

XI. 電極の位置

三相三極式にありては電極の位置の適否により熔解速度、爐内壁熔損、爐蓋熔損の状況に大關係あり。通常每平方吋 40~50 アムペア通電の電極を使用する場合に於ては下記の式によりて決定すれば大體間違ひなきものなり。

$$D = \sqrt{2}d + 100 \text{ mm}$$

但し D = 三極の中心を通過する圓の直徑 (mm)、 d = 電極の直徑 (mm)

XII. 出鋼口の位置

出鋼口の位置は電極上下調整装置の反對側にあるものと直角の位置にあるものとあり。何れも一長一短あり。爐を多數設備する時は前者が宜しく反對の場合は後者が適當なるべし。

XIII. 装入口の數

熱効率の點より考ふれば數の少きを希望すれども操業上より考ふれば多きを宜しとす。製品の多種を欲する場合は 2 個設備するを得策とすべし。

以上

電氣製鋼用弧光爐の設計に關する一基礎的研究

三菱製鐵株式會社技師 向山幹夫

1. 緒言

電氣製鋼法は實用に供せらるるに至りしより日尚ほ淺く製鋼法中もつとも年若きものの一つなり。然れども近年頃其の眞價を認められ、今日既に製鋼作業中最も重要な一部門を成すに至れり。此の方法を用ふれば熔槽内の熔鐵及び熔滓の溫度を充分上昇せしめて鋼の製鍊を完全に遂行し得るなり。又高溫度にて熔鋼内に熔融點高き特殊元素例へば W 、 Mo 等の如きを加へてよく熔解混和せしめ得べし。従つて在來の製鋼法にては到底製造する途なかりし高級合金鋼をも容易に製造し得るなり。之此の製鋼法が最近特に著しく世用を充足するに至りし所以なり。特に今後兵器、航空機、自動車及び高温高壓化學工業の如く特別優良なる鋼を要する工業の進歩に伴ひ電氣製鋼法は愈々其の眞價を發揮するに至るべし。

今日此の電氣製鋼法に使用せらるる電氣爐には其の種類頗る多けれどもエル式 3 相爐其の首位を占む。

我國には約 80 基の製鋼用電氣爐あれども其の内 70 基内外は此の型式に屬す。近年は其の容量及び電氣容量共に著しく大となり 1 爐の熔解量 30 噸、電氣容量 12,000 K.V.A. に及ぶも¹⁾のあり。(最も多²⁾きは熔解容量 1-3 噸電氣容量 600-1,200 K.V.A. なり)

而して此の爐の設計及び製作の適否は製鋼作業の能率を支配する所最も大なり。然るに此の重要な電氣弧光爐の設計に就きては未だ全く理論の確立せるものあるを見ず。故に其の製作にあたりては専ら製作擔當者の經驗のみに倚賴するものにして理論的設計を行ひ得ざる憾みあり。之は實に電氣製鋼法の發達に對する重大なる缺陷の一つなりと稱するを得べし。従つて電氣弧光爐の設計に關する理論的研究をなすは最も緊要なる事項なり。

電氣弧光爐に關しても文献は³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾頗る多し。然れども之らは多く爐の構造性能等に關する説明に止まり爐の設計に關して發表せられたるは頗る稀なり。ヴェスト⁸⁾⁹⁾の説ける如きは爐の設計に關する稀なる一例なれども之も又其の經驗を漫然叙説せるに過ぎざるなり。従つて之等は未だ理論的基礎となし得ざるなり。著者は以上の諸研究とは稍異り實驗によりて其の理論的基礎を定めんとせり。其の結果製鋼用 3 相エル式電氣爐に關して極めて興味深き一結果を歸納するを得たり。

即ち電氣弧光爐にて設計の基礎となるものは (1) 熔融體

3) A. Stausfeld: Electric furnace for iron and steel.

4) Eörcher: Electriche ofen.

5) P. Marthowrey: Rev. de Met. Vol. 28, p. 101-6, 139-59, 1931.

6) W. T. Gefford: Proc. Ins. British Foundryman, Vol. 23, p. 413-27, 1929-30.

7) 石川: 工業電熱

8) R. R. West: Foundry 60, No. 18, p. 18, d. 52, 1932.

9) R. R. West: Steel, June 19, 1933.

1) 神谷 鐵と鋼 Vol. 19, p. 343, 1933.

2) 向山 電氣化學 Vol. 1, p. 35, 1933.

體の溫度。(2)電極の直徑(大きさ)。(3)電極間の距離。(4)電流の大きさ(電氣入力)。(5)爐内容積。(6)熔槽の大きさ(深さ及び廣さ)。(7)耐火材料の種類及び寸法等なり。之等は相互に相關係し其の結果頗る複雑多岐なる關係を保つなり

著者は前記諸項中設計と最も重要なりと考へらるゝ爐内溫度(熔融體の溫度)、電極の大きさ、電流及び電極間距離の間に存する關係を殘餘の諸項を一定して研究せり。其の結果製鋼用電氣弧光爐の設計に關して最も重要なる一つの基礎的關係を定むる事を得たり。

以下其の詳細に亘りて記載すべし。

2. 實 驗

實驗の方法。特殊なる爐を築造し煉瓦積み及裏付けを施したる後充分に乾燥したり。此の裡に鋼屑と熔劑とを裝填して電流を通して熔融せしむ。此の裝填材料(鋼屑 60 kg 熔滓 30 kg)が電弧にて完全に熔融せる後爐の端電壓を約 80 Ap に一定し一定量の電流たとへば 500 V、750 Ap 等の電流を通したり。此の際電極の大きさを變更し各電極の直徑を變ずる毎に同様の實驗を行ひたり。此の際常に爐中心と電極の直下との熔滓の溫度を測定せり。

(1) **實驗用電氣爐** 本研究にては特に實驗に供する爲めに第 1 圖に示す如きユール型 3 相電氣爐を築造せり。此の爐の構造の大要は第 2 圖に示せり同圖に於て明かなる如く傾注装置を具へ電極は常に爐の中心に近く正三角の位置を占むる如くせり。但し實驗にあたりて電極間距離と電極の直徑とを順次實驗の進行に應じて變更せしめ得る様に特別なる装置を具へたり。更に 120 度づゝ水平に距りて設けられたる電極支柱装置に依りて電極を水平及垂直に自由に運動せしめ得るなり。

第 3 圖は爐蓋用珪石煉瓦(品川白煉瓦製)の寸法及び積み方を示すものにして之によりて電極の移行し得る距離を明かにせり。爐殻内には石綿板を布き其上に半枚厚さにシヤモット煉瓦を積み。爐底には 5cm 徑、15cm 長さの鐵管内に煨燒マグネシヤとターールとをねり合せたるものを充填したる所謂 Iron clad Magnesia を敷けり。此の上に約 2~3 cm の厚さに裏付け用マグネシヤ合劑をスタンプせり。此の裏付けは熔滓線上に至らしめたり。第 4 圖は爐内容積と其の寸法を示す。電極は特に日本カーボン會社

に依頼し此の目的の爲めに種々なる寸法のもの製造せり其の品質は同社 E₁ 級に屬し其の物理的性質は第 1 表中央の如し。

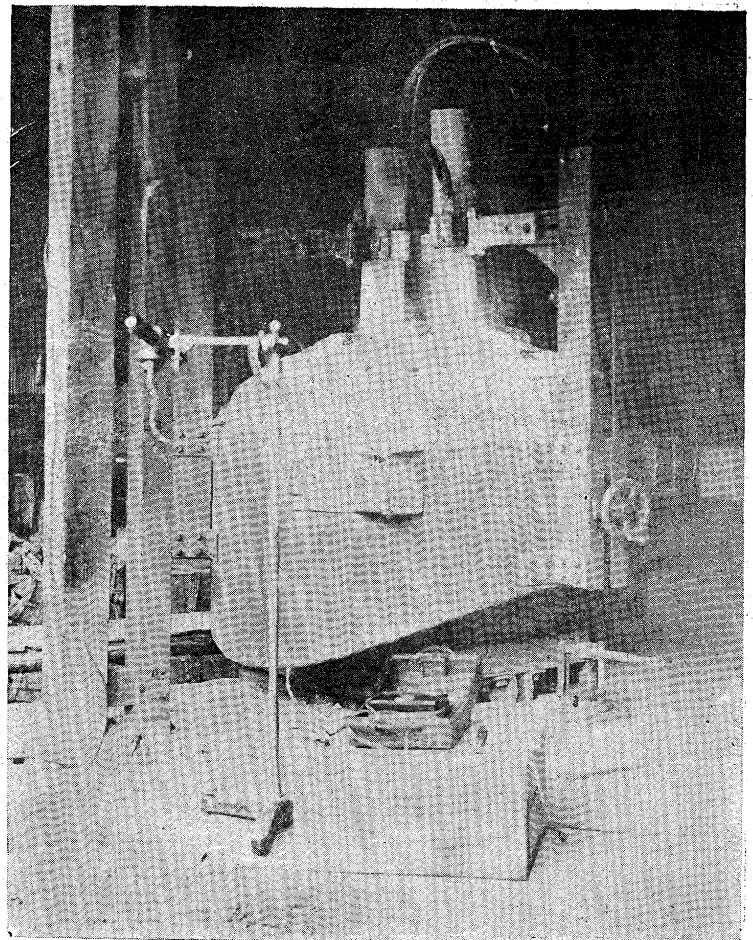
第 1 表 電極の物理的諸性質表

徑 mm	電 流 密 度			備 考
	E ₀	E ₁	E ₂	
50~125	10.85~13.90	5.00~7.00	6.20~7.75	Ap/cm ²
150~250	9.32~10.85	7.00~7.75	5.45~6.20	
300~400	8.55~9.32	5.45~6.20	4.65~5.45	
切斷應力	80~100 kg/mm ²	20~130	—	
壓縮應力	130~170	130~150	—	
見掛比重	1.68~1.72	1.65~1.70	1.60~1.65	

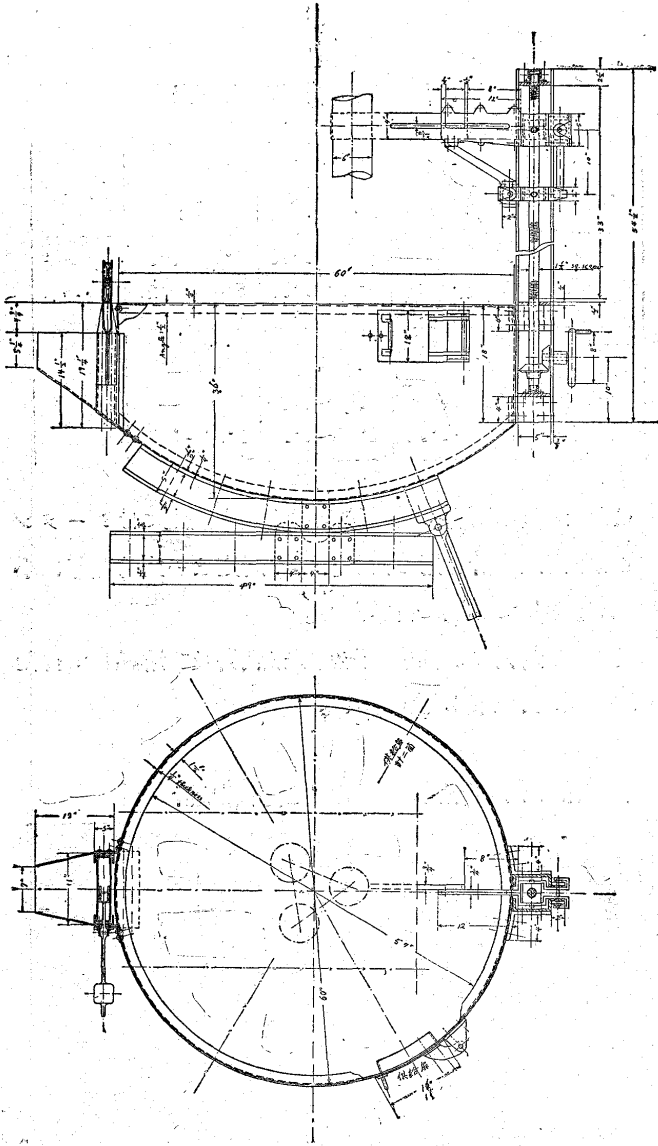
(2) **溫度の測定** 爐内熔融體の溫度測定にはシーメンス式光學高溫計を用ひたり。此の測定は一定時間毎に小裝填口を通して迅速に行ひたり。

(3) **熔劑其他の組成** 熔融用諸試料及び熔融して得たるものの組成は第 2 表の如し。

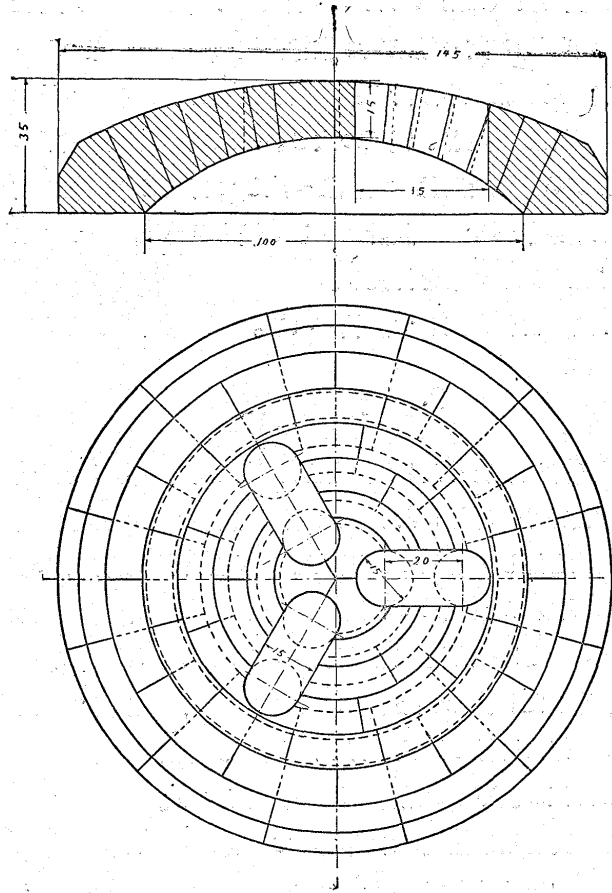
第 1 圖 實驗用電氣弧光爐と光學溫度計



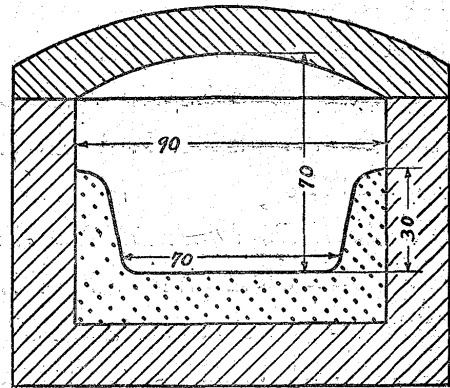
第2圖 製鋼爐組立圖
製鋼爐組立圖概觀



第3圖 爐蓋の寸法圖
電氣爐カバー (cm)



第4圖 爐内容圖
(電氣爐内容寸法圖)



第2表 諸試料及熔滓の組成表

(a) 鋼 屑

C 0.45, Si 0.11, P 0.06, S 0.08, Mn 0.45

(b) 熔劑の組成

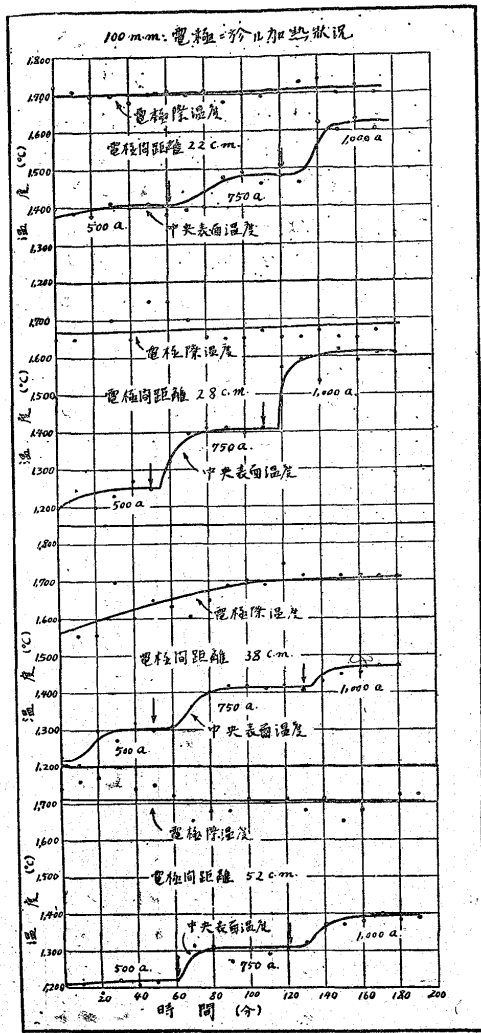
種 目	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
珪 石	97.68	0.06	tr	0.06	1.85
石 灰 石	0.77	53.88	0.72	0.32	1.11
鐵 鑛 石	6.65	0.78	—	1.33	90.88

(c) 熔滓の組成

番 號	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	FeO ₂
1	33.21	42.10	6.60	3.23	12.18
2	34.03	40.88	5.67	3.66	11.76
3	33.77	43.33	4.78	3.26	13.00

實驗結果。一定重量の熔滓及び熔鋼を作り種々なる大きさの電極にて、電極間距離と電流との値を變化して熔融物を加熱し爐内温度の變化する狀況を實驗し得た結果を第3~6表に示せり。以上の價を加熱時間に就きて求め得たる圖例の一を示せば第5圖の如し。

第5圖 爐内溫度上昇曲線



第3表 75 mm 徑電極による加熱表(時間、熔滓溫度、電流及び電極間距離の關係を示す表なり。)

時間	電極間距離	電流(一相)	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
時分	cm	Ap			
10:00	25:00	500	1,420	1,750	熔融完了
10:10	25:00	500	1,350	1,690	
10:20	25:00	500	1,360	1,730	
10:30	25:00	500	1,380	1,800	
10:40	25:00	500	1,430	1,820	
10:50	25:00	500	1,420	1,800	
11:00	25:00	500	1,420	1,800	
11:10	25:00	500	1,430	1,790	
11:20	25:00	500	1,430	1,750	
11:30	25:00	750	1,430	1,750	
11:40	25:00	750	1,450	1,730	
11:50	25:00	750	1,460	1,750	
12:00	25:00	750	1,450	1,750	
12:10	25:00	750	1,460	1,740	
12:20	25:00	750	1,450	1,750	
12:30	25:00	1,000	1,430	1,800	
12:40	25:00	1,000	1,480	1,770	
12:50	25:00	1,000	1,420	1,800	
1:00	25:00	1,000	1,540	1,780	
1:10	25:00	1,000	1,530	1,740	
1:20	25:00	1,000	1,550	1,770	
1:30	25:00	1,000	1,540	1,780	
1:40	36:00	500	1,100	1,710	
1:50	36:00	500	1,140	1,740	
2:00	36:00	500	1,100	1,790	

時間	電極間距離	電流(一相)	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
時分	cm	Ap			
10:00	22:00	500	1,120	1,780	
10:10	22:00	500	1,130	1,810	
10:20	22:00	500	1,140	1,800	
10:30	22:00	750	1,140	1,660	
10:40	22:00	750	1,240	1,660	
10:50	22:00	750	1,260	1,741	
11:00	22:00	750	1,240	1,760	
11:10	22:00	750	1,220	1,770	
11:20	22:00	750	1,250	1,780	
11:30	22:00	750	1,250	1,780	
11:40	22:00	750	1,250	1,780	
11:50	22:00	750	1,250	1,750	
12:00	22:00	1,000	1,240	1,710	
12:10	22:00	1,000	1,250	1,690	
12:20	22:00	1,000	1,310	1,760	
12:30	22:00	1,000	1,320	1,690	
12:40	22:00	1,000	1,330	1,740	
12:50	22:00	1,000	1,320	1,750	
13:00	22:00	1,000	1,330	1,750	
13:10	22:00	500	1,140	1,760	
13:20	22:00	500	1,190	1,770	
13:30	22:00	500	1,210	1,700	
13:40	22:00	500	1,230	1,850	
13:50	22:00	500	1,210	1,780	
14:00	22:00	500	1,210	1,790	
14:10	22:00	500	1,220	1,800	
14:20	22:00	500	1,210	1,800	
14:30	22:00	750	1,230	1,790	
14:40	22:00	750	1,250	1,770	
14:50	22:00	750	1,250	1,770	
15:00	22:00	750	1,260	1,780	
15:10	22:00	750	1,270	1,780	
15:20	22:00	750	1,270	1,780	
15:30	22:00	750	1,260	1,790	
15:40	22:00	750	1,260	1,790	
15:50	22:00	1,000	1,260	1,780	
16:00	22:00	1,000	1,260	1,780	
16:10	22:00	1,000	1,290	1,780	
16:20	22:00	1,000	1,300	1,800	
16:30	22:00	1,000	1,330	1,800	
16:40	22:00	1,000	1,320	1,790	
16:50	22:00	1,000	1,330	1,770	
17:00	22:00	1,000	1,340	1,780	

第4表 100 mm 電極に依る加熱表(同前)

時間	電極中心間距離	電流(一相)	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
時分	cm	Ap			
11:00	22:00	500	1,400	1,720	
11:10	22:00	500	1,390	1,710	
11:20	22:00	500	1,380	1,700	
11:30	22:00	500	1,410	1,700	
11:40	22:00	500	1,400	1,680	
11:50	22:00	500	1,400	1,700	
12:00	22:00	750	1,320	1,750	
12:10	22:00	750	1,390	1,750	
12:20	22:00	750	1,400	1,700	
12:30	22:00	750	1,480	1,650	
12:40	22:00	750	1,490	1,700	
12:50	22:00	750	1,460	1,700	
13:00	22:00	750	1,470	1,700	
13:10	22:00	1,000	1,460	1,700	
13:20	22:00	1,000	1,520	1,730	
13:30	22:00	1,000	1,500	1,740	
13:40	22:00	1,000	1,530	1,700	
13:50	22:00	1,000	1,500	1,720	
14:00	22:00	1,000	1,520	1,700	
14:10	22:00	1,250	1,580	1,700	
14:20	22:00	1,250	1,610	1,710	
14:30	22:00	1,250	1,630	1,700	
14:40	22:00	1,250	1,630	1,700	
14:50	22:00	1,250	1,630	1,700	
15:00	22:00	1,250	1,620	1,700	
15:10	22:00	1,250	1,620	1,700	
15:20	28:00	500	1,300	1,650	熔滓のみ 熔融す
15:30	28:00	500	1,350	1,650	
15:40	28:00	500	1,300	1,600	
15:50	28:00	500	1,330	1,700	
16:00	28:00	500	1,370	1,650	

第5表 125mm 電極に依る加熱表(同前)

時間	電極中心 距離 cm	電流 (一相) Ap	爐中心の 溫度 °C	電極直下 の溫度 °C	備考
40	28·00	500	1,350	1,750	熔滓のみ 熔融
50	〃	〃	〃	〃	
0·00	〃	750	1,380	1,710	
10	〃	〃	1,400	1,700	
20	〃	〃	1,410	1,710	
30	〃	〃	〃	1,680	熔融完了
40	〃	〃	1,400	1,700	
50	〃	〃	1,410	1,690	
1·00	28·00	1,000	1,400	1,710	
10	〃	〃	1,460	1,650	
20	〃	〃	1,510	1,670	
30	〃	〃	1,500	1,650	
40	〃	〃	1,530	〃	
50	〃	〃	1,520	1,680	
2·00	〃	〃	1,500	〃	
10	〃	〃	1,610	1,700	
20	28·00	1,250	1,560	〃	
30	〃	〃	1,590	〃	
40	〃	〃	1,620	〃	
50	〃	〃	〃	〃	
3·00	〃	〃	〃	〃	熔滓のみ 熔融す
10	〃	〃	1,630	1,710	
11·30	38·00	500	1,220	1,600	
40	〃	〃	1,550	〃	
50	〃	〃	1,300	1,650	
0·00	〃	〃	1,270	1,700	
10	〃	〃	1,320	1,600	
20	〃	〃	1,300	1,650	
30	38·00	750	1,360	1,700	
40	〃	〃	1,400	1,690	
50	〃	〃	〃	1,720	熔融完了 す
1·00	〃	〃	1,420	1,700	
10	〃	〃	1,690	〃	
20	〃	〃	1,700	〃	
30	38·00	1,000	1,420	1,690	
40	〃	〃	1,440	1,750	
50	〃	〃	1,450	1,700	
2·00	〃	〃	1,480	〃	
10	〃	〃	1,470	1,710	
20	〃	〃	1,480	1,700	
30	〃	〃	〃	1,710	
40	〃	〃	〃	1,730	
50	〃	1,250	〃	1,735	
3·00	〃	〃	1,550	1,760	
10	〃	〃	1,570	1,735	
20	〃	〃	1,590	1,780	
30	〃	〃	1,600	〃	
40	〃	〃	1,610	〃	
50	〃	〃	1,600	〃	
4·00	〃	〃	1,580	〃	
11·50	52·00	500	1,210	〃	熔滓も不 完全熔融
0·00	〃	〃	〃	1,740	
10	〃	〃	1,180	1,760	
20	〃	〃	1,220	1,770	
30	〃	〃	1,200	1,650	
40	〃	〃	1,220	1,740	
50	〃	〃	1,220	1,750	
1·00	52·00	750	1,210	1,720	
10	〃	〃	1,310	1,650	
20	〃	〃	1,310	1,680	
30	〃	〃	1,270	〃	
40	〃	〃	1,300	1,710	
50	〃	〃	1,290	1,700	
2·00	〃	〃	1,300	1,710	
10	52·00	1,000	1,320	1,680	熔滓のみ はよく熔 融
20	〃	〃	1,370	1,710	
30	〃	〃	1,380	1,650	
40	〃	〃	1,400	1,680	
50	〃	〃	1,380	1,700	
3·00	〃	〃	1,390	1,720	
10	52·00	1,250	1,380	1,710	
20	〃	〃	1,390	1,770	
30	〃	〃	1,425	1,780	
40	〃	〃	1,430	1,800	
50	〃	〃	〃	〃	
4·00	〃	〃	〃	1,790	
10	〃	〃	1,440	1,800	
20	〃	〃	1,430	1,770	
〃	〃	〃	〃	1,790	

時間	電極中心 距離 cm	電流 (一相) Ap	爐中心の 溫度 °C	電極直下 の溫度 °C	備考
10·30	25·00	500	1,320	1,750	電流不安 定熔滓の みはよく 熔融す。 電流安定 す。
40	〃	〃	1,330	1,730	
50	〃	750	1,420	1,700	
11·00	〃	〃	〃	〃	
10	〃	〃	1,460	1,720	
20	〃	〃	1,400	1,760	爐内よく 熔融す
30	〃	〃	1,430	1,750	
40	〃	〃	1,440	〃	
50	〃	〃	〃	1,730	
0·00	25·00	1,000	1,540	1,750	
10	〃	〃	〃	〃	
20	〃	〃	1,560	〃	
30	〃	〃	1,550	1,740	
40	〃	〃	1,560	1,750	
50	25·00	1,250	1,540	〃	
1·00	〃	〃	1,550	〃	
10	〃	〃	1,700	1,780	
20	〃	〃	1,710	〃	
30	〃	〃	1,700	1,760	
40	〃	〃	1,710	〃	
50	〃	〃	〃	1,770	
2·00	〃	〃	〃	1,770	
10	25·00	1,500	1,680	1,760	
20	〃	〃	1,710	〃	
30	〃	〃	1,700	1,780	
40	〃	〃	1,690	〃	
50	〃	〃	1,720	1,720	
3·00	〃	〃	1,710	1,800	
10	〃	〃	1,720	〃	
20	〃	〃	1,720	〃	
11·40	36·00	750	1,370	1,650	熔滓のみ 熔融完了
50	〃	〃	1,350	1,740	
0·00	〃	〃	1,370	1,800	
10	〃	〃	1,420	1,750	
20	〃	〃	1,440	〃	
30	〃	〃	〃	1,800	
40	〃	〃	〃	1,750	
50	〃	〃	〃	1,750	
36·00	1,000	1,430	1,750	1,750	熔融略完 全
1·00	〃	〃	1,480	〃	
10	〃	〃	1,490	1,740	
20	〃	〃	1,510	1,750	
30	〃	〃	〃	〃	
40	〃	〃	1,500	〃	
50	〃	〃	1,520	1,760	
2·00	〃	〃	〃	1,740	
30	〃	〃	〃	1,750	
40	〃	〃	〃	1,750	
50	〃	〃	1,620	〃	
3·00	〃	〃	〃	〃	
10	〃	〃	〃	〃	
20	36·00	1,500	1,630	1,760	
30	〃	〃	1,670	〃	
40	〃	〃	〃	〃	
50	〃	〃	1,680	1,770	
4·00	〃	〃	〃	〃	
10	〃	〃	〃	1,760	
20	〃	〃	〃	1,780	
30	〃	〃	〃	〃	
11·50	50·00	750	1,290	1,700	熔融不完 全なり
0·00	〃	〃	1,320	〃	
10	〃	〃	1,290	1,750	
20	〃	〃	1,300	1,730	
30	〃	〃	1,330	1,750	
40	〃	〃	〃	1,720	
50	〃	〃	1,340	〃	
1·00	〃	〃	1,390	〃	
20	50·00	1,000	1,440	1,700	
10	〃	〃	1,460	〃	
20	〃	〃	1,490	1,720	

時間	電極中心距離 (cm)	電流 (一相) Ap	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
30	50.00	1,000	1,500	1,730	爐内完全 熔融
40	〃	〃	1,510	1,740	
50	〃	〃	〃	〃	
2.00	〃	〃	1,500	1,750	
10	〃	〃	〃	〃	
20	50.00	1,250	〃	〃	〃
30	〃	〃	1,580	1,780	
40	〃	〃	1,600	1,740	
50	〃	〃	1,620	1,700	
3.00	〃	〃	1,630	〃	
10	〃	〃	1,620	1,730	
20	〃	〃	1,630	〃	
30	〃	〃	〃	1,720	
40	〃	〃	〃	1,730	
50	〃	〃	1,610	〃	
4.00	50.00	1,500	1,660	1,750	〃
10	〃	〃	1,670	1,730	
20	〃	〃	1,660	1,740	
30	〃	〃	〃	1,735	
40	〃	〃	1,650	1,730	
50	〃	〃	〃	〃	

時間	電極中心距離 (cm)	電流 (一相) Ap	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
30	36.00	1,250	1,660	1,800	爐内完全 熔融
40	〃	〃	〃	1,770	
50	36.00	1,500	1,680	1,780	
2.00	〃	〃	〃	〃	
10	〃	〃	1,700	1,750	
20	〃	〃	1,710	1,760	
30	〃	〃	1,700	1,790	
40	〃	〃	1,710	1,780	
50	〃	〃	1,720	〃	
3.00	〃	〃	〃	1,790	熔滓のみ 熔融
10	50.00	750	1,360	1,770	
20	〃	〃	1,420	1,760	
30	〃	〃	1,380	1,790	
40	〃	〃	1,390	〃	
50	〃	〃	〃	1,780	
4.00	〃	〃	〃	〃	
10	〃	〃	1,400	〃	
20	50.00	1,000	1,440	1,760	
30	〃	〃	1,470	1,770	
40	〃	〃	1,500	〃	
50	〃	〃	〃	〃	
5.00	〃	〃	1,490	〃	
10	〃	〃	〃	1,760	
20	〃	〃	1,500	1,780	
30	〃	〃	〃	〃	
40	〃	〃	〃	〃	
50	50.00	1,250	1,570	1,800	爐内熔融 完全
6.00	〃	〃	1,650	1,790	
10	〃	〃	1,630	1,780	
20	〃	〃	〃	〃	
30	〃	〃	1,640	1,720	
40	〃	〃	〃	〃	
50	〃	〃	1,650	1,770	
7.00	50.00	1,500	1,660	1,760	
10	〃	〃	〃	1,780	
20	〃	〃	1,640	1,750	
30	〃	〃	1,690	1,770	
40	〃	〃	1,700	1,760	
50	〃	〃	〃	〃	
8.00	〃	〃	1,710	1,750	
10	〃	〃	〃	〃	
20	〃	〃	1,720	〃	
30	〃	〃	〃	1,760	

第6表 150 mm 電極に依る加熱表 (同前)

時間	電極中心距離 (cm)	電流 (一相) Ap	爐中心の溫度 °C	電極直下の溫度 °C	備考
10.10	25.00	750	1,400	1,650	熔滓は完 全に熔融 す
20	〃	〃	1,420	1,750	
30	〃	〃	〃	〃	
40	〃	〃	1,430	1,770	
50	〃	〃	1,450	〃	
11.00	〃	〃	1,430	1,750	爐内熔融 完全
10	〃	〃	1,450	〃	
20	〃	〃	1,490	〃	
30	25.00	1,000	1,470	1,760	
40	〃	〃	1,450	1,700	
50	〃	〃	1,480	1,790	
0.00	〃	〃	1,510	1,820	
10	〃	〃	1,530	1,750	
20	〃	〃	1,540	1,780	
30	〃	〃	1,560	1,800	
40	〃	〃	1,570	1,880	
50	23.00	1,250	1,590	1,800	熔融のみ 熔融完全
1.00	〃	〃	〃	1,750	
10	〃	〃	〃	1,730	
20	〃	〃	1,600	1,740	
30	〃	〃	1,580	1,800	
40	〃	〃	1,650	1,780	
50	〃	〃	1,690	〃	
2.00	25.00	1,500	1,650	1,780	
10	〃	〃	〃	1,760	
20	〃	〃	1,690	〃	
30	〃	〃	1,720	1,790	
40	〃	〃	1,710	1,795	
50	〃	〃	1,720	1,800	
3.00	〃	〃	1,740	1,790	爐内全部 熔融
10	〃	〃	1,720	〃	
10.20	36.00	750	1,400	〃	
30	〃	〃	〃	1,780	
40	〃	〃	1,380	1,760	
50	〃	〃	1,410	1,800	
11.00	〃	〃	1,400	1,760	
10	〃	〃	1,390	1,800	
20	36.00	1,000	1,450	1,790	
30	〃	〃	1,540	〃	
40	〃	〃	1,520	1,780	
50	〃	〃	1,530	〃	
0.00	〃	〃	1,540	1,790	
10	〃	〃	1,520	1,780	
20	〃	〃	1,550	〃	
30	〃	〃	〃	〃	
40	36.00	1,250	1,540	1,790	
50	〃	〃	1,640	1,810	
1.00	〃	〃	1,690	1,810	
10	〃	〃	1,670	〃	
20	〃	〃	1,650	1,800	

前記諸表及び曲線圖を觀察すれば次の如き事項を明知し得るなり。即ち

(1) 電極の直径と電極中心間距離と電流との値を一定せば爐中心にある熔融物の溫度は時間と共に上昇す。而して遂に一定値に達す。此の値に到達せば爾後長時間加熱を繼續するも最早以上の溫度は上昇せざるなり。之は抵抗線電氣爐に於て溫度飽和に達したると同様の現象なり。電氣入力と熱損失とが平衡に達せるが爲なり。故に之を假りに電氣弧光爐の飽和溫度と名付けたり。

(2) 以上に於て電流の値のみを増加せば爐中心の熔融體溫度は漸次電極直下の溫度に近接す。

(3) 此の近接の程度及び爐の飽和溫度は電極距離に反比例して規則正しく變化す。即ち此の距離大となれば何れも小となる。

(4) 而して熔融點の相異なる2種の被熔融體ある場合には熔融點高き方の熔融點の上下に於て溫度の變化する狀況に相違あり。

(5) 電極直下の熔滓の溫度は平均 1,700~1,820°C なり。之は電流、電極の大きさ及び電極中心距離に關係なし。

(6) 以上に依りて電極の直徑相近接する場合は之等に通ずる定則あるべき事を推知し得るなり。直徑著しく異なる場合には相當の補正を要すべし。之は電極に通し得べき最大電流が其の徑に依りて異り且つ電流密度を電極直徑に應じて少からず變化するの要あるが爲なり。

(7) 故に電氣弧光爐にてはすべての場合を包括するに足る一般的關係を定むる事は仲々に困難なり。換言すれば其の熔融容量と電極（直徑及び中心距離）及び電流との間には頗る複雑にして而も重要な關係あるべし。故に之等に就きて悉く其の間の關係を闡明するに非ざれば一般的關係を規定し得ざるべし。

(8) 電氣弧光爐に電極を通して送り得る電流には電極の徑に應じて一定の限度あり。即ち過大なる電流も過少なる電流も其の動搖 (fluctuation) 常に甚だしく不安定なり。而して安定なる電流の密度の範圍は第7表に示す如く大體製造業者の指定値と一致するを明かにせり。

第7表 實驗にて得たる實用電流密度表 (A/cm²)

電 流	電 極 の 徑 mm						
	75	100	125	150	200	200	300
500	11.32	6.36	3.91	2.82	1.51	1.02	0.71
750	↓	↑	6.64	4.25	2.39	1.52	1.06
1,000	22.65	15.92	↑	↑	3.19	2.04	1.41
1,250	28.27	19.02	11.73	↑	3.92	2.54	1.77
1,500	33.97	22.98	14.46	9.91	↑	↑	2.12
1,750	39.60	25.44	15.64	11.32	6.37	↑	↑
2,000	45.30	31.84	31.10	14.16	7.84	5.08	↓
2,500	56.54						

(↑は安全電流範圍なり。)

(9) 従つて電流の大きさと電極直徑との間に安定電流を生ずる爲には一定の關係あり。此の推定安全範圍を第7表にて示せり。

(10) 電氣入力と爐中心の熔融體の飽和溫度との比は第8表に示す如く電氣入力大なる程大なり。而して之は又第6圖に示す如く電極間距離には殆んど關係なし。

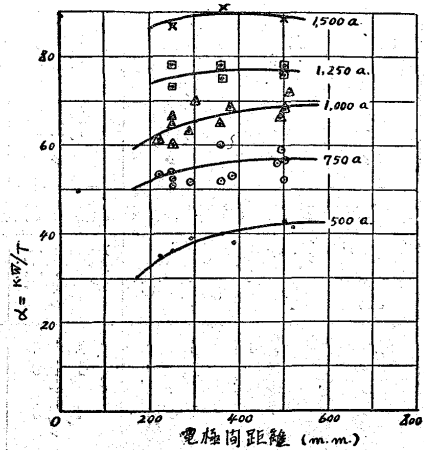
然れども此の比 α の値は電極中心距離一定なれば第7圖に示す如く電流の大きさに異なる。

之は爐内容積及び熔融體の容積共に一定なる場合に電流値大なる程爐の効率大なる事を明かにするものなり。

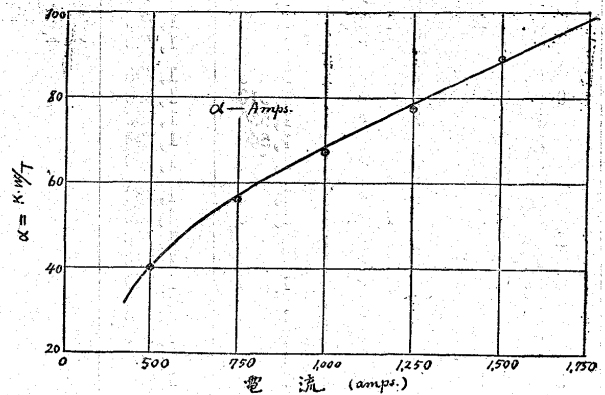
第8表 電氣入力 / 飽和溫度との比 α 値段

電極中心距離 (cm)	電 流 (Ap)				
	500	750	1,000	1,250	1,500
220	35.85	51.90	66.60	77.30	—
250	36.50	51.90	66.60	74.70	88.10
280	38.70	53.50	—	78.30	—
360-380	39.50	53.90	72.78.4	77.60	89.10
490-520	41.05	53.9-58.4	67.10	76.00	88.60

第6圖 電極間距離と α の關係



第7圖 電流と α との關係



3. 小型電氣爐に於ける基準公式と其の考察

前節記載の實驗結果に基き電極間距離と爐中心の熔融體の飽和溫度との關係を種々なる電流値に就きて求めたるものは第9表の如し。

第8圖 (a) は電極直徑 75~100 mm のものに就きて得たる結果にして同圖 (b) は 125~150 mm の大きさのものに就きて得たる曲線圖なり。之等に依りて爐中心の熔融體の飽和溫度は電極の大きさ定まらば電極間距離と共に規則正しく變化する事を知る。然れども前節記載の如く熔融體相異なる2種の熔融體存在 (2液相となる) する場合には熔融點高きものの熔融點を境界として溫度曲線の傾向に著しき相

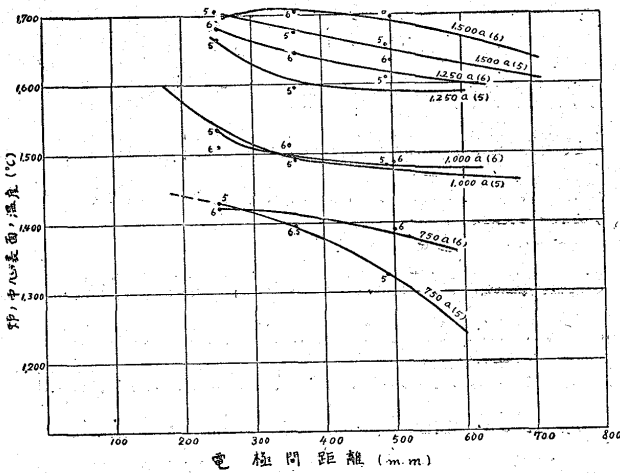
第 9 表 電流、電極間距離、電極径と飽和温度との關係表

電 流	電 極 直 径 ϕ と 距 離 d												
	$\phi=75$			$\phi=100$				$\phi=125$			$\phi=150$		
	$d=250$	360	500	220	280	380	520	250	360	500	250	360	500
500	1,415	1,145	1,205	1,395	1,335	1,265	1,205	1,325	—	—	—	—	—
750	1,445	1,230	1,255	1,405	1,400	1,410	1,305	1,430	1,395	1,425	1,425	1,395	1,390
1,000	1,530	1,310	1,305	1,500	1,500	1,475	1,375	1,535	1,530	1,500	1,510	1,515	1,485
1,250				1,615	1,605	1,595	1,440	1,685	1,650	1,695	1,680	1,645	1,635
1,500								1,705	1,700	1,655	1,685	1,703	1,692
1,750													

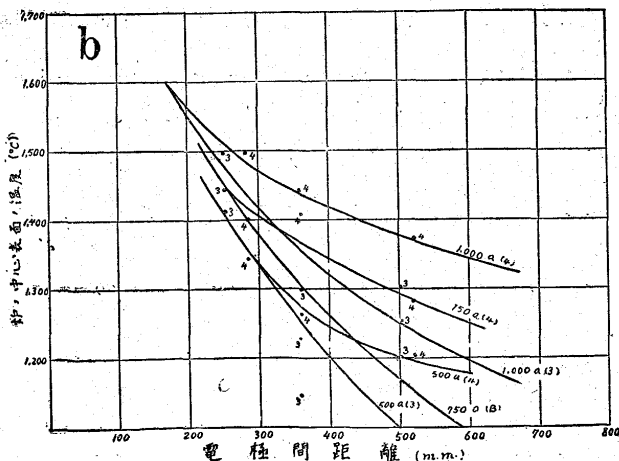
違あり。之は 2 種の相異なる熔融物が存在し各自の電氣抵抗及び熱傳導率等著しく相違する爲なり。

第 8 圖 一定電流と電極距離と爐中心飽和温度との關係

(a) やゝ大なる電極



(b) 小なる電極



而して製鋼用電氣爐に於ては熔鋼を得る爲めには熔槽(熔鋼及び熔滓)の温度は少なくとも 1,600°C 以上となすを要す。此の如き高温度に於ては熔鋼、熔滓共に完全なる液體となるが故に前記の物理的性質相近接し其の温度曲線は略同一の傾向第 8 圖 (a) に示す如くとるべし。

今試みに 1,600°C に於ける電流、電極中心間距離及び電極間の關係を以上の圖及び表より求めれば第 10 表及び第 9 圖となる。即ち爐中心の熔融物の飽和温度は同一電流値にては電極の直径大なる程高くなるなり。之は電極直下の温度は常に平均 1,750~1,800°C にして其の爐内に於ける温度傾斜は電極の直径大なる程小となる(緩となる)が爲めなり。故に此の際は同一値の電流にては電極中心間距離は電極の直径に比例する事となる。更に爐中心熔融物の温度が前述の如く常に電氣入力に比例す。(第 9 圖)故に此の際又電流(電氣入力)大となれば同一電極にては電極間距離を大となすを得べし。

第 10 表 爐中心温度 1,600°C の場合の電極中心距離と電流と電極直径との關係

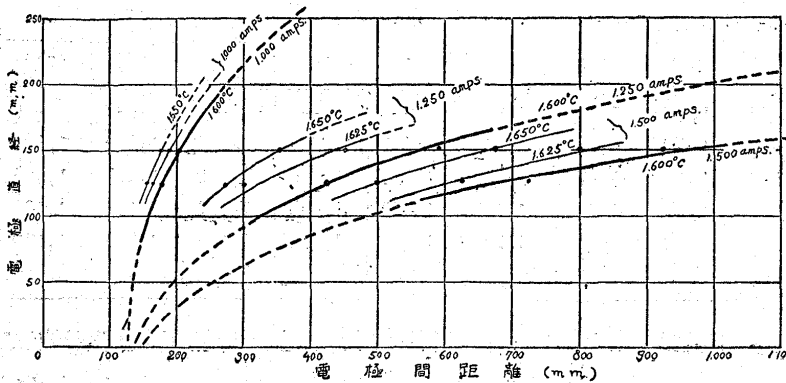
電 流 (一相)	電極直径 (mm)	電極中心距離 (cm)
1,000	25	124
∕	50	131
∕	75	142
∕	100	157
∕	125	174
∕	150	200
1,250	50	200
∕	100	325
∕	150	560
∕	200	995
1,500	50	252
∕	100	485
∕	150	975
∕	200	—

第 9 圖曲線を一般式に示せば次の如くなるなり。(公式の計算には平均値法を採れり)

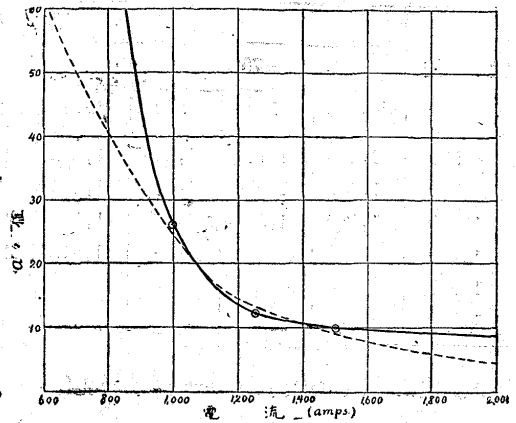
$$y = ax^b$$

此式にて y は電極の直径を x は電極中心距離を何れも m^m にて示す。 a と b は常數なり。之を計算し求めれば第 11 表の如し。此の表に於て a は電流によりて大

第9圖 1,600°C に於ける電極直径と電極中心距離との關係圖



第10圖 a の數值曲線圖



第11表 a 及 b の計算値表

電 流 (一相)	a	b
1,000	26.30	0.452
1,250	12.29	0.452
1,500	9.99	0.432
平 均	—	0.445=0.45

いに異れども b は殆んど變化なき値なり。故に a と電流との關係を求めて圖示すれば第10圖の如くなれり。

即ち前記の一般式は

$$y = a(x - 115)^{0.45} - 45$$

$$a = 3.668A^{-2.4} \times 10^8$$

(A=每相電流アンペア) なる2式にて示さるる事となれり。

此の關係は小型電氣弧光爐にては一般的の基準關係となるなり。爐熔融容量及び電氣容量等増大する場合は勿論第9圖にて明瞭せられたる如く爐中心の熔融體の溫度を變ずれば上式の常數に變化を來す事言を俟たざるなり。故に此の關係式を以つて汎くすべての場合を律し得ざるべき事明かなれども何れの場合に於ても略之と同様なる關係あるものと想定して大なる誤りなかるべし。従つて本研究にて

得たる實驗式は電氣弧光爐設計上の一つの目安となり得べしと信ず。

4. 結 論

本研究を總括すれば次の如し。

製鋼用3相式(3極)電氣弧光爐の設計に關して最も重要な電流、電極直径及び電極中心間距離を定むる一つ之を實驗にて求めたり。

(1) 3相3極式電氣弧光爐にては爐中心の熔融體の溫度は電流、電極中心間距離及び電極直径に應じて遂に一定の値となるべし。斯の如き溫度を弧光爐熔融體の飽和溫度と稱し又斯の如き狀態を飽和溫度に達したりと稱す。

(2) 以上の飽和溫度と電極直径、電極中心間距離との間には規則正しき關係あり。

(3) 而して此の關係を示す一例として溫度1,600°Cの場合に就きて「電流(A) 電極中心間距離(x) 電極直径(y)」の關係が一定の方式にて示し得る事を見出せり。

$$y = a(x - 115)^{0.45} - 45$$

$$a = 3.668 A^{-2.4} \times 10^8$$

以上

フ イ ヤ ッ ト 式 電 氣 爐 に 就 て

住友製鋼所技師 工 學 士 荒 木 彬

住友製鋼所で電氣爐を設置する事に決定しましたのは大正14年でありまして、當時支配人で居られました加藤榮氏が色々調査しました結果、氏と親交ある伊太利の Giltti 博士が「世界に於て最も優秀な電氣爐はフイヤット式

である」と言つて來ましたので、吾々とも相談の結果之を採用する事に決定したのであります。其の時加藤氏は「多くの經驗から得られた優秀な設計のものを輸入する事は、日本の工業の將來に向つて貢獻する所が大である」と