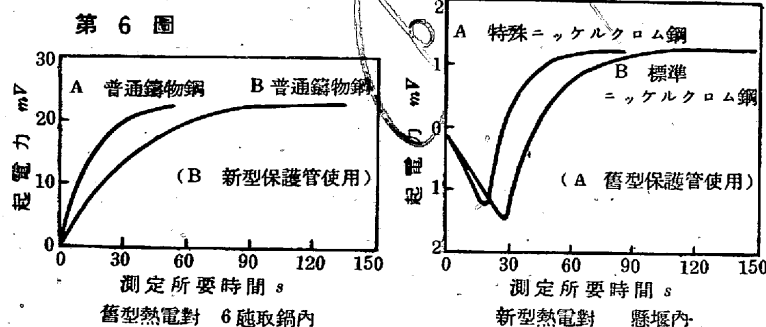
炭素タングステン熱電對の起電力は 1,600°C に於て約 24mV なるに對しタングステン・モリブデン熱電對に於ては約 1.6mV に過ぎない。且溫度の上昇に際しその極性を變する等の不便あり精密なる特殊型のミリボルト計を必要とする。この點は舊型の方が便利である。但最近計器の良いのが出来るやうになつたからこの問題が解消された。

3. 保護装置

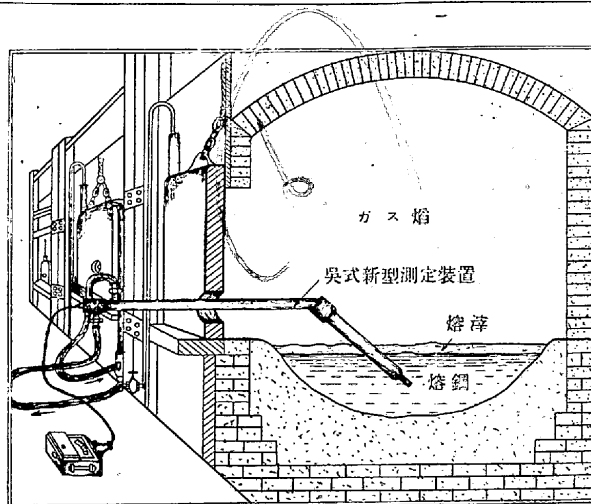
舊型のもの保護管の熔鋼に浸漬する部が炭素なる爲分毎回これが取換を必要としたが新型装置に於ては數回の使用に堪へ又連續的に長時間の測定も可能であつて、この點は新型の方が遙かに優れて居る。

4. 測定操作及び測定所要時間

第6圖は舊型及び新型装置を用ひて溫度を測定した場合の起電力が一定となる迄の所要時間を圖示したものである。舊型装置は 1mm 内外で測定を完了し得るが新型装置は 3mm 内外を要する。この點は舊型の方が優る。



併し舊型に比較し新型は保護管の耐久力大なる爲長時間の測定を行ひ得るのみならず爐内熔鋼溫度の如き殆ど不可能視されて居たものも操作容易且安全に測定し得るのであるから斷然優れて居ると謂ひ得る(第7圖參照)。



第7圖 平爐内熔鋼溫度測定狀況

5. 價格

舊型熱電對は 1m 約 30 圓程度なるに對し新型熱電對はその約 1/3 で著しく安價である。又保護管装置は新型の方が幾分高價であるが耐久力を考慮に入れれば遙に安價となる。長さ約 2m の II 型装置一式(計器を除く)で約 100 圓程度である。

IV. 本装置を使用して得たる實用成績

其1 熔鋼の輻射率の測定

光高溫計により熔鋼溫度を測定する場合に使用する補正值即ち輻射率(エミッシンピチイ)は從來據るべきものなく區々であるので真溫度と對照して最も合理的なる決定値を得べく本實驗を施行した。實驗に際しての直接接觸熱電對としては吳式新 I 型装置を用ひた。

イ). 輻射率の算出法 光高溫計使用に際する熔鋼の輻射率を決定する方法として、本装置で測定して得た數値を真溫度と看做し、同時に同個所を Leeds & Northrup 社製光高溫計を以て實測し(見掛上の溫度)この兩者よりウィーンの法則より導いた次式を用ひて輻射率を算出した。

$$\log. \xi = \frac{C_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

茲に ξ = 輻射率

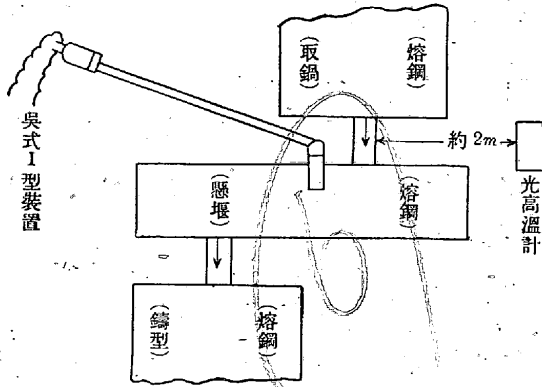
$$C_2 = 1.432 \text{ cmdeg.}$$

$$\lambda = 0.65 \mu$$

$$T_2 = \text{吳式装置による溫度 (°K)}$$

$$T_1 = \text{光高溫計による見掛上の溫度 (°K)}$$

ロ). 測熱要領 測熱位置は第7圖に示す通りで光高溫計のでは取鍋から懸堰に落ちる箇所の熔鋼を測熱し、本装置では同時にその附近の懸堰内の熔鋼を測熱した。



第7圖2 測定要領圖

ハ). 試験成績 上述の測熱要領により炭素鋼, 標準ニツケル・クロム鋼, 特殊ニツケル・クロム鋼及び特殊ニツケル・クロム・モリブデン鋼の輻射率の價を各數回測定したるもの、平均値は第4表の通り夫々 0.48, 0.44, 0.43 及び 0.43 であつてこの全平均値は 0.45 となる。本數値は本装置を使用して初めて合理的に得た熔鋼の輻射率である。

第4表 熔鋼の輻射率の測定成績表

材質	吳式I型装置の温度(°C)	リーズ、ノースラップ型光高温計					
		計器(I)		計器(II)			
		測定者	見掛上の温度(°C)	輻射率	測定者	見掛上の温度(°C)	輻射率
0.35%炭素鋼	1,555	A	1,450	0.48			
標準ニツケル・クロム鋼	1,580	B	1,450	0.41			
	1,550	B	1,443	0.47	D	1,425	0.41
	1,528				D	1,417	0.45
特殊ニツケル・クロム鋼	1,575	B	1,443	0.40			
	1,558	B	1,443	0.44			
	1,530	C	1,421	0.45			
特殊ニツケル・クロム・モリブデン鋼	1,550				E	1,437	0.43

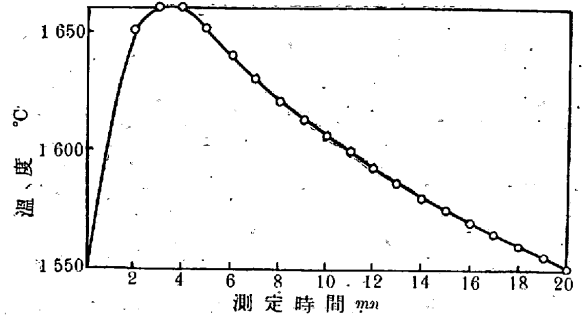
熔鋼の輻射率の全平均値..... 0.45

其2 高周波爐内及び懸堰内熔鋼温度の測定

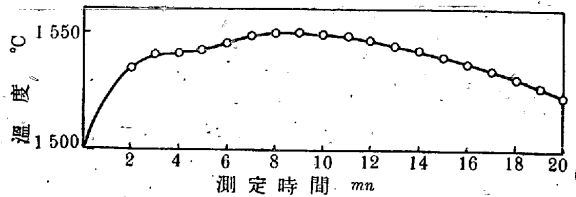
(イ) 第8圖は高周波爐での熔落後及び送電中止時から出鋼直前に至る迄の爐内熔鋼温度の變化狀況を連續的に測定した結果であつて送電中の急激なる温度上昇及び電流切斷後の冷却狀況等が極めて明瞭に判る。本曲線は第2回報告に記述した舊型装置による測定曲線とよく一致し、然も前回が不連続的であつたのに對し本装置に依れば連續曲線を得る事が出来たのであつて一段の進歩なりと謂ふ事が出来る。

(ロ) 第9圖は懸堰内に於ける熔鋼温度の狀況を連續測定せる結果であつて當初の温度の低いのは懸堰が冷たかつた爲であつて最大を超えて低下し始めたのは取鍋中の熔鋼

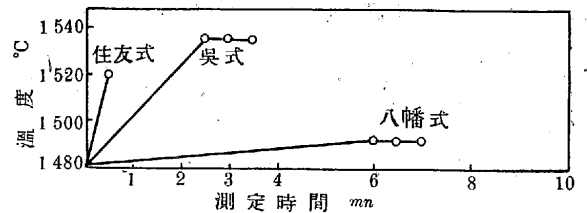
温度の低下を示すものと推定する事が出来る。



第8圖 高周波爐内熔鋼温度



第9圖 懸堰内熔鋼温度



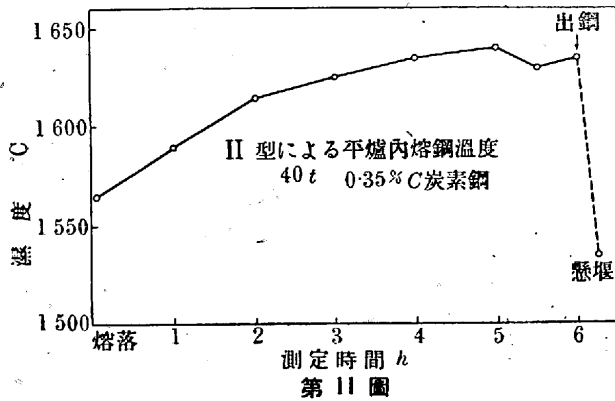
第10圖 懸堰内熔鋼温度測定比較

(ハ) 第10圖は住友製鋼所に於て同一懸堰内熔鋼温度を住友式、吳式及び八幡式に依り同時に浸漬測定した成績であつて吳式は 1,535°C, 住友式は 1,520°C, 八幡式は 1,492°C を示した。住友式は熔鋼の表面に於ける温度を、吳及び八幡のものは何れも 100~150mm 深さに於ける温度を測定したものである。起電力の發生は住友式が最も早く吳式がこれに次ぎ、八幡式は最も遅い。

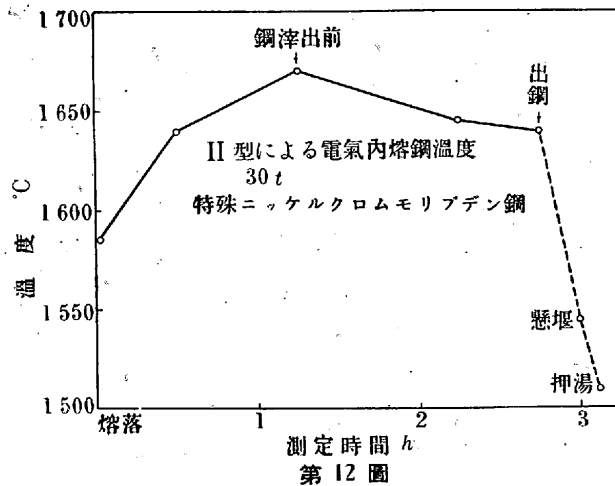
其3 平爐及び電氣爐内熔鋼温度の測定

第11圖及び第12圖は酸性平爐及び鹽基性電氣爐操業中に於ける爐内熔鋼温度の變化狀況を本装置に依り測定した成績でその狀況は何れも第2回報告の場合と全く同様である。

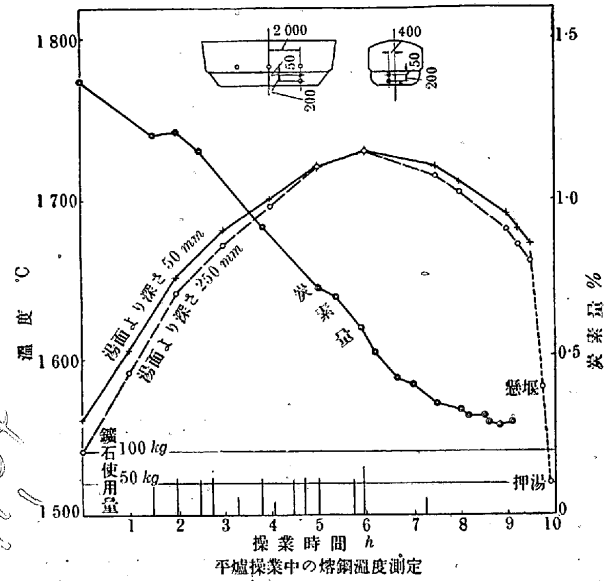
第13圖は平爐及び電氣爐操業中の熔鋼温度の變化狀況を鋼湯の深さに依つて如何になるかを調査したもので操業時間と鋼湯の温度との關係曲線を示す。参考のため合せて炭素量の變化曲線を書いておいた。本圖から見るに平爐に於ては熔落の場合には鋼湯の湯面からの深さが 50mm と 250mm とて約 20°C の差があるが、鑛石を用ひて酸化沸騰精錬をやつて居る間に次第に鋼湯は攪拌され、鑛石使用の終期には殆ど同温度となる。同時にこのときが最高温度



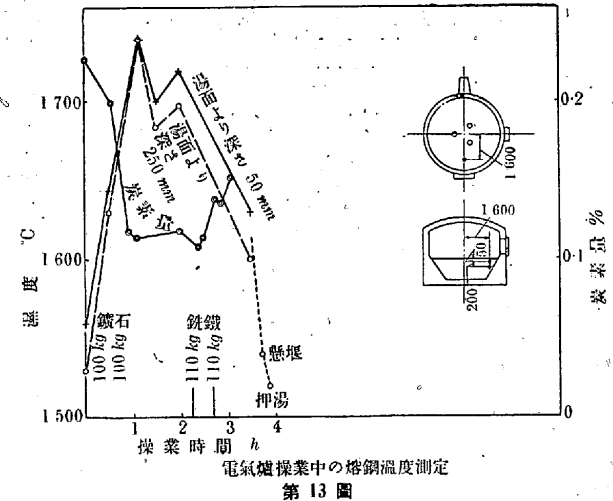
第11圖



第12圖



平爐操業中の熔鋼温度測定



電気爐操業中の熔鋼温度測定

を示す。其後鎮靜の時期に入ると温度は次第に低下すると同時に温度差を生じ、出鋼時には約 10°C の差違となる。電気爐の場合も同様の傾向であるが深さによる温度差は平爐の場合よりも激しく、熔落の時も出鋼の時も約 30°C である。

其 4 平爐及び電気爐内の雰圍氣竝に熔鋼の温度分布状況測定

本装置を用ひて酸性平爐及び鹽基性大型電気爐内雰圍氣及び熔鋼の温度分布状態を測定した成績の一例を第 14 乃至第 16 圖に示す。從來判然しなかつた次の諸事實を明瞭に知る事が出来た。

(イ) 一例に依れば平爐内雰圍氣に於けるガス噴出口附近の温度は約 1,760°C、排氣口附近は 1,700°C である。又燃焼ガスの温度は噴出口附近は湯面で最高であるが噴出口を離るゝに従ひ焔は湯面に當りて反撥され湯面附近は幾分温度が低い。

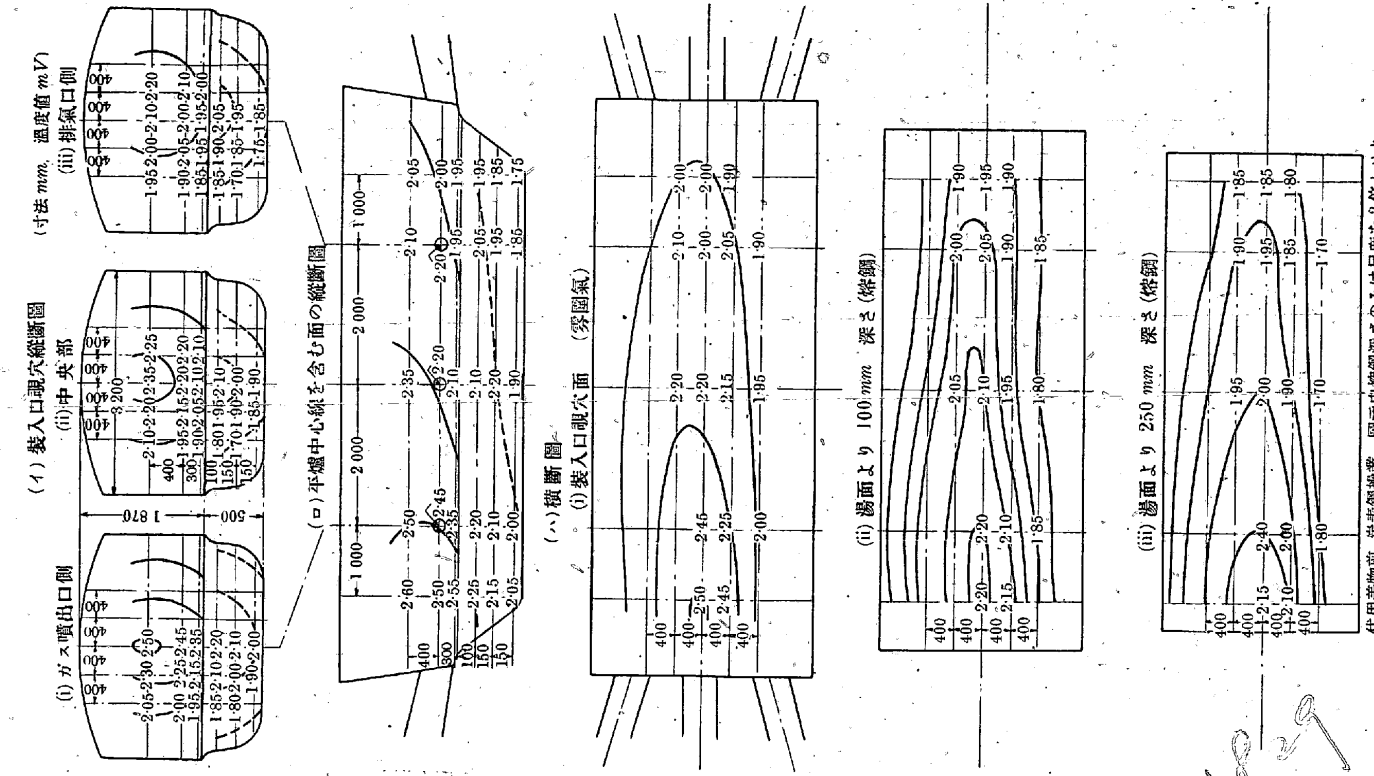
(ロ) 湯の温度は一例に依れば爐の中央部鋼滓直下で 1,710°C、爐底近くでは 1,690°C であつて深さに依り約 20°C の差違がある。又爐の中心線より前後部に移るにつれ温度は漸減し爐の中央部縦断面に於ける最高最低の温度差は約 40°C 以上に及ぶ。猶ガス焔直下は一般より更に

20°C 高い。

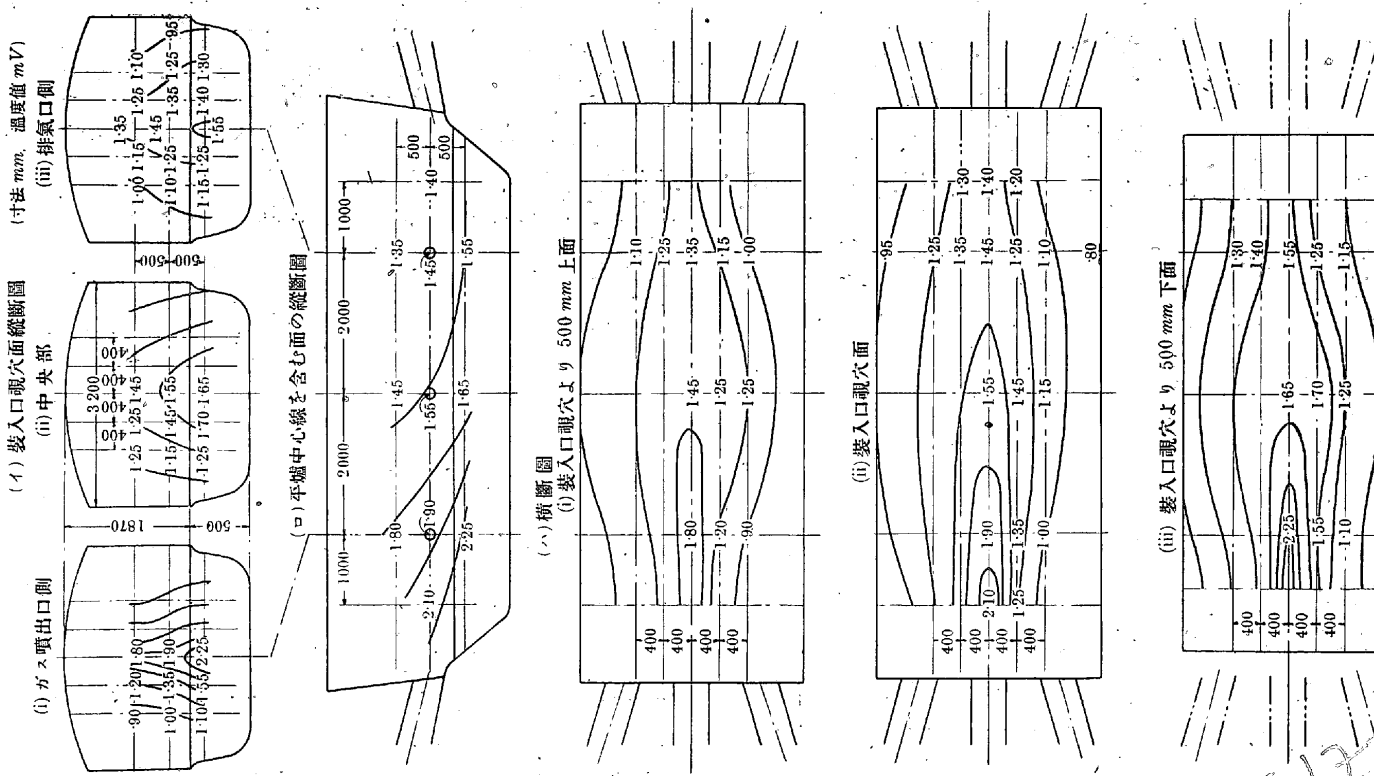
(ハ) 爐床焼付時に於ては焔は爐床を這ふ爲、温度の高い範圍はガス噴出口を結ぶ中心線より下部にある。ガスの温度は一例によれば噴出口で 1,725°C、排氣口で 1,640°C である。爐の前後部の温度が中心部より低いのは勿論である。

(ニ) 電気爐内雰圍氣温度は電極附近が最も高く(一例 1,785°C) 爐壁に近くなるに従ひ温度は低下する(一例 1,570°C)。その度合は平爐より遙に大で最高最低の差は 200°C 以上もある。

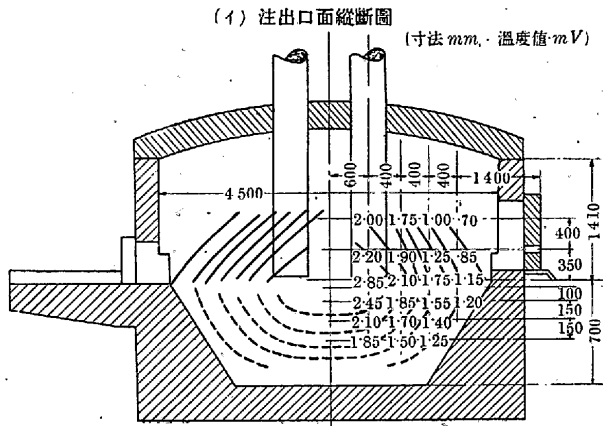
(ホ) 湯熱も亦電極下に於て著しく高く(一例 1,750°C) 深さ大となるにつれて低下するのみならず、電極より遠ざかるに従ひ著しく低温となり一例に於てはその差が 130°C に及ぶ。即ち湯熱の平均値は平爐の場合と大差ないが部分的に著しき不均齊の状況にあることは極めて注意を要する事實であつて電気爐操業に當り大いに考慮を要する事であ



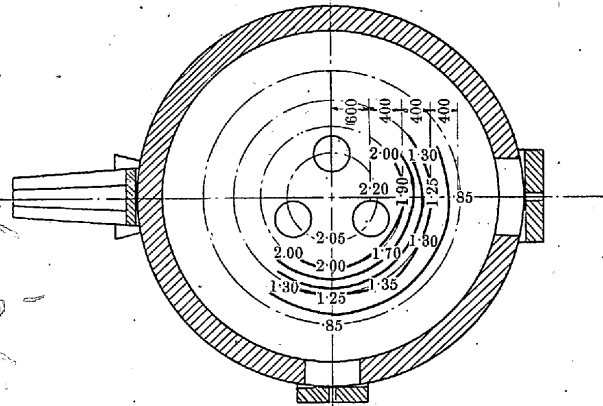
第 15 圖 酸性平爐内雰圍氣及び熔鋼の溫度分布
 代用差物前 炭素鋼操業 圖示中熔鋼深さのみは尺度を 2 倍とせり



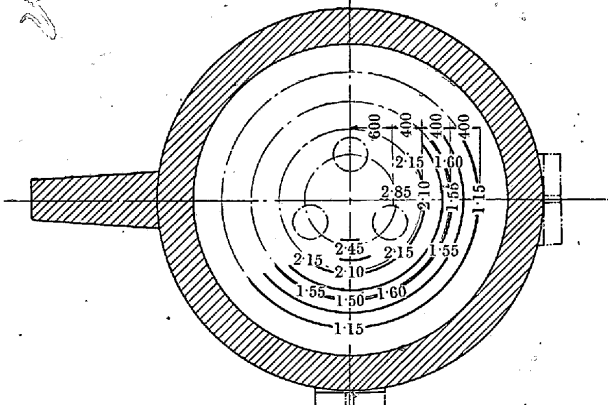
第 14 圖 酸性平爐内雰圍氣及び熔鋼の溫度分布
 爐床級付操業中 圖示中熔鋼深さのみは尺度を 2 倍とせり



(ロ) 装入口視穴面横断面



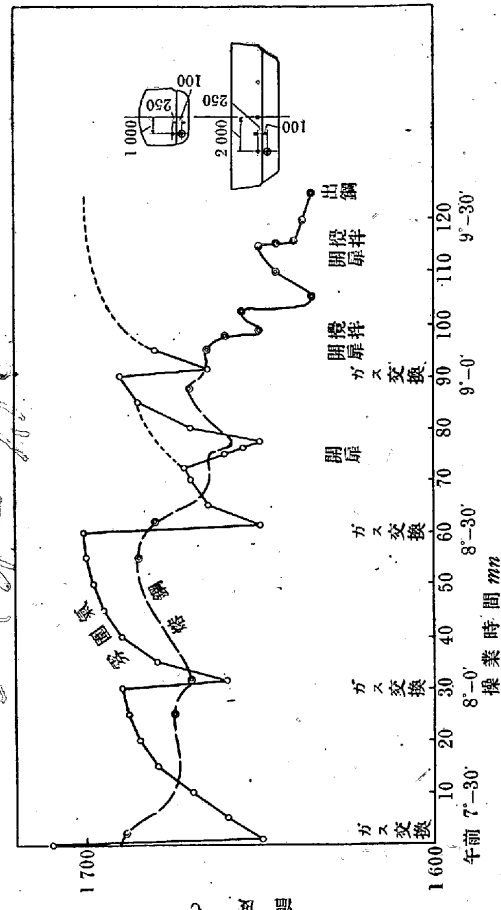
(ハ) 湯面より 250 mm 深さ横断面



還元期差物前 炭素鋼操業
 図示中熔鋼深さのみは尺度を2倍とせり
 第16圖 大型電氣爐内雰圍氣及び熔鋼の溫度分布

と思ふ。

第17圖は酸性平爐の出鋼前約二時間に渡つて爐内雰圍氣及び熔鋼の溫度を詳細に測定した一例である。雰圍氣溫度は操業の邪魔にならないやうに向つて左側の扉の視口から熱電對を差込み、ガス噴出口中心より1m前方の位置を測定した。従つてガス交換に際し左側噴出口からガスが出る場合は高く、右側から出る場合は溫度が幾分低い。猶交換



第17圖 平爐操業中の雰圍氣及び熔鋼溫度測定

直後に最高溫度にならないのは熱電對が直接焔に接觸して居らないためと思はれる。雰圍氣溫度が扉を開く事によつて急激に低下するのが曲線上から良く判る。熔鋼溫度も雰圍氣溫度の影響を或程度受けるやうである。但これは測熱した處の深さが湯面より100mmであるためで、それより深くなればそれ程の影響はないかも知れない。出鋼に近くなるに従つて溫度の低下するのは差物の影響が最大の原因であらう。本例に見ても明かである如く、本熱電對の使用に依つて雰圍氣及び熔鋼の溫度變化が極めて明瞭に測定出来る事は事實で從來何處でも不可能であつた事が容易且簡単に解決し得たのを深く喜ぶ次第である。

VII. 結 論

(1). タングステンとモリブデンとの熱電對に特殊の酸化防止被覆を施し及び熱接點部の保護用として炭素管の外部に耐火材を被覆焼結せしめたものを用ひた結果は熔鋼溫度殊に從來殆ど不可能視された熔解爐内の熔鋼溫度を容易且正確に測定することを得るに到つた。

本装置は材料的にも入手容易で價格も低廉、使用法又簡單で人的誤差を生ずることが少ないから現場作業用として充分實用に適する。

(2). 本測定装置に依つて熔鋼の輻射率を測定した成績の平均値 0.45 は學術振興會でも一般に採用されることになつた。

(3). 本装置を實地作業に應用した結果として高周波爐、弧光爐及び平爐内の操業中の熔鋼及び雰圍氣の温度變化や平爐及び弧光爐内の熔鋼及び雰圍氣の温度分布の狀態を精確に測定し得て從來全く未知であつた諸事實を明かになし

得、殊に弧光爐内の熔鋼温度が平爐の場合に比し部分的に著しい温度差のあることを指摘し操業上の一指針を與へ得た。

(4). 本測熱装置を一般熔解作業に用ひることに依れば熔鋼温度の調整を合理的に行ふ指針となし得べく將來良鋼材の製造竝に廢品防止等に資すること大なるものありと秘かに信するものである。(終)

爐内温度の自働的調節

(Foundry Tr. J. 61 (1939) 237-242)

Cambridge 會社製記録温度計及び調節器に就ての説明である。是等は 200~2,000°C に亘り爐内温度の調節に使用し得る。この1つの計器に1回轉に最高 96h に亘る任意の回轉速度を有するカムに依り調節する機構のものがある。このカムは必要に應じ所要の最高温度迄任意の加熱速度を與へる如く形狀の變更が出来る。調節曲線が必要の際は任意に切り取れる黄銅薄板も供給されて居る。

(製鐵技術總覽第1號 109頁)

鑄物工場に於ける光高温計の應用

(E. R. Thews, Giessereipraxis 60 (1939) 451-454)

鑄物工場に於て熔融金屬及び爐内の温度測定に使用せられる輻射高温計アルドメーター (ardometers) 及び纖維消失型光高温計の2種の高温計を説明してある。讀取温度が熔融金屬の眞温度を可及的正確に指示するを確める實際的方法を記してある。(製鐵技術總覽第1號 109頁)

最近の高温測定法

(H. Hirst, Chem. Engng. and Min. Review, 32 (1936) 19-23)

熱電、抵抗、輻射、光等の各高温計に依る最近の高温測定理論と實際を述べてゐる。(製鐵技術總覽第2號 67頁)

製鋼工場に於ける高温測定

(W. J. Todd, Metal Treatment, 5 (1939) Winter Issue, 171-174, 184)

各種の光高温計とその用途を論じ Hadfield 會社にて種々の成分を有する炭素鋼、合金鋼等の温度測定を實施した經驗を記し、特に色高温計を使用した結果と、この使用方法を詳述してゐる。

(製鐵技術總覽第2號 67頁)

エプバル工場の連続ストリップ工場の計器

(Iron and Steel, 13 (1940) 102-103, 155-157)

Richard Thomas 會社 Ebbw Vale 連続ストリップ工場の温度測定及び制御方式の解説である。この装置は光電管を用ひる“Optimatic”温度指示計2臺に依る。受光部はストリップから4ftの位置にあつて温度は 1/8s の遅れを以て連続的に記録される。

均熱爐、酸洗槽、燒鈍爐、錫メッキ設備用の装置に就ても記してある。(製鐵技術總覽第2號 67頁)

鹽基性平爐に於ける熔鋼の温度測定

(S. Fornander, T. Omberg, Jernkont. Annal. 123 (1940) 527-544)

鹽基性平爐に於て熔鋼温度を測定する2種の熱電對の構造、補正法及び使用方法を記してゐる。1は黒鉛・炭化珪素熱電對を用ひる Fitteres 式高温計であるが、構造が使用目的に不適當な爲役に立たない。他の熱電對はタングステン・モリブデンで、これに水冷用の外管を箆め、冷却水は入口と出口で 35°C 以上の温度差を有しない如く通ずる。この外管は徑 2.5in の鐵管で絶縁してない。後者の熱電對で、7 熔解の温度測定を實施し、炭素量と温度との關係を比較し炭素量の等しい時 170°C に達する温度差のあることを指摘してゐる。この原因は 12 吨爐といふ小爐の爲と思はれる。又 Pythagoras セメント製の保護管を用ひ、熱電對を傷めず、少くとも6回の測定を行ひ得たと云ふ。熱電對と保護管の經費は 4s 6d で各測定に要する經費は 9d に相當する。但出鋼温度と造塊中の熔鋼の性状との關係に就ては何等明かにする處は無かつた。

(製鐵技術總覽第2號 68頁)

出銑温度の測定結果に就て

(海野三朗, 日鐵八幡製鐵所研究所報告, 21 卷, 3 號 1-28)

著者は先づ熔銑の湯出し温度を連續的に測定し、この結果より爐内に於ける各層の温度分布を知り、製銑温度を推知するに便ならしめんと企てた。光高温計による測定結果によれば、爐内温度は底部へ下るに従つて何れも降下し、羽口に接近するに従つて熔銑熔滓共に上昇する。羽口より底部に向つて順次降下してゐるが、その割合は熔滓に於けるよりも熔銑の方が遙かに大である。即ち熔滓の持去る熱量は實に大である。羽口より下部の温度が比較的低いときは出銑量が減じ、高温ならば多い。従つて羽口以下を高温ならしめる事は出銑量を増すに最も重要事項となる。この測定では爐内熔銑の温度が 1,411~1,465°C の時に、爐底の温度は 1,245~1,277°C となつて居り、爐底より 1~1.2m 迄の間に於ては冷却速度大で爐底に近づくに従つて直線的に増してゐることが判明した。要するに熔銑及び熔滓の温度を正確に測定する事によつて爐況が如何なる方向に進みつゝあるかを知る事が出来ると説いてゐる。

(製鐵技術總覽第2號 69頁)