

电炉吹氧炼钢

O.A. 米哈依洛夫 著

周鴻吉 林芳善 董輝 譯

冶金工業出版社

電爐吹氧煉鋼

O. A. 米哈依洛夫 著

周鴻吉 林芳善 董輝 譯

冶金工業出版社

在本書中，作者根据国外冶金工厂的材料叙述了电弧爐吹氧煉鋼的工艺，並列举了有关国外新型电弧爐的構造及其生产特点方面的資料。

本書可供电爐煉鋼生产人員、工程師以及科学研究机构 and 設計机关的工作人員参考。

本書由周鴻吉、林芳善和董輝翻譯，周鴻吉統一整理。其中第三章由丘玉池复校过。

О.А. МИХАЙЛОВ: ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОСТАЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КИСЛОРОДА

МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (Москва—1954)

周鴻吉 林芳善 董輝 譯

电爐吹氧煉鋼

編輯：陈略 設計：周广、赵荅 責任校對：郭力生

1957年9月第一版 1957年9月北京第一次印刷 1040 册

850×1168·1/32·127,000 字·印張 $5\frac{2}{32}$ ·定价 (10) 0.90 元

冶金工業出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0663

冶金工業出版社出版 (地址：北京灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

目 录

前言	4
第一章 国外冶金工厂的电弧炼钢爐	5
1) 爐子容量	6
2) 大型电弧爐的構造特点	6
3) 爐子变压器功率的增大	16
4) 电弧爐的电气設備	19
5) 电弧爐內襯	25
6) 电弧爐煙塵的收集	34
第二章 国外电弧爐煉鋼工艺	39
1) 碱性电弧爐各种煉鋼方法	39
2) 熔池的感应攪拌	39
3) 中間出鋼法	46
4) 特殊除硫法	48
5) 稀土金屬在煉鋼中之应用	58
6) 鉄水在电弧爐煉鋼中之应用	59
7) 連續鑄錠法	60
8) 鋼錠冒口部分的电气加热	69
9) 鋼錠冒口部分的煤气加热	70
10) 在鋼錠模中用电热法熔煉高合金鋼	75
第三章 碱性电弧爐吹氧煉鋼工艺	78
1) 輸氧方法	78
2) 不銹鋼的熔煉	82
3) 低碳不銹鋼的熔煉	116
4) 結構鋼、滾珠軸承鋼和其他鋼种的吹氧熔煉	125
5) 在电弧爐中应用氧氣煉鋼时合金元素的燒損	131
第四章 酸性电弧爐吹氧煉鋼工艺	141
1) 不銹鋼的熔煉	141
2) 鉻鋁鑄鋼及其他鑄件鋼的冶煉	154
参考文献	161

前 言

在煉鋼中，特別是在電爐煉鋼中，現在日益廣泛地應用氧氣。

應用氧氣強化冶金過程的理想，首先是由蘇聯冶金學家 K. F. 特魯賓教授提出來的。他早在 1926 年就提出了這個建議，並且從那時起他一直致力於改進在煉鋼生產中應用氧氣的工藝過程的工作〔1〕。

在電爐鋼的熔煉中應用氧氣的主要優點在於，大量提高爐子的生產率，爐料中可配進大量的合金鋼廢料、尤其是不銹鋼廢料，以及減少單位電耗、改善鋼的質量等等。

近幾年來，在應用氧氣熔煉各種牌號鋼的工藝中積累了豐富的經驗。本書的目的是向蘇聯冶金工作者介紹國外冶金工廠在電弧爐中應用氧氣煉鋼的實際操作。

作者在此謹向評閱者技術科學碩士 Ф. П. 耶得聶拉爾和編輯 Я. М. 波克西茨克工程師表示謝意，由於他們提供寶貴意見，使本書內容得到不少的改善。

第一章

国外冶金工厂的电弧煉鋼爐

提高爐子容量，增大爐子變壓器功率（相對的和絕對的增大），以及改善爐子的個別部件和機構（主要是輔助電氣設備的改善），這是近幾年來國外電弧爐構造發展的基本趨勢。

1. 爐子容量

近幾年來美國電弧爐容量的變化如下：

	1938年	1945年	1951年
電弧爐平均容量，.....	10.3	17.6	23.5
30噸以上的電弧爐佔全部電			
弧爐容量的%.....	31.0	62.3	74.1

1951年初，裝入量為60噸以上的大型電弧爐的容量佔美國全部電爐容量的28.6%。由於第二次世界大戰和戰後階段新建許多大型電爐，以及原有的容量小的電爐停止生產，所以電爐的平均容量是增加了。戰後時期在使用中的電弧爐的平均容量為30噸。

1952年在吉姆根滾珠軸承廠建築了三座年產量各為85000噸鋼的電爐（爐子額定容量為70噸左右，計算的小時生產率為14—16噸，變壓器功率為20000仟伏安）以代替三座125噸的平爐，其中的一座已於1952年9月投入生產〔2〕。在1951年和1952年，舍菲爾特鋼鐵公司在豪斯頓及塔薩斯城兩個廠有兩座年產量135000噸鋼錠的容量為90噸的電弧爐投入生產。1952年，在斯忒林的西北鋼鐵與鋼絲公司工廠有兩座年產量為225000噸鋼錠的容量為110噸電弧爐投入生產〔3，4〕。設計了變壓器功率為50000仟伏安的容量為160噸的電弧爐。

电弧爐容量的增加过程还在繼續發展，同时可以完全有根据地指出，为了达到最好的熔煉指标，最好是繼續增加爐子的容量。

目前在美国正在建筑兩座 180 吨爐頂裝料的电爐，爐壳內徑为 7.47 公尺，計算的生产率（用冷裝法）为 24 吨/小时。

在其它資本主义国家中，以加拿大电爐的平均容量—19.3 吨为最大。英国、德国、意大利和其它欧洲国家电爐的平均容量均大大小於此数。在英国以 10—15 吨的电爐应用最广；容量最大的电爐为 30—35 吨。意大利电爐的平均容量为 7.7 吨*。

2. 大型电弧爐的構造特点

建筑大型电弧爐时力求增加爐子的高度，以保証有从爐頂裝入大量輕廢鋼的可能。

以美国的卡彼威尔鋼鐵公司的工厂为例〔5〕，从 1937 年到 1948 年，45 吨爐爐壳的高度增为 1.5 倍，可裝入的廢鋼的体积增为 1.4 倍。改变爐壳的結果使爐壁成为圖 1 所示的形狀。由於增加爐壳的高度並沒有証实有增加电极和电力單位消耗量的危險，爐頂的寿命却大大的提高。目前該厂全部电爐的爐壳都做了相应的增高。

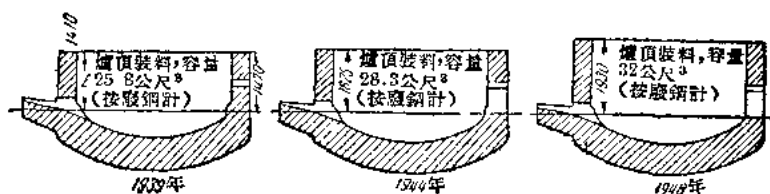


圖 1 卡彼威尔鋼鐵公司某工厂 45 吨电弧爐爐壁形狀的变化

新建的电弧爐一般都設計成採用自开式的料斗，从爐頂裝料。料斗宜採取最大尺寸，但以爐膛容积为限。扇形活底式的圓筒形料斗是目前应用最广的一种（圖 2）。扇形底板用麻繩系在

* 在比利时 1954 年将有一座帶电磁搅拌裝置的 150 吨电弧煉鋼爐投入生产——原審編者。

一起，当后者与爐底接触时便自行燒毀。在許多工厂中利用可借吊車打开的閉鎖机来代替麻繩。使用抓斗式料斗（两个可以分开的半圓体）裝料的結果認為最好。料斗的半圓体底部借輔助的絞車打开。採用此种料斗时，能保證裝入的材料不致劇烈的撞击爐底，也就是減少爐底損坏的可能性（圖3）。料斗的内部不准有妨碍爐料卸出的凸起部分。

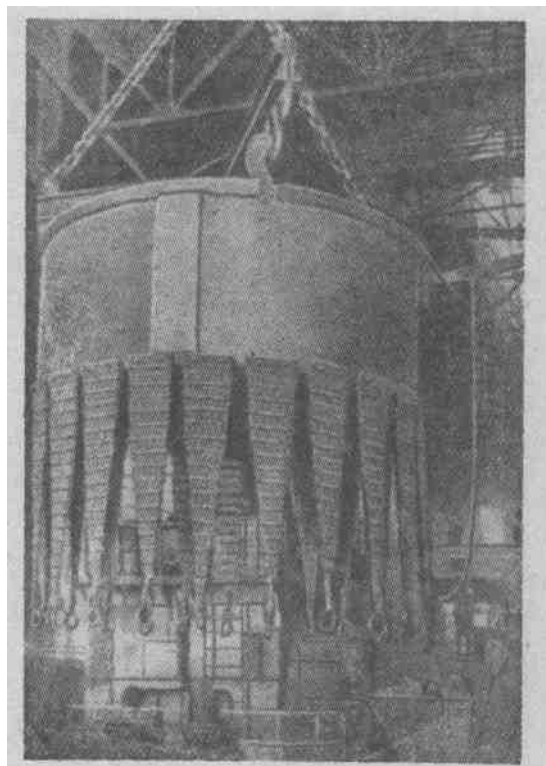


圖 2 利用扇形活底式料斗从爐頂裝料的情形

美国大多数新建的頂裝式电爐，其爐頂均採取轉动式和移开式；也有一些爐体能移出的爐子。移开式爐頂的电爐，爐頂——电極升降机构的全部構造均悬吊於坚固的桥架上；桥架可沿爐子兩側敷設的鉄軌向傾爐方向，即出鋼口方向移动。

在大多数情形下，电流强度达20000—22000安培的爐子，是建筑成爐頂移开式的和爐頂轉动式的。使用大电流强度工作的爐子通常是裝配轉动式爐頂；在这种構造的情况下，短电路的可携电纜長度可較小〔6〕。此时爐頂的轉动系借助於油压傳动机械进行。移开式爐頂的爐子，其傾爐系利用电动傳动裝置，而轉动式爐頂的爐子則利用液压式起重器。

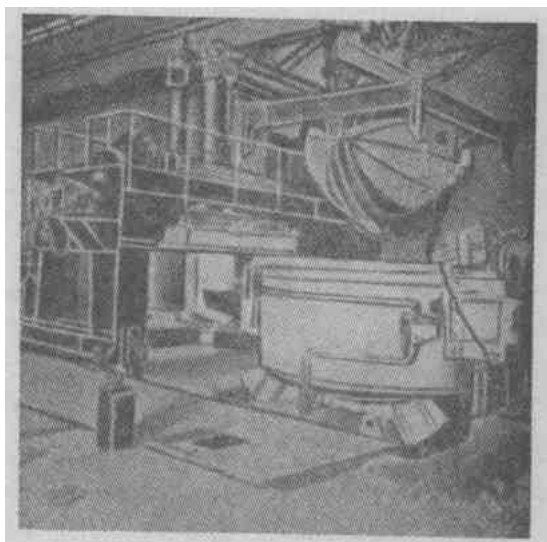


圖 3 利用抓斗式料斗（由兩個半圓體組成）從爐頂裝料的情形

爐門蓋的移动系利用液压傳动裝置或壓縮空气进行；對於容量非常大的爐子，則採用电动机。

电極把持器由銅制成，並由銅制或鎳制的蛇形管冷却。在許多車間中，电流是沿循环水冷式厚壁銅管导至电極夾头的。

廢鋼質量的降低（爐料中輕廢鋼比重的增加），構成了新建电爐几乎全部採取頂裝的原因之一。因为用这种裝料的方法可以更好地裝滿爐膛。

这样一来，加大爐膛便成为十分重要的問題。例如，假設爐子的爐壳直徑为 6.1 公尺、額定容量为 90 吨，从爐門坎到爐壳頂端的高度为 2.4 公尺，則爐膛的容積为 87 公尺³。金屬爐料的体

积重量为 400 公斤/公尺³时，一次能装入爐中 34.5 吨爐料。这样一来，90 吨一爐需补装两次爐料。

建筑大型电爐时，爐頂箍構造的选择具有很重要的意义。近几年来开始了採用比爐壳直径稍大一些的重型爐頂箍。採取此种爐頂箍能使其支承面处于高溫区之外。

大型爐頂箍的另一优点是，爐頂以及在某些場合下爐子的上部結構，都不是受砌砌爐牆的支承，而是倚於爐壳的鋼結構上面。这样就可以使爐牆的耐火磚襯隨意膨脹。然而，如果爐頂的耐火砌磚完全不与爐牆接触，則不能保證接合处的密封良好。爐頂的直径过小会使凸出于爐膛內的裸露的拱脚迅速损坏。如果爐頂直径过大，則爐頂只能支持於金屬結構上面。这会使爐牆和爐頂磚襯之間不严密，以致热气体經縫隙之間通过，即加速耐火材料的燒損。

对爐子的水冷問題給以很大的注意。

过分强烈地冷却爐子的各种部件时，除掉剧烈地增加热损失之外，还会在冷却地区与其相連地区之間产生相当大的热应力。爐頂箍的水冷却是十分适宜的。

許多年来，一直在順利地採用水冷爐門盖、門柱、电極把持器及其支臂。某些工厂採取蛇形管冷却器冷却爐牆的結果，証明是不合适的。許多工厂中还以空气冷却来代替短电路電纜的水冷却。

經常以全功率操作的大型电爐的結構部件，会受到高度的冲击負荷，因此，对增加爐子結構的強度問題应特別注意，其方法是增加爐壳及其加固板的厚度，增加机械设备的加固强度以及更广泛的应用非磁性鋼等等。

近几年来机械化电極夾头的应用日漸广泛；在大型电極把持器中系借風压裝置来产生夾持力。

圖 4 的 a 和 b 是直径 500 公厘电極所用的帶自动風压夾头的电極把持器总圖和断面圖〔7〕。此种夾头与其它类型的夾头比較認為是有很多重要的优点的。

在起初電極夾頭的操縱結構中曾採用彈簧，以及在電力和壓縮空氣停止供應的情況下操縱電極，但後來就不再採用了。大型電爐上的彈簧須具備足夠的彈力方能夾持電極，結果彈簧的結構變得過份笨重，而使其應用產生困難。

利用壓縮空氣代替彈簧來操縱電極是方便得多了；此時避免了彈簧所具有的缺點——在高溫下彈性的損失和由於溫度頻變而引起的彈簧的變形。

當停止供應車間電力和壓縮空氣時，為避免電極松落起見，設置「手風琴」形狀的不銹鋼筒以便牢固地夾持電極（圖4、5）。此鋼筒沒有壓蓋，嚴實地密閉着，可供長時間使用。鋼筒與空氣瓶相連，空氣瓶則與壓縮空氣管道和備用空氣壓縮器連結。假如停止供應電力和壓縮空氣時，則空氣瓶中儲存的壓縮空氣足以在24小時內操縱電極夾頭。

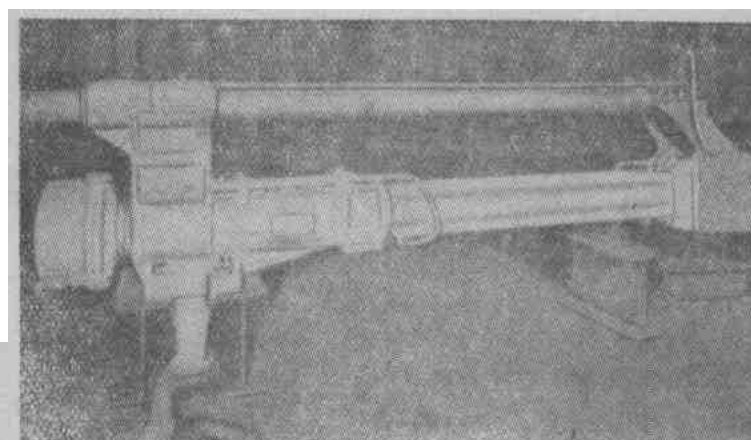
採用此種構造的风動夾頭，使電極的鬆動時間從幾分鐘減少到幾秒鐘，結果大大減少了停爐時間並使爐子生產率提高。在這種情況下爐子的生產率提高8%。

在設計電極升降架、支柱、電極把持器、爐頂和電極冷卻器時，必須考慮到消除雜散電流的損失。

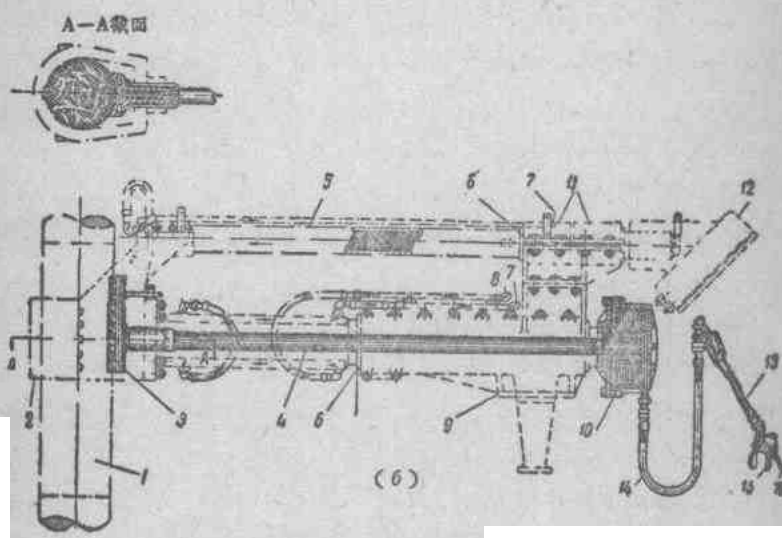
歐洲各國帶轉動爐體的電爐比美國採用的較廣。利用輕廢鋼做爐料時，爐體的轉動可保護爐底免遭損壞。通常，爐體可自中間位置向兩旁各轉40°。一當電極幾乎使一處爐料完全熔化之後，將電極升起並使爐體轉動，之後再放下電極開始熔化新的熔坑。電極在爐料中熔化出六個或九個熔坑之後，在爐底上便形成一層相當厚的鋼液，借以避免爐底過熱。

下面是吉姆根滾珠軸承廠（俄文戡州）1952年9月投入生產的70噸電弧爐構造的簡要說明〔8〕。

爐壳內徑，公尺	6.1
爐壳高度，公尺	3.8
爐壳厚度，公厘	32
爐頂起拱高度，公尺	0.692



(a)



(b)

圖 4 帶自动風動夾头的電極把持器支臂

a—總圖；b—斷面圖

- 1—電極；2—電極把持器頂圈；3—用不銹鋼制的支掌隔瓦；4—夾壓桿；
5—銅管母線；6—絕緣套；7—排水管；8—進水管；9—轉接器；10—「手
風琴」狀不銹鋼筒；11—不銹鋼制的母線后夾头；12—電纜鉗头；13—帶鉸
釘接头的軟管（外纏人造絲）；14—帶鉸釘接头的纏裝軟管；15—節制排氣
口；16—接至空氣瓶的導管

前爐門尺寸, 公尺	1.2×1.05
側爐門尺寸, 公尺	1.03×0.9
熔池深度, 公尺	1.02
爐底厚度, 公厘	780

其中:

耐火粘土磚層	230
鎂磚層	300
鋪襯層	250

爐壳底部是用 1X18H9 号非磁性不銹鋼制炭。

爐壳及其球形底部系由各个部分構成: 爐壳各部分以螺絲連結, 爐底部則採用焊接。焊接的爐頂箍的直徑為 6.3 公尺, 高 450 公厘, 利用三角形的循環水道冷卻; 水道為焊接於爐頂箍上的帶鋼組成。電極心圓直徑為 1.52 公尺, 每個電極孔的直徑為 0.61 公尺。

電極夾頭採取風動操縱裝置。電極升降機構系由功率為 7.4 仟瓦的電動機帶動; 電動機轉數可調整至 1600 轉/分。電極上升速度為 1490 公厘/分, 延續時間為 2.4 分。電極下降速度為 745 公厘/分, 延續時間為 4.8 分。

電爐向出鋼口方面傾至極限位置 (40°) 需時 85 秒; 向爐門方向傾至極限位置 (15°) 需時 32 秒。電爐的傾斜系利用功率為 18.4 仟瓦的復激電動機進行。爐子安有轉動式爐頂; 轉動時爐頂提升的高度為 455 公厘, 爐頂轉動角度為 60°。

爐門蓋利用功率為 3.7 仟瓦的電動機升降。升降速度為 12 公尺/分, 時間約 5 秒鐘左右。爐子的變壓器功率為 20000 仟伏安, 初級電壓為 23.4 仟伏。

借助於電動機來轉換電壓的等級; 當轉換成三種高級的電壓時, 爐子便自行停電。

爐子操作可利用以下數種電壓, (伏特):

三角形聯接時	400, 370, 340, 310, 280, 250
星形聯接時	231, 214, 196, 179, 162, 144

爐子設有熔池電磁攪拌裝置，后者是位於爐子底下的水冷式大型雙相電動機的弧形定子片。電磁攪拌裝置由雙相電動發電機組供電。發電機功率為 485 仟伏安，由同步電動機帶動（295 仟瓦，2.3 仟伏），發電機功率因數為 0.43。

由於鋼液中感應電流相互作用和弧形定子形成磁場的結果，鋼液開始沿平行於爐底的方向流動。

冷卻水溫度過高時，攪拌裝置便自動切斷電流。

利用容積為 26.9 和 12.7 公尺³的料斗從爐頂裝料。大型料斗的重量約為 12.8 噸，直徑為 3 公尺；小型料斗的重量為 8 噸，直徑為 2.6 公尺。

在選擇新式大型電弧煉鋼爐的構造時，再次提出了關於橢圓形及圓形電爐的比較效率問題。

對美國吉姆根滾珠軸承鋼廠兩座電爐——圓形的和橢圓形的——生產率做了比較；爐子的實際裝料量約為 100 噸。

橢圓形爐子的長軸為 8.8 公尺，短軸為 6.1 公尺；爐子配有兩台 7500 仟伏安的變壓器，由它來供給兩組直徑為 450 公厘的石墨電極電流；爐料從兩個加料門裝入。

圓形電爐為頂裝式，爐壳直徑為 6.1 公尺。爐子變壓器功率為 20000 仟伏安，並有三根直徑為 500 公厘的石墨電極。

對 100 爐熔煉指標比較的結果，確定了橢圓形電爐的生產率較圓形電爐為高（前者為 24.8 噸小時，后者為 22.2 噸小時）。

目前，正在研究爐體能移出的六根電極的 225 噸電弧煉鋼爐的模型。這種構造的特點為，爐子的變壓器和爐體擬設於同一（擺動式）平台上。這樣的安置變壓器能使短電路的長度大大減少。

裝料量不同的 30 座英國標準電弧爐的主要尺寸載於圖 5。

裝料量與爐壳直徑之間的關係載於圖 6。為便於比較起見，此處列入了德國和美國的實際數值與建議採用的數值。

英國和德國電爐爐牆厚度的比較數據載於圖 7。許多英國電爐都由於爐牆厚度過薄，而降低了爐襯壽命和增加了爐子的熱損失。

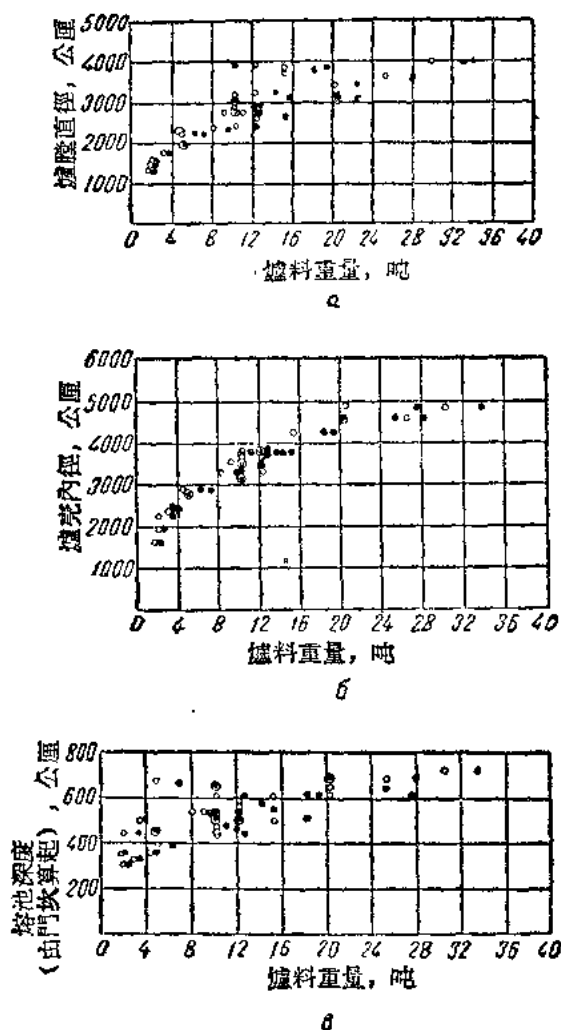


圖 5 爐膛直徑 (a)、爐體內徑 (b)、熔池深度 (c) 與裝入量之間的關係

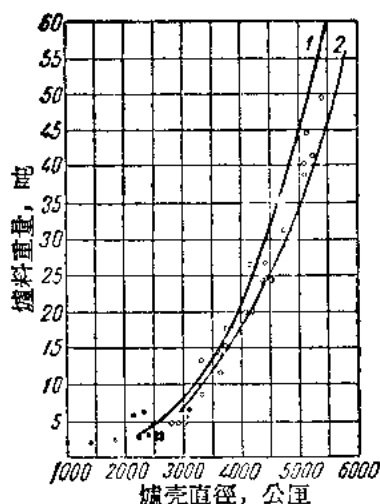


圖 6 爐壳直徑与裝入量之間的关系

1—根据美国資料而建議採用的数值；2—根据德国資料而建議採用的数值；

●—根据德国电爐計算的实际裝入量的平均值；○—根据英两个別电爐計算的实际裝入量的数值

3. 爐子变压器功率的增大

近几年来，許多美国工厂新投入生产的电爐，其变压器的功率都較以前大为增加，在此种情况下随著变压器的绝对功率的增大單位功率亦有所增加。

在 100 座 50 吨以上的新建电爐上安裝的变压器，其平均功率是从 10000 增加到 16000 仟伏安。

变压器功率的增加会导致爐子生产率的增长。以 50 爐沸騰鋼的熔煉为例，表明变压器功率从 12000 增加到 16000 仟伏安时，爐子的熔煉時間減少了 16%。

爐壳直徑 6.1 公尺、配备 25000 仟伏安变压器的 90 吨鹼性电爐，熔煉時間約为 4 小时。設計了爐壳直徑为 7.2 公尺帶轉動式爐頂的 135 吨电爐，該爐的供电变压器的功率为 37500 仟伏安。

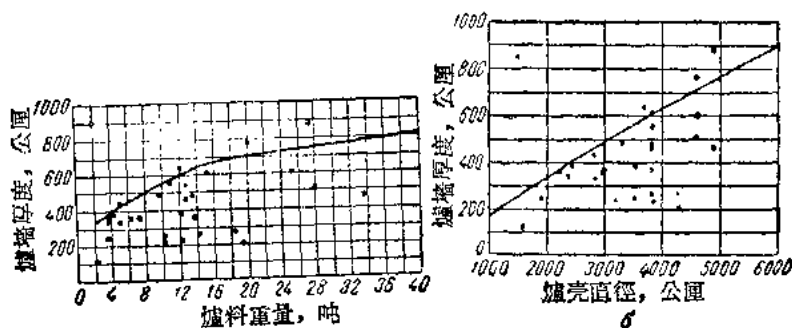


圖 7 裝入量 (a)、爐壳直徑 (b) 和爐門坎水平線
處爐牆厚度之間的关系

○ - 英國電爐爐牆厚度；■ - 德國電爐爐牆厚度

为了合理地利用电弧煉鋼爐的大型变压器，必須增加次級电压。电流頻率為 60 周/秒時，如功率因數為 0.7，認為經過三根電極送至爐中的最大功率約為 13000 仟瓦，即相當於 18500 仟伏安。近幾年來，發現次級电压不斷地增加（個別有達 550 伏者），其目的在於增大送出爐中的功率。

為了保證大型变压器不間斷的工作，解決变压器冷却結構的設計問題有着重要的意义。經過外部水冷式散热器压入油液的做法，得到了良好的效果。

在变压器壳內和电压轉換开关中設置排除湿气的通風孔，能促使变压器更有效地工作。此外，設置調節油液用的热虹吸冷却裝置，也得到了良好的結果。近几年来在变压器壳中还設置了消除压力用的保护閥，目前正在开始应用一种更完善的絕緣方法，即在变压器壳旁，次級母線的周圍設人造橡膠的絕緣層。空气的調節以在变压器室內进行为宜。

最好預計到在長時間停爐時能够从底部来加热变压器。为了檢查与轉換各分路，在变压器上部採用帶保护欄杆和附置梯子的可折平台。

一些欧洲冶金工厂的許多車間里採取一种在有負載時可以轉