

133421

高等学校教学用书

黑色电冶金学

上册

Ф. П. 耶德聶拉尔 著

朱 觉 译

12

21.2

冶金工业出版社

高等學校教學用書

黑色電冶金學

上 冊

Ф.И.耶德聶拉爾 著

朱 覺 譯

冶金工業出版社

本書根據蘇聯冶金出版社出版的耶德聶拉爾著“黑色電冶金學普通教程”1955年第二版俄文本譯出（Ф. П. Еднерал: Электрометаллургия стали и Ферросплавов, Общий курс, Второе издание, Металлургияиздат, 1955）。原書經蘇聯高等教育部審定為高等冶金工業學校用教科書。它對電爐煉鋼與鐵合金冶煉技術人員也有用處。

本書中文譯本分兩冊出版。上冊內容包括電爐分類，煉鋼電弧爐的機械設備與電氣設備，爐襯砌築、碱性與酸性電弧爐煉鋼法、聯合煉鋼法及感應電爐等。下冊內容為高級優質鋼的澆注，鐵合金爐，電爐鐵合金生產工藝及金屬熱還原法等。

黑色電冶金學（上冊）

朱覺譯

編輯：陳略

設計：趙香荅

責任校對：陳一平

1957年10月第一版

1957年10月北京第一次印刷1,050冊

850×1168·1/32·225,000字·印張 $8\frac{30}{32}$ ·定價（10）1.30元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行統一書號：15062,707

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

序 言

“黑色電冶金學”這一教科書（普通教程）的第二版是按高等冶金工業學校的教學大綱編寫的。

在修改原稿時，加入了電爐操作的最新指標與爐子構造及爐襯築砌方面的資料。頂裝式電弧爐的構造方面佔了較多的篇幅。敘述了放大電機式的調整器，詳細地敘述了鋼的澆注問題，特別是關於連續注錠問題。

敘述了氧氣在鹼性與酸性熔煉法各個時期中的應用，及以廢鋼為原料用氧熔煉耐酸鋼的方法。擴大了聯合熔煉法（用液體半成品為原料），特別是雙聯法（用富氧鼓風的鹼性轉爐——電弧爐）和三聯法（化鐵爐——轉爐——電爐）的篇幅。“高級優質鋼鋼錠的缺陷及其防止法”一章中增加了關於非金屬夾雜物及其防止的方法。擴大了鋼錠精整法的篇幅。

在本書第二部份“鐵合金生產”中補充敘述鐵合金生產中所用的裝料機，修改了釩鐵生產那一章，增添了有關錳鐵生產的資料。

由於爐料計算改放在專業參考書中以及精簡了次要材料，所以這本書的總篇幅縮減了很多。

為了更深入熟悉與本課程有關的個別問題，特向學生們推薦了一個文獻表，以代替作者所用的文獻目錄。

要能得到良好的生產效果，冶金工程師應熟悉主要的設備。所以在第二版中大大增加了對電爐設備及爐襯的敘述。

作者相信本書將不僅對學習電冶金普通課程的學生有用，而且對年輕工程師也有幫助，因為在裡面敘述了作者本人和很多蘇聯電冶金工程師、工長及先進工作者的實際經驗。

作者僅向技術科學博士 A. Д. 克拉馬羅夫教授，技術科學博士 С. И. 希特利克教授、西伯利亞及德涅泊彼得羅夫斯克冶金學院電冶金教研組全體人員及工程師 Я. М. 包克希茨克在評閱和校訂第二版原稿時所提出之寶貴意見表示謝意。

Ф. 耶德聶拉爾

緒 論

電冶金學是最新的技術部門之一。它的任務就是以電能為熱源把金屬從它們的氧化物中還原出來，並煉出各種成份的鋼與合金。

採用電能為熱源以代替燃料的化學能（燃料燃燒時化學能變成熱能）及利用電能時所能得到的高位熱（可達到高溫），這就確定了電爐在熱工、構造及生產技術方面的優點。

利用電流時，能够使熱能直接在被加熱的金屬中產生。這種加熱過程能免除使用燃料時在熱傳遞過程中所產生的熱損失。消除了把燃料加熱到燃燒溫度時的熱損失，減少了廢氣中的熱損失。同時也不需要排除廢氣的特別建築物。

用電流加熱時容易迅速升高溫度，加熱速度的調整也比較精確。用電加熱能達到的溫度上限至少為 2000°C ，超過了燃料用一般方法燃燒時所能達到的最高溫度。當用電加熱時，熱可以在被加熱物體的本身內發生或在與被加熱物體直接接觸之介質中發生。這樣就可以在各種不同氣氛中進行加熱過程，也可以在任何壓力下加熱，亦即可以在真空中或在高於大氣壓力的壓力下加熱。

電熱被廣泛地應用於人造石墨、碳化矽、電造剛玉、熔化的耐火材料、熔化的石英、碳化鈣、磷及其它材料的生產上。

本書的任務在於向讀者介紹鋼及鐵基合金的電熱冶煉方法。

優質鋼——技術發展的基礎

在現代技術上所用之金屬中鐵起着主要的作用。

19世紀物質文明及生產力的增長的基礎是在於廣泛應用鋼鐵作為機器製造、鐵路及水道運輸、軍器、農具及通訊工具等的主要材料。因此從十九世紀中葉起鋼冶金工業就開始迅速地發展。

在過去一百年中，普通商品鐵與碳素結構鋼在機械強度方面

完全滿足了工業上的需要。

二十世紀的新技術——高壓、高溫、高速及強烈化學作用的技術——需要用新材料來製造機器、器械及其它金屬零件。高級優質鋼就是這種材料。

硫、磷、氧及其它有害的或不良的雜質含量低，具有高的機械和物理性能，同時經過與普通鋼不同的特別精細加工的鋼就叫高級優質鋼。

合金鋼由於含有特殊合金元素：鉻、鎳、錳、矽、鉬、鈾、鈦、鈷、鎢、硼及其它，所以具有與碳素鋼性能不同的物理性能。在優質鋼中它佔有特別的地位。

在19世紀及20世紀初期，合金鋼的生產以坩堝法和酸性平爐法為基礎。隨着新的冶煉設備——電弧爐——的出現及由於掌握了用它來煉鋼和鐵合金，電爐煉鋼法便排擠了坩堝法生產，限制了酸性平爐的發展。

與坩堝法比較，電爐煉鋼法在經濟上是比較有利的。它不需要磷硫含量低的配料。由於製造大坩堝的複雜性，所以當用坩堝冶煉法時澆鑄大鋼錠是很困難的。坩堝法不能機械化。由於鋼的加熱方法不完善（通過耐火坩堝加熱），所以煉每一噸鋼的燃料消耗是很大的。

如果掌握了熔煉技術，則用電爐所煉成的鋼在質量上並不次於坩堝法。

電爐比平爐具有很多重要的優點。高合金工具鋼，所有的不銹鋼，耐氧化鋼和耐熱鋼及很多結構鋼只能在電爐中冶煉。

在電爐鋼中硫含量可低到0.010%及0.010%以下。在電爐中，由於脫氧可以比較完全，所以能保證鋼中非金屬夾雜物（脫氧產物）的含量低。在電爐中以鐵合金形式加入的合金元素，損失要少得多。合金廢鋼所帶入的貴重元素的利用率也高得多。在電爐中能容易而迅速地升高金屬液的溫度並能在狹窄範圍內精確地調整金屬液的溫度。在電爐中可以進行所有的冶金過程。很容易建立氧化或還原氣氛。可以熔煉任何成份的鋼，因為高溫加熱

可以熔化加入爐中的任何的特別附加料。

與平爐比較，電爐在生產上是比較靈活的冶煉設備。

鋼生產的發展要求鐵合金生產也同時發展。加入鋼中進行脫氧或進行合金化的特別材料（錳、矽、鉻、鎢等），不是以元素狀態而是以與鐵所組成的合金的形態，即以所謂鐵合金的形態加入的，其原因是純錳、純矽或純鉻的生產費用與生產中的困難都很大。製造錳鐵、矽鐵、鉻鐵等則比較簡單。每公斤元素的成本也比較低。

鐵合金是把相應的金屬氧化物還原而製造出來的。碳是用得最普遍同時也是最便宜的還原劑。用碳還原金屬氧化物需要消耗熱量。在高爐中，鐵可以很順利地從礦石中被還原出來。在高爐中可以製造高碳的錳鐵。但焦炭的消費比煉生鐵時要多 1.5 倍。至於矽鐵，甚至當普通高爐中的過程是在最高溫度條件下進行，也不能得到含矽量高於 15% 的合金。但在技術上需要含矽量為 45, 75 和 90% 的矽鐵。

製造這些合金及鉻鐵、鎢鐵、鈮鐵等的設備就是電弧爐，因為只有在電弧爐中的電弧區才能創立還原氧化物、熔化難熔金屬及把金屬與難熔渣分開所必需的高溫度。

採用矽或鋁作為還原劑可以在爐外製造鐵合金，但是這些還原劑的生產需要電爐。

在革命以前蘇聯電冶金的发展是非常微小的。俄國煉鋼電爐的數量是極少的一—大約只有十個小爐子。鐵合金生產也極少。不僅從外國輸入金屬，而且也進口電爐。1913年俄國電爐鋼的生產總共只有3500噸。

只是在偉大的十月社會主義革命之後，才創立了發展電冶金及建立本國電爐製造工業的所有條件。在蘇聯，電冶金的發展和國家電氣化有密切的關係。共產黨代表大會的決議和蘇聯政府的決定都曾不止一次地着重指出優質冶金在社會主義經濟技術的根本改造事業中所起的重要作用。蘇聯巨大水電站建設的完成保證了發出為數巨大的電能，創立了電爐煉鋼生產進一步發展和增長

的條件。

蘇聯科學家在作為電冶金基礎的電工學和在蘇 聯優質鋼生產的發展上所作出的貢獻

蘇聯科學家在電學各個方面的研究上和電學在工業上的應用方面都作出了寶貴的貢獻。

B. B. 彼得羅夫在1802年發現了“電弧現象”，並指出了使用電弧熔冶金屬及把金屬從它的氧化物中還原出來的可能性。

B. C. 雅科比在1836年發明了電鑄術——即在物體表面上電鑄上金屬層。電鑄術就是電流在工程技術上應用的第一個生產部門。

著名的白熾燈發明者 A. H. 洛迪金設計了感應爐。

1876年 H. H. 雅布洛奇科夫取得了電弧燈的專利。

1880年 A. A. 拉奇諾夫發表了輸電理論。

1882年 H. Ф. 烏薩金建成了以電磁感應為基礎的第一個變壓器。

H. Г. 斯拉華諾夫在1888年使用了焊接及利用電弧熔焊金屬。

M. O. 多里沃——多布羅沃爾斯基創造了第一批三相電動機，而在1891年建成了第一個三相電流的輸電設施。

B. Ф. 米特克維奇在1904年研究出了電弧理論。

從上面的簡略敘述中可以看出俄羅斯技術人員的勞動創造了電冶金設備的主要部分——電弧、變壓器、電動機，遠距離輸電裝置。

在茲拉托烏斯托夫斯基工廠工作的 H. H. 阿諾索夫（1797—1851）是高級優質鋼生產的創立者。

為了揭露生產大馬士鋼的秘密，H. H. 阿諾索夫研究出了用坩堝煉鋼的方法，研究了各種加入劑，特別是錳、鉻、鉛、鈦等元素對鋼的影響，研究了各種不同成份的渣對鋼的影響。阿諾索夫在1831年就已經使用顯微鏡來研究金屬，這對鋼的構造的研究

來說具有非常重要的意義。

И. М. 奧布霍夫繼續了 И. П. 阿諾索夫的工作，它找出了用於製造大砲，槍及鎧甲的質地均一且又價廉的鋼的大量生產方法。

金屬科學新時代的開始是與 А. К. 切爾諾夫的名字分不開的。他研究出了液體鋼的結晶理論，擬定了改進鋼錠質量的方法，他發現了當加熱和冷卻時鋼中組織發生轉變（臨界點）。

А. А. 爾熱有達爾斯基，А. С. 拉夫羅夫，И. В. 卡拉庫茨基，А. А. 巴依科夫，И. И. 別良耶夫等在蘇聯優質鋼生產的理論與實踐方面都有很多光輝的記載。

上册目錄

序言.....	3
緒論.....	4

第一部分 煉 鋼

熔煉金屬用電爐的分類.....	1
第一篇 煉鋼電弧爐	4
第一章 現代電弧爐的機械設備.....	4
第二章 爐襯.....	36
第三章 電極、電弧和爐子的電氣設備.....	67
第四章 爐子熔煉室的尺寸與變壓器的能力.....	96
第二篇 電弧爐煉鋼	113
第五章 煉鋼原料及冶煉前爐料的準備.....	113
第六章 鹼性電弧爐中的氧化熔煉法.....	129
第七章 不氧化熔煉法.....	203
第八章 酸性電弧爐煉鋼法.....	209
第九章 聯合煉鋼法.....	223
第十章 電弧煉鋼爐操作的技術經濟指標.....	230
第三篇 感應電爐	237
第十一章 鐵芯感應電爐.....	238
第十二章 無芯感應電爐.....	244

第一部分 煉 鋼

熔煉金屬用電爐的分類

按電能變成熱能的方法，熔煉金屬的電爐可以分成下列三類：

1. 電阻爐 在這類電爐中，熱在特製的發熱體中發生，藉輻射和對流作用，傳到所需加熱的物體上，或者由於加熱物體本身的高電阻，當電流通過時它就自己加熱。

2. 電弧爐 在這類電爐中，電能在弧光中轉變成熱能，藉輻射作用傳給被加熱的金屬。

電弧爐之主要特點是有電弧存在，電弧能加熱爐子的熔煉室和把爐料加熱到很高溫度。

按加熱的方法 電弧爐可以分成直接作用電弧爐、間接作用電弧爐及封閉電弧式電爐。

在直接作用電弧爐中，電弧燃燒於電極與被加熱物體之間，需加熱的物體被電弧所輻射出來的熱所加熱（圖 1, a）。

在間接作用電弧爐中，電弧燃燒於電極之間，與金屬相隔一定的距離。熱藉輻射作用傳到需加熱之金屬上，電弧的很大一部份熱輻射到熔煉室（圖 1, b）。

在封閉電弧式爐子中，電弧在一層固體爐料的下面燃燒，爐料包圍着電極，爐料由於電弧中所發生出來的熱及電流通過爐料時所發生的焦爾熱而被加熱（圖 1, b）。

第一類電爐用於煉鋼，煉鋼時由於爐料的熔點高，需要強烈

的加熱。電極垂直地裝放着，它們遮擋着電弧，具有保護爐蓋的作用，使它不至過熱。這種爐子現時配有功率大至 36000 千伏安的變壓器。

在間接作用電弧爐中，暴露的電弧，電極的平放及暴露電弧對爐襯的加熱等限制了爐子的單位功率。這類爐子用於有色金屬及可鍛鑄鐵之熔煉。在這些地方不需要高的溫度。電弧與金屬間的很大距離，在這裡是一個有利因素，因為金屬的燒損得以降低。這類爐子是圓筒形，能往返擺動，其角度可達 200 度。這種擺動使金屬發生攪拌，溫度與化學成份得以均勻，並能冷卻爐襯。

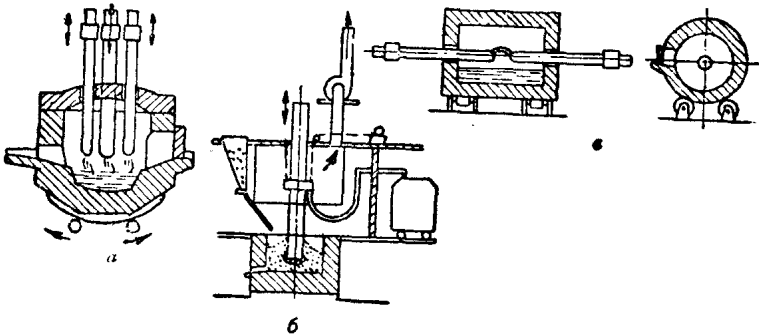


圖 1 加熱方法不同之電弧爐略圖

a—直接作用電弧爐； b—封閉電弧式電爐； c—間接作用電弧爐

封閉電弧式電爐用於需要在高的工作溫度進行還原過程的礦熱法（特別是鐵合金生產）。用一層不發生化學反應之爐料（結渣層）來保護爐襯，免受電弧輻射熱之作用。爐子為固定式的，不能傾動，電極係垂直地懸掛。

按電流經過金屬的方法，電弧爐可以分成爐底導電式的及爐底不導電式的。

在爐底不導電式爐中，電流僅沿水平方向經過金屬從一個電弧到另一個電弧（圖 2, 6 及 r）。這類爐子普遍地用於煉鋼。

在爐底導電式電爐中，電流可以從一個電弧到金屬中，沿水

平方向流到另一個電弧，同時也可以從電極經過電弧，穿過金屬流到爐底電極（圖 2, B），或者經過金屬及導電爐底到埋放於爐底下的電極（圖 2, a）。

蘇聯各工廠現在已經沒有爐底導電式爐子，它已經被比較經濟、生產率又比較大的爐底不導電式爐子所代替。爐底導電式爐的爐底襯之過熱，使爐底壽命縮短，同時兩個電弧的爐底導電式電爐中之熔化時間比三相爐底不導電式電爐長些（當變壓器之功率一樣大時）。

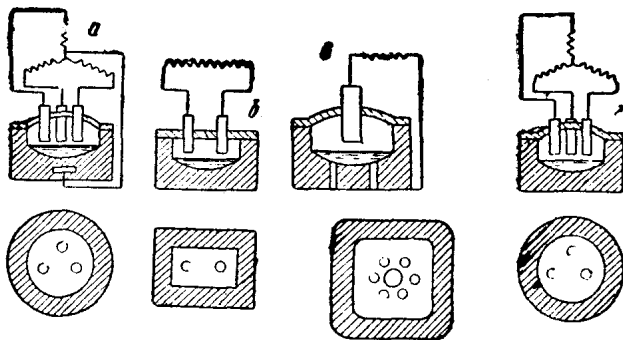


圖 2 電弧爐之略圖

“a”與“b”—爐底導電式；“c”與“d”—爐底不導電式

按裝料方法 電弧爐可以分成從爐門裝料（用手、用裝料槽或用裝料機）及從爐頂裝料（用吊桶）二類。

3. 感應爐 感應爐中金屬用電磁感應所產生的電流加熱。

感應爐的主要特點是它輸送電能給爐中金屬的特殊方法。輸入初級繞組（感應器）的交流電在繞組四周產生了交變磁場。交變磁通在次級繞組（裝入的金屬）中產生電動勢，在電動勢的作用下在裝入金屬料中產生了使金屬加熱的交流電。

第一篇 煉鋼電弧爐^o

俄國第一個電爐於1910年建立於奧布霍夫工廠（現在叫“布爾什維克”工廠）。從那時起，爐子各部分的構造，自電極握持器直到傾動機構，都曾經發生了很大變化。在這方面，許多蘇聯的爐子製造者及煉鋼工作者曾作過很多努力。

煉鋼電弧爐（圖3,α和3,6）係由鐵殼21所構成。它的形狀多半為圓筒形，底部或者是平的，或者是球形(20)。爐殼裡面有耐火層及隔熱層（爐襯）。熔煉室上面設有能移動之爐頂7，爐頂是用耐火磚砌成的（它係砌在鐵圈內）。爐體上有裝料門5，帶流鋼槽的出鋼口27。現代電爐採用三相電流，有三根垂直裝放的電極(12)。爲了減少電極的加熱與氧化，用水冷密封圈10（冷却器）把電極與爐頂之間的空隙減到最小程度。電極用電極握持器11握住，用橫桿13把握持器連接到可以上下活動的支柱16。活動支柱可以藉電氣傳動裝置17，鼓輪和鋼繩19而上下運動，控制活動支柱的導輪安裝在固定支柱18內。爐子安裝在4個扇形板29上。備有傾動機構，可以使爐子向出鋼口與加料門方向傾動。電纜15和水冷管14把電從變壓器送到電極握持器。電極握持器，密封圈，加料門之門框和門蓋均有水冷却。

第一章 現代電弧爐的機械設備

爐 殼

爐殼應足夠堅固，以便能承受爐襯和金屬的重量及當爐殼內襯磚在加熱時因膨脹所發生之壓力。爐殼本身的溫度不應高於100~150°C。爐殼係由10~30毫米厚的鐵板鉚接或焊接而成。爐殼的厚度決定於爐子的尺寸。如果翻砂部門有足夠強大的設備則爐殼也可以鑄成。

o 法國人赫魯特在1900年取得專利的電弧煉鋼爐得到了廣泛的應用。

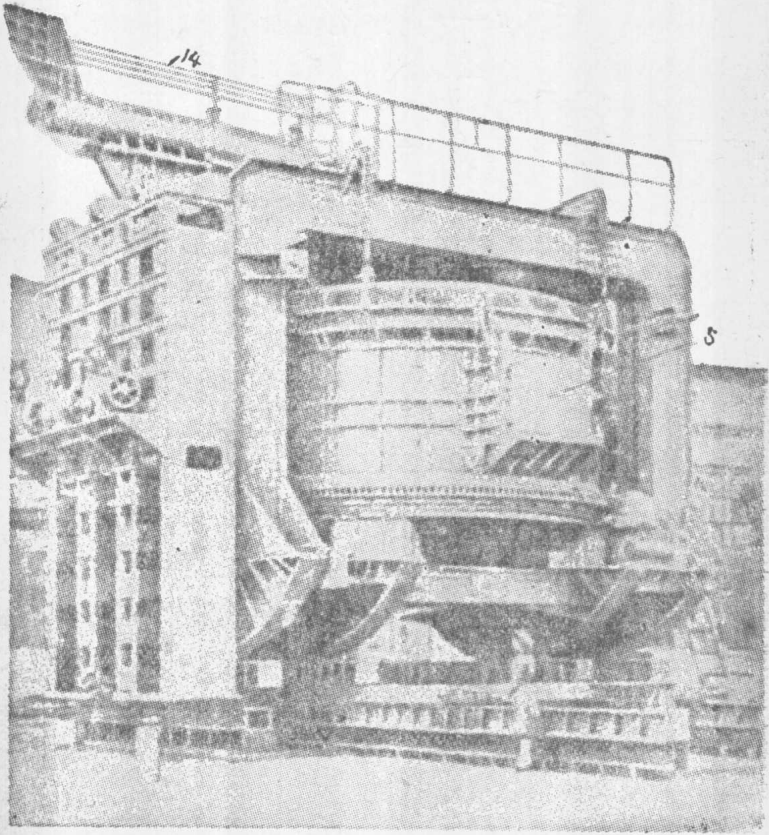


圖 3a 爐身開出式20-噸煉鋼電弧爐之外貌

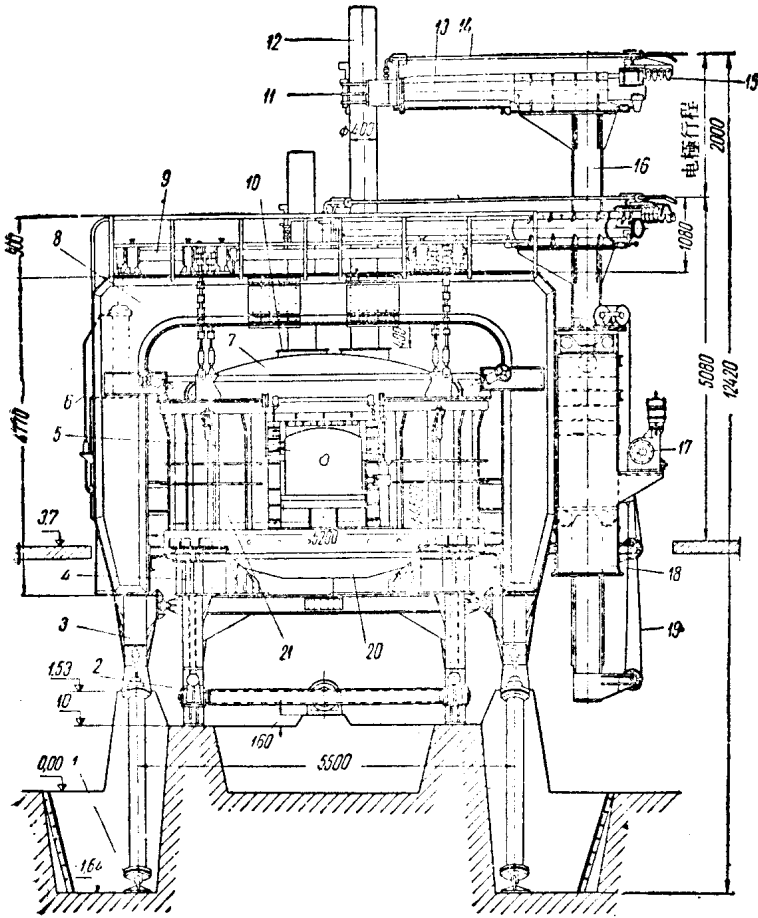
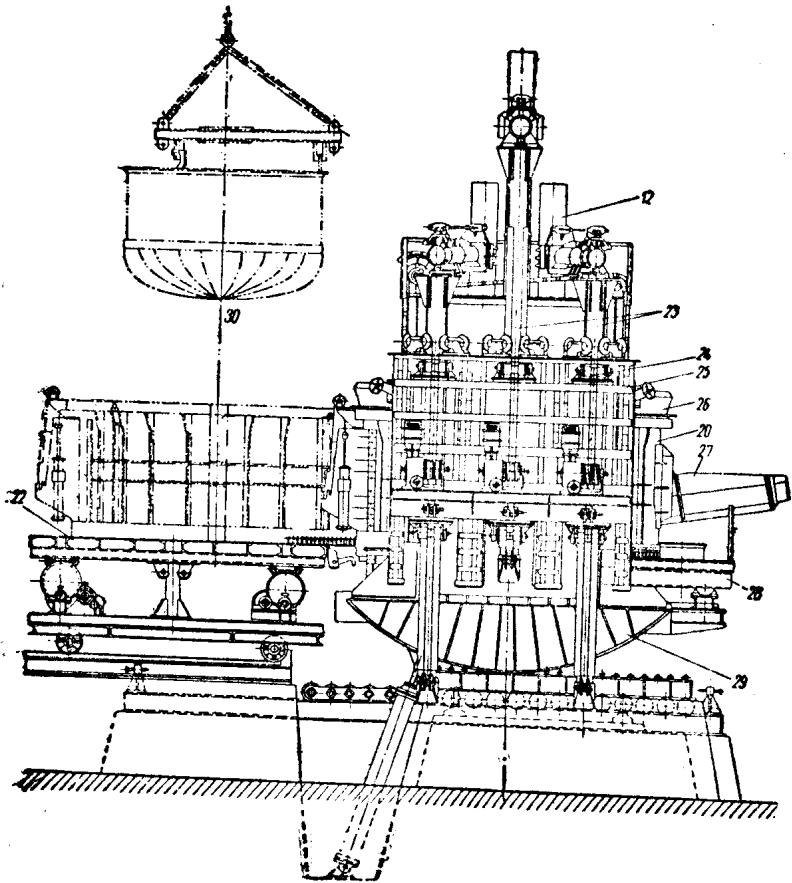


圖 35 20-噸爐身開出

1—傾爐用液電傳動裝置； 2—爐身推
 旋轉機構； 5—裝料門； 6—爐頂升起
 8—主架； 9—提昇爐蓋的機構； 10—冷
 13—連接活動支柱16與電極握持器之橫
 支柱； 17—活動支柱的傳動裝置； 18—固
 設； 22—活動工作台； 23—兩邊及中央
 架； 26—爐頂圈； 27—出鋼槽； 28—工



式煉鋼電弧爐

出機構；3—傾動支座扇形板；4—爐身
液壓傳動裝置；7—可取下的爐頂；
卸器；11—電極握持器；12—電極；
臂；14—輸電管；15—電纜；16—活動
定支柱；19—鋼繩；20—爐底設；21—爐
支柱；24—平衡錘與支柱的懸掛；25—懸
作台；29—扇形支座；30—裝料吊桶