

# 翻譯

## 目次

製鋼用電弧爐の大容量への發達及びその冶金學的應用……686

面心鐵・ニッケル・銅合金に於ける異常再結晶……692

# 製鋼用電弧爐の大容量への發達及びその冶金學的應用(II)\*

安藤公平譯<sup>3)</sup>

### 1. 1910年以後の電氣製鋼の發達

電氣製鋼は最近、特に獨逸に於ては、(10年前に於て考へ得られないやうな)高級鋼製造といふこと以上の應用範圍を持つておる。この發達に就てみると

30年前の1910年には、既に、今日妥當と考へられる4つの主な使用方面が明確に分れておつた。即ち

- 1) 特殊鋼の製産。
- 2) 特殊鑄鋼の製造。
- 3) 鹽基性轉鋼の精鍊への應用。
- 4) 當時、石炭の産出少く、水力の低廉なる國にて普通鋼生産の新しき方法としての使用。

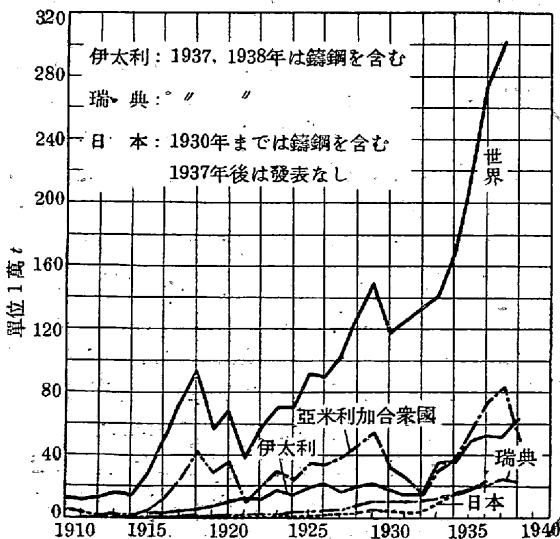
最初の爐の始業後、4年目には、かゝる目的に對し計16基(總計65<sup>2)</sup>)の爐が運轉されておつた。獨逸にては同年、即ち1910年には電氣爐鋼生産額は、當時のレムシヤイドグロツケン製鋼會社の

12,000<sup>3)</sup>を合せて36,000<sup>3)</sup>に及んでおつた。

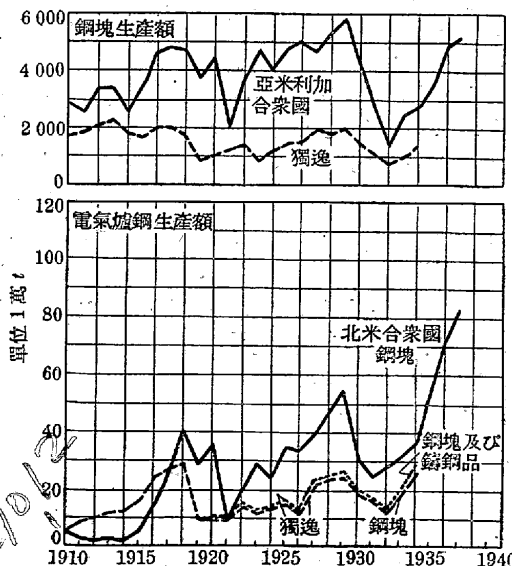
最初の電弧爐の設立以來、如何に大進歩をなしたかといふことは33年後の今日電氣爐鋼の世界産額が450萬噸といふ額に達し、世界鋼産額の4%に及ぶといふ事實となつて表れておる。かゝる發達の經過を第1圖、第2圖に示す。

第1圖に於ては主要工業國における電氣爐鋼生産(鑄鋼品を除く)の發達を世界電氣爐鋼と對比して示してある。第2圖に於ては獨逸及び北米合衆國の電氣爐鋼産額を兩國の鋼の全産額に對比して示してある。(この内で電弧爐のものが約95%を占めると思はれる)。第1圖に於て瑞典、伊太利及び日本の電氣爐鋼生産の異常なる躍進は、特に之等の國の石炭生産の少いことゝ、同時に低廉なる電力の存在といふことが原因となつておる。更にこれに加ふるに、屑鐵加工の必要なるために、この發達が促がされておるのである。

第2圖に於て注目すべきは2大工業國、獨逸及び北米合衆國の比較、即ち電氣爐鋼の鋼全産額との比較である。



第1圖 主要工業國に於ける電氣爐鋼生産の進歩



第2圖 獨逸及び北米の鋼塊及び電氣爐鋼生産の發達

これらの圖から、發展段階を三つに別つことが出来る。最初の8年間(1910—1918)は最初の爐の建設、並に發展の時期であり、又大戰によつて尙比較的若いこの電氣製鋼を擴張させた。獨、米兩國の電氣製鋼生産額の鋼全産額に對する割合は1918年に米國で0.88%、獨逸にて1.67%になつておる(第一期)。第二期は1925年迄で特に時勢によつて支配されておる。この期間に於ける兩國の電氣爐鋼生産額の鋼全生産額に對する割合は殆ど變化しておらぬ。1929年以降今日に到る第三期にては決定的飛躍をなしてお

るが、特に獨逸に於て著しい。北米合衆國に於て電氣爐鋼の鋼全産額に對する割合は1.65%なる値を保つにも拘らず、獨逸に於てこ

\* Rohland, W.: Stahl u. Eisen 61 (1941) S. 2/12.

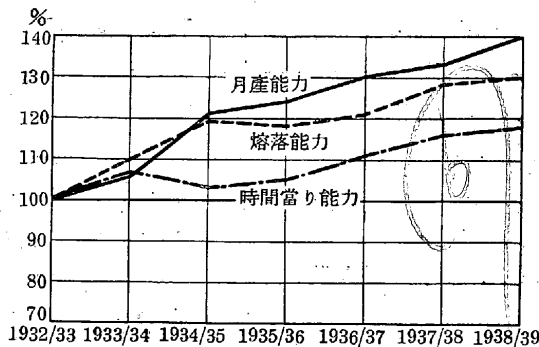
2) 日本特殊鋼株式會社

の割合は 1932 年には 1.6%, 1939 年には約 5% に上昇してゐる。獨逸におけるかゝる發達は次の事項に起因する:—

- 1) 特殊鋼に對する量的要求の増加。
- 2) 構造用鋼に對する品質向上の要求が著しくなり、隨て平爐鋼の代りに電氣爐鋼が多量に要求されたこと。
- 3) 合併製鋼法の利用、即ちトーマス鋼を電氣爐にて精鍊することが盛んになつたこと。
- 4) 電氣爐にては、屑鐵中に含まれてゐる合金を良く回収できるし、又、磷、硫黃其他の不純物を含んだ屑鐵を變じて特殊鋼になし得ること。このことは獨逸の今日の如き原料難の状態に於て特に重要なことである。

然らば如何なる手段方法によつてかくの如く電氣爐鋼の産額が増加したかといふと、即ち、個々の爐の能率増進、合併製鋼法の増加といふことも原因ではあるが、爐の基数の増加といふことと、爐の容量の増大といふことが主因をなしてゐるのである。

- a) 既に存在せる爐の能率増加に就て、特に操業法の改良並に技術的能率の向上によることは第 3 圖に明かである。即ち獨逸の特殊鋼工場に於ては時間當り能力が約 18% 向上してゐる。そして月産能力は 40% 上昇してゐる。



第 3 圖 試驗爐 (6, 8, 10, 15 吨弧光爐) の生産能力の發達

- b) トーマス轉爐と大容量の電弧爐との合併製鋼法が最近生産増加に一役を果す。
- c) 爐の新設、並に各爐が大容量へと轉移することによる能率増進、即ち 1933 年には獨逸に 15 吨爐が僅かに 5 臺しかなかったが、1939 年にはかゝる爐が 5 倍になつた。20 吨以上の大容量爐は 1933 年には古い型式のものが 2 基あつたが操業してはおらなかつた。1935 年に始めて新式の大容量爐が操業を開始した。1936 年以後にはかゝる爐が増加してゐる。

## 2. 電弧爐の大容量爐への技術的發展

電弧爐の創業以來今日の大容量への發達の跡を辿つて見ると、結局古いエルー型が根本觀念となつてゐる。創業以後に於て、異つた型式、例へば間接弧光爐、回轉爐、及び爐床電極型のナスシウス電氣爐が起つたが一般には操業されなかつた。隨て今日操業されてゐる電弧爐は根本的にはエルー式三相交流式電氣爐である。

獨逸に於ては最初製鋼に用ひられた電弧爐は 1,500 kg 容量のものでレムシャイドのグロッケン製鋼工場に於て 1906 年 2 月 17 日に操業を開始した。これより少し以前に北米合衆國及び佛蘭西に於ても同様の設備がなされておつた。

最初設置された爐は平爐に似た角形の爐で單相爐であつたが其後圓形爐で多相交流を用ひるやうになつた。電弧爐の根本觀念は最初のものと同じであるが、その反面に於て電氣的、機械的設備が非常に異つて來てゐるのである。その一例を次に擧げて見る:—

電氣設備の選擇:

變壓器容量と爐容量との關係、與へられた變壓器に適合せる弧光電壓。

電極調整器の完成:

水壓式によるもの 電氣的、即ち電壓及び電流のみによるもの 電氣的、即ちチリール式。

使用電極の種類:

黒鉛電極 無定形炭素電極 ソーデルベルヒ連續電極。

爐容量に對する機械部分の寸法:

鋼浴の高さ 鋼浴直徑 電極中心圓直徑及び爐の高さ。

機械装入の様式:

装入用籠の完成 爐蓋又は爐床の移動に依る爐頂の開放。

この外に今日では爐體の一部回轉可能なる爐が建設されてゐる。

## 3. 爐容量及び型式の電弧爐操業指示數及び費用に及ぼす影響

各種の様式の電弧爐に就てその生産能力及び經濟性に就て比較することは有益なことである。かゝる比較といふものは同一装入物、同一操業法を基礎として始めて可能なわけであつて、次の結果は獨逸特殊鋼工場の合計 9 基の爐に限つて行はれてゐる。これらは冷材装入としてある。

第 1 表、第 2 表は爐體、機械部分、並に電氣設備の報告である。

第 1 表 爐寸法及び指示數

爐 番 號	第 一 群				第 二 群		第 三 群		第四群
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
每 熔 解 生 産 量 (吨)	6	8	8 <sup>1)</sup>	10	15	15	17 <sup>1)</sup>	18	30
建 設 年	1925	1922	1915	1930	1935	1936	1921	1937	1937
爐 體 直 徑 (外徑) mm	3,150	3,430	3,500	3,530	3,920	3,920	4,200	4,300	5,200
" " " (内徑) mm	2,080	2,180	2,300	2,180	2,600	2,600	3,000	3,100	3,500
(鋼浴直徑)									
装入口面より爐蓋基礎までの距離 mm	1,100	1,100	1,100	1,030	1,200	1,200	1,200	1,300	1,470
装入口面より爐床中心までの鋼浴深さ mm	440	440	450	470	550	550	550	600	650
鋼浴面積 m <sup>2</sup>	3.40	3.73	4.15	3.73	5.31	5.31	7.06	7.54	9.62
鋼浴加熱面積 m <sup>2</sup>	1.23	1.33	1.13	1.65	2.40	2.40	2.54	2.40	3.14
(電極圓周にて包まれたる面積)									
鋼浴加熱面/鋼浴面 %	36.2	35.8	27.4	44.2	45.2	45.2	35.9	31.8	32.6

1) ラインホルド工場

第2表 電氣的指示値及び生産

爐 番 號	第一群				第二群		第三群			第四群	
	1	2	3	4	5	6	7	8	8a	9	9a
生産量 (噸)	6	8	8 <sup>1)</sup>	10	15	15	17 <sup>1)</sup>	18	18 <sup>2)</sup>	30	30 <sup>2)</sup>
變壓器:一定格容量 kVA	2,000	2,000	2,000	3,000	4,500	4,500	5,000	4,500	5,000	7,500	9,000
電 壓 V	二段	二段	二段	二段	二段	二段	二段	三段	八段	十六段	八段
	173	175	180	175	180	180	185	180	220	220	250
	100	101	104	101	104	104	104	125	乃至	乃至	乃至
適 當 容 量 kVA/t	335	250	250	300	300	300	295	250	280	250	300
電 極:一種 類	炭素	炭素	黒鉛	炭素	炭素	炭素	黒鉛	炭素	炭素	黒鉛	黒鉛
直 徑 mm	350	400	250	450	550	550	400	550	550	500	500
電 極 中 心 圓 直 徑 mm	900	900	950	1,000	1,200	1,200	1,400	1,200	1,200	1,500	1,500
裝 入 方 法	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	桶装入及び手装入	籠装入	籠装入	籠装入	籠装入
生産:一月産週數(26日)	650	720	850	1,000	1,600	1,600	1,650	1,700	1,900	2,600	2,900
熔 解 計 畫	高速度鋼	不銹鋼	球軸受鋼	炭素工具鋼	合金工具鋼 構造用鋼	合金工具鋼 構造用鋼	合金工具鋼 構造用鋼	構造用鋼	構造用鋼	構造用鋼	構造用鋼
電 力 消 費 量 kWh/t	835	875	800	800	765	745	710	760		705	

1) ラインホルド工場 2) 強力なる變壓器設置による値。

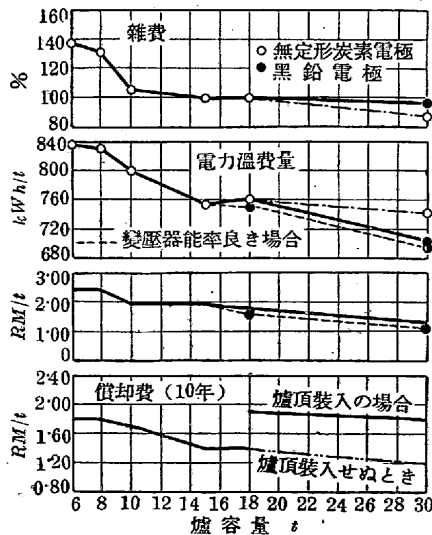
この9基の爐は次の四つの群に分けられる:

第一群 10噸以下のもの | 第三群 15噸~20噸のもの  
第二群 15噸 | 第四群 30噸

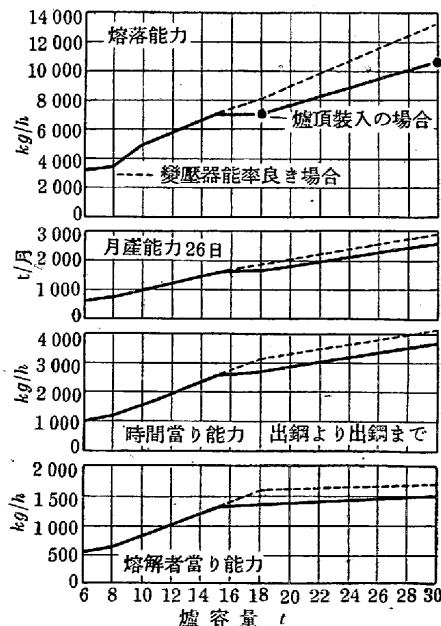
3及び7の爐はラインホルド工場(以前のベツカー工場)のものである。これらの爐は短時間しか操業は行はれなかつた。そして他の20噸以下の總ての爐とは異り無定形炭素電極を用ひておらぬので此等の爐の操業數値は他のものゝ操業數値とは直接比較することは出来ない。9の爐は30噸爐であるが無定形炭素電極は550mm以上の直徑になるので黒鉛電極に換へられた。2の爐は8噸爐であるが特殊な熔解計畫—即ち不銹鋼熔解—によつて他の爐に比較して生産

能力及び電力消費量の點で劣つておる。合金類を多量に、後装入することによつて、普通の構造用鋼に比して熔解時間の長引くこと、及び電力消費量の大きくなることは必然的である。8(18噸)、及び9(30噸)爐のみ爐頂装入装置をもつておる。これらの爐は過去の經驗から、新しい強力なる變壓器を持つておる。完全を期する爲に之等の變壓器の指示數及びこの方法に依つて期待される能率増加を8a,9aの欄に記入してある。

第8圖に於ては爐容量の生産能力に対する効果を、第9圖に於ては爐容量の經濟に及ぼす効果を示す。生産能力は爐容量の増大と共に増大するが然し乍ら比例しては居ない。15噸爐は單位時間に於て



第8圖 試驗弧光爐の生産能力致



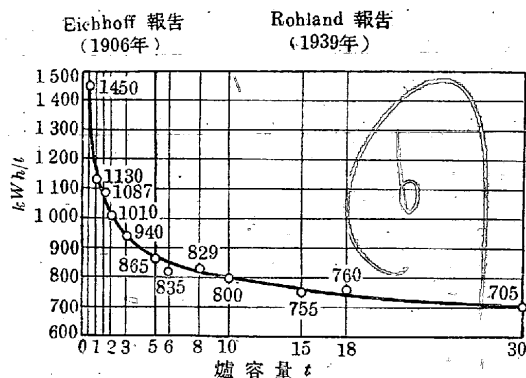
第9圖 試驗弧光爐に於ける費用の分布状態

18噸, 30噸爐より能力が大である。(18噸及び30噸爐は爐頂装入装置を有し、この種の爐様式から見て10~12%生産力が大である筈なのであるが。)熔解者の時間當り能力に就て見ると爐容量の生産能力に対する影響は更に小となる。

第9圖の雜費、電力費、築造費、材料費、及び償却費の爐容量に対する關係を示す曲線は一致しておらぬ。雜費及び電力費は、爐が大きくなると最初著しく低下するが15噸以上の爐では、この曲線は平らになる。15噸爐の數値を100とすると6噸爐では費用が37%高く、黒鉛電極を使用した際に30噸で僅か3%しか低くなつておらぬ。之等の爐に無定形炭素電極を使用したら好結果を得るであらうがその額は(費用は)僅か12%になるだけである。

15噸爐の電力使用量は755 kWh/tであるが、6噸爐では835 kWh/tとなる。これに

反して 30 吨爐では電力使用量は 705 kWh/t となつてゐる。若しこの黒鉛電極の代りに無定形炭素電極を用ひたとしたら、この數値は尙 40 kWh だけ高くなるだらう。18 吨, 30 吨爐にては新たな強力なる變壓器を設置せることに依りこの爐の數字を可成り良好ならしめた。大爐の生産能力及び電力消費量が知れる限りは、(こゝに 30 吨爐の數字が掲げてあるが) 本質的には互に異つておらぬ。即ち曲線は漸近線をなすのである。33 年前アイヒホフに依つて述べられた 0.5~5 吨爐に對する電力消費量曲線 (第 10 圖) が良く一致すると云ふことは注目すべき事である。



第 10 圖 弧光爐の電力消費量 (kWh)

#### 4. 弧光爐樣式に依る特殊經驗

前項に於て取扱つた、種々の爐の生産能力及び經濟的問題と關聯して重要な爐の型式による經驗に付て略述す。

1. 電氣設備 第 3 表には爐容量、變壓器の定格容量、最高能率出力、kW にて表はされたる負荷及び電弧電力を示してある。この表から明かである如く、變壓器の最高能率電力と定格容量とは必ずしも一致しない。爐(5), (8), (9)にては變壓器最高能率電力は 87~90% となつてゐるが、かかる變壓器は與へられた電壓、電流の割合が過大に測定されたのである。若しかゝる爐に變壓器の最高能率出力以上に負荷したとすると  $\cos\phi$  の低下及び變壓器、電弧間の損失によつて電弧電力が低下する。電弧電力の變壓器容量に對する比が 0.62 や 0.64 では既に低いのに、尙一層悪化するであらう。かかることからみて電弧電力を増すために唯強力なる變壓器を用ひるのみでは不充分である。即ちかくすることは、30 吨爐の數字が示すごとく電氣設備の効率を低下させるにすぎぬだらう。30 吨爐に付ては 9b の欄に、以前の 7,500 kVA 變壓器を、電壓の同一な 9,000 kVA のものに取換へたとしての場合の電氣的關係が示されておるが、この際には最高能率電力が 87% から 72% に低下し、電弧電力對變壓器容量の比は 0.64 から 0.53 に低下する。このとき許容最高電壓を高くすることによつて始めて電氣的効率が良好になる。隨つて 30 吨爐の新變壓器は 220V の代りに最高電壓を 300V にしなければならぬことになる。かうすると最高能率電力が定格容量の 10% になり、 $\cos\phi$  は 0.91 に、電氣的効率は 89.6% に、そして電弧電力の變壓器に對する比は 0.82 に昇る。同様に 18 吨爐の場合には 4,500 kVA 變壓器の代りに 5,000 kVA を用ひたとすると最高電壓を 180V から 220V に高められる。しかし最高電壓を増大しても自ら限度がありこれは次のことによつて決定される。

- イ) 弧光の長さ
- ロ) 高壓によつて増大する危險(人命に關する)
- ハ) 屑鐵の狀況。

かかる狀況から 300V が許容最高電壓と見做されておる。これに

よつて變壓器の最高能率出力には上限がある。従つて爐の大きさも、

第 3 表 (其の 1) 電氣裝置の效率

爐番號	爐容量 t	變壓器定格容量 kVA	熔解電壓 V	最高能率電流 A	變壓器最高能率電力 kVA	變壓器出力 %
1	6	2,000	180	6,650	2,080	100
2	8	2,000	180	6,650	2,080	100
4	10	3,000	180	9,900	3,090	100
5	15	4,500	180	12,500	3,900	87
8	18	4,500	180	13,000	4,050	90
8a	18	5,000	220	13,100	5,000	100
9	30	7,500	220	17,000	6,500	87
9a	30	9,000	300	17,300	9,000	100
9b	30	9,000	220	17,000	6,500	72

(其の 2)

爐番號	負荷 kW	$\cos\phi$ (平均値)	電氣的損失 kW	電弧電力 kW	效率 %	電弧電力對變壓器定格容量
1	1,900	0.91	250	1,650	86.9	0.82
2	1,900	0.91	250	1,650	86.9	0.82
4	2,600	0.84	400	2,200	84.6	0.73
5	3,530	0.90	730	2,800	79.1	0.62
8	3,530	0.87	630	2,900	82.4	0.64
8a	4,520	0.90	620	3,900	86.4	0.78
9	5,700	0.87	900	4,800	84.3	0.64
9a	8,260	0.91	862	7,400	89.6	0.82
9b	5,700	0.86	900	4,800	84.3	0.53

二變壓器方式に移らぬ限り、制限がある。8,9 の爐の建設の際にも、尙この問題は一義的に解決されておらなかつたのである。こゝに研究された爐に就て、變壓器容量の指示數を亞米利加の工場のものと比較して見る必要がある。第 4 表は亞米利加の重要な爐の數字で American Bridge Co. の報告によつたものである。これによつて見ると亞米利加では一般に變壓器の定格容量は高いやうである。この關係から見ると、この 15 吨爐が最も良く亞米利加のものに似ておる。

この 15 吨爐の特に良好なる成績が直接に、この變壓器の良好なる條件に歸せられはしない。

第 4 表 亞米利加及び獨逸電弧爐の比較

爐容量 t	爐殼直徑 mm	變壓器定格容量 kVA	每裝入量 t
3	2,175	1,000~1,500	2.5~3.0
6	2,700	2,000~3,000	5.0~6.0
6	3,150	2,000	6.0
8~10	3,050	2,500~3,500	8.0~10.0
8	3,430	2,200	8.0
10	3,530	3,000	10.0
10~12	3,350	3,000~4,500	10.0~12.0
15~17	3,550	3,500~5,000	15.0~17.0
15	3,920	4,500	15.0
17	4,200	5,000	17.0
18~20	4,100	5,000~7,000	18.0~20.0
18	4,300	4,500	19.0
18a*)	4,300	5,000	19.0
30~35	4,700	7,500~10,000	30.0~35.0
30	5,200	7,500	32.0
30a*)	5,200	9,000	32.0
50~60	5,450	10,000~12,000	50.0~60.0
60~75	5,800	12,000~14,000	60.0~75.0
100~115	6,100 x 8,800 橢圓形	20,000~24,000	100.0~115.0

直立文字—亞米利加。傾斜文字—獨逸。\*) 前掲。

2. 電極調整器及び電極 電極調整器の型に付ては尙意見が區々である。水壓式調整器では比較的埃の多い工場に適しておる。しかしこの器械は完全に純粹なる水を使用することを假定しておる。電氣的調整器は、埃に特に注意監督し掃除することを要するし、埃のない場所で働かせねばならぬ。電弧爐における雜費(操業費)は前述の如く電極費に著しく影響される。この問題に付ては内外國に於て専門家達が色々意見を述べておる。獨逸特殊鋼會社にては問題になつておる總ての電極に付て、しかも、炭化せる炭素電極、ゾーデルベルヒ連続電極及び黒鉛電極に付て研究がなされた。

有效電極使用量を比較すると炭化せる炭素電極、又はゾーデルベルヒ連続電極が費用が最低となつておる。黒鉛電極を使用した場合には、電力消費量が鋼甕當り 40 kwh 少なくなつておることは特に注目すべきことである。更に黒鉛電極の場合には、破損の危険、純度とか、壁地の命數、電極把持器の寸法の利點を考へると、この方が有利になる。無定形炭素電極を使用する場合には或種の制限を受ける。炭化炭素電極の最大許容直径は時には 550mm にも及ぶ。ゾーデルベルヒ連続電極の場合には外國の經驗によると 700mm 直径さへも許容されるが、この場合には爐型に特殊なる前提が充たされねばならぬ。黒鉛電極は 500mm 直径迄が用ひられておる。そしてこの爲に、特に大きな爐の操業の場合でも安全が保證される。しかし爐の形式が異り、又操業の異つておる場合に、如何なる種類の電極が根本的に有利なりやといふことは一般的には解決できない。

3. 爐體寸法 爐體寸法といふものは、熔解技術に又冶金的關係に對して重要なことである。かゝる關係に於て鋼浴高さ、鋼浴面積、電極中心圓は決定的意義をもつ。第1表にはこれ等の數字の外に鋼浴面積と弧光により加熱される面積との比が示されておる。こゝに加熱面として未使用電極の外周にて包まれたる面積をあらはす。この加熱面の鋼浴全面積に對する割合を可及的大きくするといふことが爐の生産能力及び經濟性に重要である。かゝる關係から 10 甕 15 甕爐(第1表, 4, 5, 6)は 45% であつて特に好結果をもたらす。これ等の爐は、その爐の大きさを考へると、既述のやうに特に良好なる操業値を示しておる。冶金學の見地から、鋼浴深がある値以上になることは好ましくない。しかし 9 (30 甕)爐のごとく定まつた爐の大きさを黒鉛電極に変更するといふ場合には、この數字は遵守されぬ。30 甕爐の場合には加熱面の割合は僅か 32% にすぎぬ。

大爐の場合には電氣的條件が好ましくない上に、かゝる事情のために、生産能力は僅かしか増大しないし又費用低下も充分ではない。冶金學の見地から見ると鋼浴面を可及的廣くする。従つて鋼浴深を小さくするといふことは望ましいことである。何故ならば、これに依つて鋼と鋼滓との接觸面を廣くし、それと同時に、鋼滓の反應力を増大し、より良好なる鋼を完成することが出来る。こゝに於て要求が相反して来る。同様に爐直径が電力消費量及び側壁の持続性に影響する。爐の直径が大きくなれば、それだけ側壁持続性も増大し、電力消費量もそれだけ好くなる。(大型爐の電力消費低下を含むものか)。

亞米利加では、第4表にある如く、常により小なる直径の方が生産能力がより大であり、電力消費量少く、そして爐の持続性も良好であるといはれる。爐の直径の場合と同様に、爐の高さに就ても爐蓋命數と電力消費量といふ二つの事が(要求が)對立しておる。爐の高さが増すと爐蓋命數は勿論増すが、それと同時に電力消費量も増大する。引用された爐は、電力消費量小なる場合には、同時に爐蓋命數は 80~100 回保つておる。爐の直径及び高さを選択する場合

には鋼浴深 600mm 迄は、爐直径を小さくとる方が有利であるといふを守べきである。

爐頂装入装置は電弧爐の取扱を樂にした。同時に装入時間を本質的に短縮し、單位時間に於ける生産能力を増大した。必要な勞働力がある限りは、爐頂装入装置の目的は購入費及びこれを採用した爲に生ずる能力の増大とに關係する。爐頂装入装置と普通用ひられておる種装入装置を比較してみると 15 甕爐の場合に、爐頂装入をなしても能力は僅か 3% しか増加せず、購入費が 45% も高くなつておる。大きな爐にてはこの關係は本質的に良好となる。30 甕爐の場合には生産能力は 12% 増大しておる。しかし購入費が 55% も増大する。そして、これに對應して償却費は 0.5mk (甕當り) だけ高くなつて来る。小さい爐の場合には爐頂装入装置を用ひなくも生産能力は低下しないが 15 甕以上の爐にては、これを用ひるといふことは無條件に有效であると考えられる。爐頂装入装置は與へられた作業場と爐との關係に支配される。前述の 18 甕, 30 甕爐は移動式爐蓋で作業しておるが、さうしないと爐蓋持続性が悪化する。移動式爐蓋の場合には、導線の長さが長くなると損失(電力の)が大きくなるので好ましくない。一般には移動式爐床の型の方が有利である。

更に爐體の對しい様新として、爐體が一部回轉可能のものが出來た。これに依ると、急速に且均一なる熔解が可能であるといふのである。即ち大爐に於ける加熱面の小さいと云ふ、好ましくない影響を平均するといふ。黒鉛電極を用ひた爐で、特に爐體回轉によつて熔落時間の短縮が經驗されておる。無定形炭素電極を用ひた爐では、電極が大きいことと電極中心圓の大きいことの爲にこの利點は大きくない。爐床回轉の冶金反應への影響は未だ決定されておらぬ。

4. 總括 これまでの、大容量電弧爐の分野に於ける經驗を總括して、次の事が云へる。即ち爐の寸法が大きくなると、これと比例的ではないが製鋼能力は増大せしめ得る。これに反して 20 甕以上の爐では本質的に費用低下は望み得ない。鋼及び上述の事項に對する要求で考慮して、直ちに次の如く規準を定めねばならぬ。即ち 6~15 甕爐は爐頂装入装置の有無に拘らず、主に高級工具及び特殊鋼製造に用ひ、爐頂装入装置を有する 15~30 甕爐は主として構造用鋼及び球軸受鋼製造に用ひられる方が有利である。上の如く區別をしては見たが、大容量爐が特殊なる目的に對して尙經濟的に用ひることが出來ぬといふわけではなく、これは特別な場合ではあるが合併製鋼法を行ふ場合には恐らくは 40~45 甕爐が目的に適ふであらう。このやうに大容量爐を用ひる場合には、三相爐を用ひず、寧ろ變壓器を二設備した六相爐にした方がよい。亞米利加のタイムケン製鋼工場の 100 甕爐は 10'000 kVA 變壓器を二基設備したものであるが、その一例である。

5. 製鋼法の進歩 電弧爐の進歩といふことに付て、先に觀察せる時期に於ける製鋼法の進歩を同時に、眺めて見なければ完全なる觀念を與へぬことになるだらう。最初の爐の操業後 10 ヶ月目にアイヒホフは當時尙幼稚なりし經驗に付て報告しておるが、この當時の認識が如何に深かつたかといふことと、この應用が今日尙妥當であるといふことは實に驚くべき事である。

當時既に還元滓、即ちカーバイド滓が電弧爐熔解の基礎として、作成された。この方法は今日既に古典的と見なされる方法で屑鐵を熔解し鐵礬石又はマンガン礬石で沸騰精鍊をなし脱磷を行ひ、後、鋼滓を除去し、加炭をなし、石灰、螢石、コークスからなる還元滓を作り、脱酸脱硫を行ふ方法である。第二には、或る種の鋼一就中炭素

鋼に關しては、その初期に於て酸化性鋼滓が引く用ひられた。これは所謂「黒い鋼滓」のことであるが、この方法を用ふることによつて精鍊時間を短縮し、均質なる材料が作られると信じられておつた。

第三の方法はこゝでは再熔解と呼ぶ方法である。この方法は特に合金鋼屑から合金成分を回収するのに良く適しておる。この方法は沸騰精鍊を行はぬので熔落後、直ちに還元性鋼滓を作る方法である。かゝる再熔解に依つて製出された鋼の品質に就ては今日尙意見が區々である。著者等の経験によると、再熔解によつて製出された品は、合金鋼屑の使用される限りは、品質は悪くないことを希望するので前の2方法を組合す方が有利と考へられる。精選された合金鋼屑を再熔解するには高周波爐が特に有利である。最近になつてから、より強力なる、しかもより速かなる反應（鋼と鋼滓の）により、電氣爐鋼の改善及び純度を高めようといふ考へが盛んになつて來た。このことは鋼と、豫め熔解してある鋼滓との活潑なる攪拌によつて達せられるであらう。かくすれば兩者の接觸面は大となり、それに應じて反應速度は促進される。鋼滓を適當に選べばこの方法によつて沸騰精鍊、脱硫、脱磷、脱酸は促進され、成果は正るものと考へられる。これはペランの考案であるが、今日迄の所未だ純度の向上といふやうな實際的效果は上げられておらぬ。即ち技術的に尙多大の困難がある。即ちこの混和によつて反應が促進せられ精鍊が行はれても、その後鋼と鋼滓微粒との分離が不十分なるために、この効果がなくなることが原因になるのである。

この品質向上といふことは別に種々の研究が行はれておる。即ちこの混和方法によつて脱磷、脱硫は本質的に促進されるであらう。例へば銑鐵のソーダ灰脱硫法の如く、轉爐—電氣爐の合併法には、このことは有意義となる。この方法を用ひることに依つて、特に、磷、硫黄の高いレン法のルツボも處女性を有する原料として電弧爐に用ひ得るといふ可能性が生じて來る。普通の方法に於て脱磷、脱硫のために要する長時間といふものは再び消滅される。しかし純度を高めるとか強脱酸には他の方法を用ひる必要がある。

この目的にローン低周波爐が用ひられる。この爐は爐本來の形に於ては全く低周波線輪を補助装置として普通の電弧爐と結合したものである。低周波電流を通ずると熔鋼は電氣力學的な力に依つて激しく沸騰する。常に沸騰（繰返し）させられる鋼の微粒は鋼滓と接觸し、混合法の如く、反應を強化し促進させられる。戦争直前獨逸特殊鋼工場に着手した試験は大戰の勃發によつて遮げられてはゐるが、既に注目すべき結果を得ており、この方向に於ける研究が電氣爐の將來に本質的な意義を持つだらうといふことを示しておる。

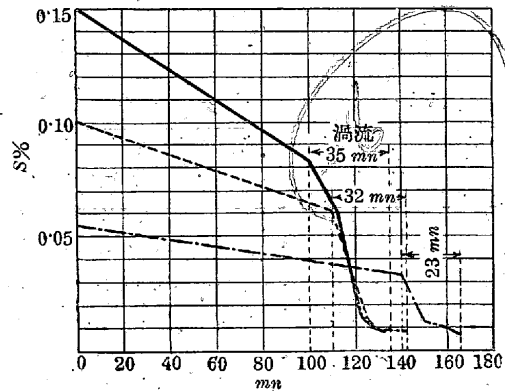
この研究に用ひられた爐に付て概略を示すと次の如し。ローン低周波爐に付ての試験では、冷装入にては經濟的には熔解できぬといふことを示しておるが、シーメンス・ハルスケ會社にて新に築造せる爐は電弧爐と低周波爐との結合であつて、電弧爐の部分は低炭素鋼製造の際に加炭することを避けるために、間接弧光式に作つてある。そしてこの爐は3つの部分から成立しておる。即ち

- 電極保持柱、及び調整装置付きの爐蓋
- 圓筒狀の部分、即ち電弧を發生させる部分

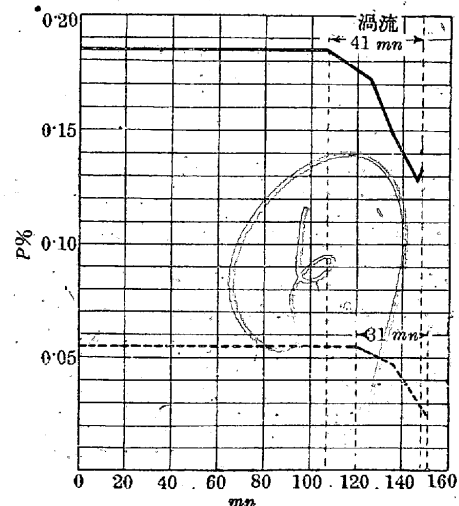
熔解槽、即ち槽狀の部分で、この部分の側方には3つの挽狀の線輪が付いておる。

爐の電氣容量は1,200kVA電弧部分は750kVA低周波部は1,200kVAの負荷がかけ得る。著者等の着手した實驗では、低周波によつて起された鋼渦流による脱磷、脱硫、沸騰精鍊、脱酸まで行つておる。最初の豫備實驗では、本質的に困難なる爐床の問題を避けるために

銑鐵の脱硫及び脱磷試験を行つた。第13圖は脱硫試験の經過を示す。この圖から判る如く、靜かな（攪拌されぬ）鋼浴に於ては、與へられた鋼滓の下で始めの硫黄含有量が隨つて10分間當り約0.007%から0.0035及び0.0014%しか低下しないが低周波線輪を挿入すると、この數字は10分間當り0.025~0.03%に上昇する。即ち5~20倍反應が促進されたことを意味する。



第13圖 銑鐵の脱硫に及ぼす低周波渦流の影響



第14圖 銑鐵の脱磷に及ぼす低周波渦流の影響

行はれるであらう。これ等の試験は爐の破損と大戰の狀況から中止しておるが近い將來、再び始める心算とのことである。この2の系統の熔解はほんの試験的に行はれたといふことゝ、今日、既に或種の原因をこの結果から導き得るだらうといふことは明かである。これらの結果は亦、鋼滓混和法及び低周波渦流によつて提出された問題を更に研究することが必要なることを示しておる。そしてこの際に、既に暗示されるごとく、この方法を適用することによつて電弧爐に新しい範圍を開き、經濟性を向上させ、そして最後に原料に無關係に鋼の品位を向上せしめ得るやうに思はれる。

然しかゝる問題の解決は簡單ではない。即ち爐製造者、冶金技術者及び耐火物専門家がこゝに更に協力をなす分野があるわけである。これらの外に Kais. Wilh. Inst. を加へて研究するならば未だ汲み盡せない電氣製鋼の意義は、將來に於て、過去10年間に於けるよりも更に（獨逸製鋼界に）増大するであらう。

以上