

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

電冶金學

下 冊

Ф. П. ЕДНЕРАЛ 著

朱 覺 李傳薪 譯
張 鑑 李西林



龍 門 聯 合 書 局

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



電 冶 金 學

下 冊

Ф.П.耶德聶拉爾著

朱	覺	李	傳	薪	譯
張	鑑	李	西	林	
朱	覺	關	毓	瓏	校

龍 門 聯 合 書 局

本書係根據蘇聯國營黑色冶金及有色冶金科技出版社 (Государственной научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的耶德聶拉爾 (Ф. П. Еднерал) 著“電冶金學” (ЭЛЕКТРО-МЕТАЛЛУРГИЯ) 1950 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校冶金專業教科書。

本書下冊內容包括高級優質鋼的鑄造特點、煉鋼電爐車間的佈置、生產計劃與勞動組織、鐵合金製造等。

參加本書翻譯工作的有北京鋼鐵學院朱覺、張鑑、李西林、李傳新。參加校閱的有朱覺、關毓龍。

電 冶 金 學

下 冊

ЭЛЕКТРОМЕТАЛЛУРГИЯ

Ф. П. ЕДНЕРАЛ 著

朱 覺 李傳新 譯

張 鑑 李西林 譯

朱 覺 關毓龍 校

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路 61 號 101 室

中國圖書發行公司總經售

啓 智 印 刷 廠 印 刷

上海白忠路 259 弄 28 號

1953 年 12 月初版 印 0001—5000 冊

定 價 每 冊 10,500

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

大事代號0271

定價 ¥ 10,500

中央人民政府高等教育部推薦 高等學校教材試用本的說明

充分學習蘇聯的先進經驗，根據國家建設需要，設置專業，培養幹部，是全國高等學校院系調整後的一項重大工作。在我國高等學校裏，按照所設置的專業試用蘇聯教材，而不再使用以英美資產階級教育內容為基礎的教材，是進一步改革教學內容和提高教學質量的正確方向。

一九五二年九月二十四日人民日報社論已經指出：‘蘇聯各種專業的教學計劃和教材，基本上對我們是適用的。它是真正科學的和密切聯系實際的。至於與中國實際結合的問題，則可在今後教學實踐中逐漸求得解決。’我們現在就是本着這種認識來組織人力，依照需要的緩急，有計劃地大量翻譯蘇聯高等學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國高等學校教材的試用本。

我們希望：使用這一試用本及今後由我們繼續推薦的每一種試用本的教師和同學們，特別是各有關教研組的同志們，在教學過程中，對譯本的內容和譯文廣泛地認真地提出修正意見，作為該書再版時的參考。我們並希望各有關教研組在此基礎上逐步加以改進，使能結合中國實際，最後能編出完全適合我國需要的新教材來。

中央人民政府高等教育部

郵資
付

中央高等教育部
教材編審處

北京 新皮庫胡同12號

北京郵局收取回件郵費許可證第五三號

寄

年

月

日

高等學校(中等技術學校)教材試用本

讀者意見表

書名	電冶金學(下)
對本書內容的意見	
對譯本的意見	
教學中的問題	

刊 正 表

(包括翻印錯誤及排印錯誤)

頁	行	字	刊 誤 的 字 句	應 如 何 改 正?
其他 錯誤				

讀者姓名		學校或 工作機關		年級或 擔任職務	
詳細 通信地址					

本表如不敷填寫,可另紙書寫,連同本表,逕寄中央高等教育部
教學指導司教材編審處。

目 錄

II. 電爐煉鋼(續)

高級優質鋼的澆鑄特點·····	1
A. 高級優質鋼的鋼錠結構·····	2
B. 鋼錠與鋼錠模·····	11
B. 鑄錠方法·····	16
Г. 流鋼槽及澆鑄設備的安裝準備工作·····	19
Д. 澆鑄技術·····	35
E. 高級優質鋼鋼錠之缺陷及其防止方法·····	47
Ж. 壓延或鍛造前鋼錠的準備工作·····	56
電爐車間的佈置·····	62
生產計劃與生產組織·····	71

III. 鐵合金製造

金屬熱還原金屬氧化物法·····	79
A. 鐵合金爐子的電氣設備·····	81
B. 新式爐的機械裝備·····	90
B. 煉生鐵用閉式礦熱法爐·····	106
鐵合金生產技術·····	109

A. 矽鐵之製造	111
B. 鎢鐵之製造	128
B. 錳鐵之製造	157
Г. 釩鐵之製造	172
Д. 鈦鐵之製造	183
E. 鉛鐵之製造	192
鐵合金生產的安全技術	204
鐵合金車間裝備之佈置	209
生產計劃與勞動組織	216
俄華專業名詞對照表	219
俄華人名與地名翻譯對照表	222
參考文獻	(見上冊)

II. 電爐煉鋼(續)

高級優質鋼的澆鑄特點

在冶煉優良鋼錠的複雜與重要的工作上，澆注是最重要的操作之一。電爐車間的生產率，係以所產合格的鋼錠來估量。在電爐中可以煉出沒有非金屬夾雜物與氣體的脫氧很好及合乎規定成份的優質鋼；但一個錯誤的澆注，就可能完全毀掉了它。冶金權威認為正確的澆注比煉鋼還要困難。出鋼後在盛鋼桶與鋼錠模中正在凝固成鋼錠的鋼液中進行着複雜的變化。這些變化在短時間內就要結束；因此所有越出操作規程的錯誤與偏差都是不可救藥的。所以要求領導澆注的班長具有很多的操作經驗，能隨機應變，並通曉保證鑄成優質鋼錠的條件。在先進的電冶澆鑄車間中，大部份的澆注是在車間主任的監督下進行。澆鑄溫度是用高溫計來控制，澆注速度是用停錶來控制。測驗結果記錄於澆注操作記錄表上。

高級鋼鋼錠的質量決定於下面的因素：流鋼槽、盛鋼桶、鋼錠模、鋼錠模周邊與澆鑄工段的清潔與否，鋼錠模的形狀與尺寸，澆鑄溫度與速度，鋼錠模塗料，澆注的方法，耐火材料的質量及鋼錠的冷卻情況。車間所煉的各種鋼的成份須與上述因素相適合。

在各種牌號的鋼的澆鑄中所須嚴格而普遍遵守的一個條件就是：清潔。煉鋼車間全體工作人員的技術文化水平首先由從爐子至鋼錠模

中間鋼液所經過的設備及澆鑄工段的總的清潔情況來決定。在冶煉時特別注意使鋼中沒有夾雜物，所以不允許在澆鑄工段中把鋼弄髒（夾雜）。

按照操作規程，澆鑄裝置的準備包括耐火材料、砂子與黏土、廢磚及垃圾。必須及時的清除廢物，以噴水清理澆鑄工段的各部份，掩蓋安裝好了的錠盤，蓋上已經塗好了塗料的鋼錠模頂，使塵埃不能進入澆道及鋼錠模。

A. 高級優質鋼的鋼錠結構

高級優質鋼澆鑄於上大下小備有已加熱之保温帽的鋼錠模中。圖 127 所示為 3700 公斤重的鋼錠的縱軸斷面組織。典型的組織有五個帶：

(a) 表面驟冷帶；為細顆等軸晶所形成，(b) 柱狀晶帶，(c) 由不定向等軸晶所組成之中心帶，(d) 沉積雜帶及 (e) 縮管帶。在各帶之間沒有顯明的界限，每個帶的延伸程度決定於澆注的情況與鋼的成份。

鋼的結晶決定於兩個因素：即凝結速度與選擇凝固作用；由

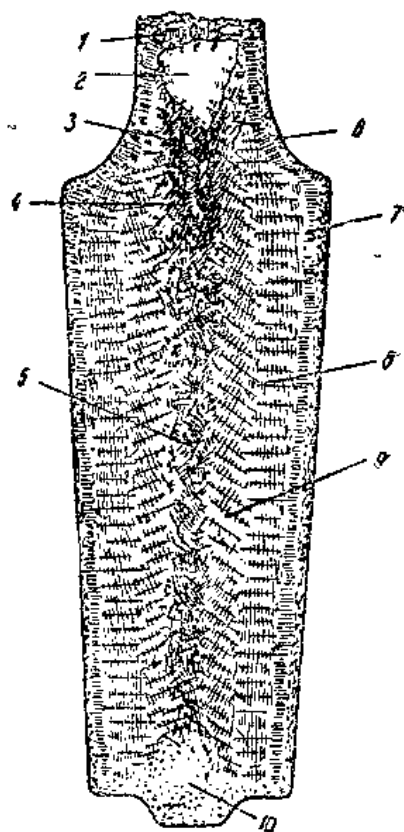


圖 127 4 噸鋼錠的結構圖

1-領橋；2-縮管；3-縮孔與偏析；4-收縮螺旋偏析帶；5-無定向的等軸晶帶；6-等軸晶表面驟冷帶；7-垂直於鋼錠模壁小樹枝狀晶帶；8、9-大樹枝狀或柱狀晶帶；10-沉積雜帶。

於選擇凝固作用，成份較純的晶體先從由鐵、碳、錳、硫、磷等元素所組成的溶液中凝固出來。

鋼在鋼錠模中的結晶係立刻從模壁上許多結晶核開始。在模壁表面，由於鋼錠模本身的快速吸熱作用，形成了等軸晶表面驟冷帶，而其成份與盛鋼桶內鋼水成份相同。由於快速冷卻的時間很短，所以驟冷帶只有很薄的一層。

由於鋼錠表層鋼液的散熱作用，鋼錠模的溫度很快的就上升了，以後的結晶就決定於選擇凝固作用。這種作用使具有較高熔點的、成份較純的金屬首先凝固出來。在此時沿着主軸方向形成含碳較少的晶架。從這些晶架上又分出與晶架垂直的軸枝，軸枝上又分出與它垂直的枝。

這樣凝固的結果，就形成了所謂樹枝狀的結晶。以後各樹枝晶軸之間的空間為富於合金元素及非金屬夾雜物與氣體的合金所填充。柱狀或中間晶帶的樹枝狀晶主軸開始生長時與冷卻面即模壁相垂直。以後，由於比重較小的非金屬夾雜物的上升與熱氣的對流作用，晶的主軸稍微偏向上端。中間結晶帶可能很大，其大小決定於樹枝狀晶生長的時間。當着鋼液澆鑄溫度高、澆注速度大及鋼錠模溫度高時，則柱狀晶體帶就較大，合金鋼中的中間結晶帶也比較大，因為合金鋼的導熱性較差。

在含有高鉻或高鎳的鋼錠中，當澆鑄溫度很高時，柱狀晶帶可能延伸到鋼錠中心。

從澆注開始經過一段時間後，因鋼錠的收縮及鋼錠模的膨脹，在鋼錠與鋼錠模之間發生了縫隙，這種縫隙大大的減緩了鋼錠中熱的傳出，柱狀晶的長大便因此停止。被排斥於鋼錠中間的母液（即剩餘的鋼液），其結晶係在散熱很慢的情況下進行。鋼錠模的冷卻作用很微弱，

因此結晶軸無一定方向。晶體自由的以各種方向生長着。由於伴隨着凝固的收縮，所形成的晶體具有較鋼液大的密度，所以沉落於鋼錠底部（沉積）。

鋼錠的樹枝狀結構在經過腐蝕的橫斷磨光面可以用肉眼看見，例如用 25% 的硫酸腐蝕。圖 128 所示為這種鋼錠的肉眼結構，在此結構中可以明顯地看出三個品帶。



圖 128 鋼錠的組織（腐蝕後之肉眼組織）

鋼的樹枝狀結構是蘇聯傑出的冶金學者 Д. К. 耶也諾夫所發現。

鋼錠成份的不均勻性 鋼錠不但在結構方面具有不均勻性而且鋼液中的主要元素、非金屬夾雜物及氣體的分佈也具有不均勻性。此種不均勻性在工廠中稱為偏析，在技術文獻也稱為析集；這兩種名詞的概念的區別：有些作者把與選擇凝固有關之不均勻性叫做偏析，而把當鋼液溫度下降時由於溶解度的降低而發生的不均勻性叫做析集。我們將採用蘇聯的冶金學者——耶也諾夫、巴波辛、明克非其、希且柏魯格——所用的名詞，即把“偏析”包含上述兩種意義。鋼錠中的偏析分帶狀（區域）偏析（肉眼偏析）與樹枝狀品間的偏析（顯微偏析）。大鋼錠有兩個正偏析帶（即成份高於平均數之區域）與一個負偏析帶（即成份

低於平均數之區域)。這些帶均可於圖 129 中看出。10.5 噸鋼錠的正偏析可於圖 130 中看出。

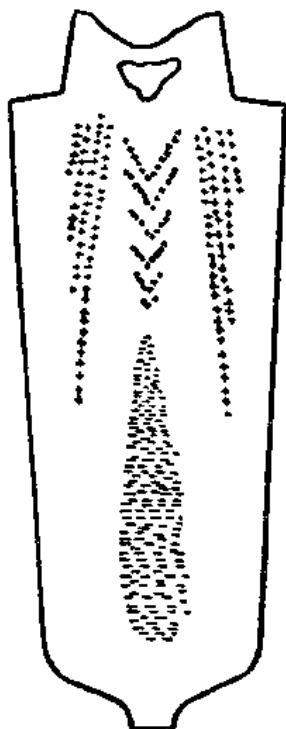


圖 129 鋼錠中偏析帶圖

正號代表正偏析帶；負號代表負偏析帶



圖 130 10.5 噸鋼錠的正偏析

硫有最大的偏析傾向，其次為碳和磷。下面說明造成偏析帶的原因。我們已經說過鋼錠表面結晶的成份幾乎絲毫不差的與盛鋼桶中鋼液成份相同。柱狀結晶係由雜質較少的鋼液所凝固而成。樹枝狀結晶生成時，所剩的雜質被排斥鋼錠中間。另一方面，鋼錠中間下降的等軸晶體將鋼液向上排擠。氣體の洩出與非金屬夾雜物的向上升，促使這種由下而上的液流更為加強。含有很多雜質的鋼液在其上升的途

中沿着已凝固的晶體而凝固，這樣就形成了所謂偏析“鬚鬚”。鋼錠中間液體部份，因了溫度的降低變得比較稠，這樣就慢慢阻止了雜質再向鋼錠中央偏析。以後鋼錠內的結晶係首先形成較純的等軸晶體，同時排斥含雜質較多的剩餘鋼液於鋼錠中部，因此就形成了中央軸偏析或V形偏析。

等軸結晶比其所由結晶的鋼液含雜質要少一些。隨着下沉它們便聚集於鋼錠下部並形成負偏析帶。此帶為圓錐形，因為在較純晶體向下沉積的同時，鋼錠模壁的鋼也在向內凝固。

一部份濃集了雜質的鋼液被阻於大的樹枝狀結晶的樹枝間，形成了樹枝偏析。柱狀結晶的平均成份與鋼液成份相同。其成份的變化用普通化學分析分析不出來，因為電鑽取樣時樹枝之間的金屬與樹枝上的金屬是會同時被取出的。硫印花法能顯示出樹枝狀偏析，而發生了變形的鋼樣在顯微鏡下成帶狀結構。

偏析大大地破壞了鋼錠組織的均勻性，引起成品的許多缺陷。

各元素的偏析程度隨鋼錠的增大、澆鑄溫度的升高與澆注速度的加大及鋼中傾向於偏析的雜質的增加而增長。

中等重量鋼錠中碳、硫及磷的分佈情況，可由圖 131 看出。盛鋼桶內鋼水的成份取作 100%；在鋼錠某點上所取出之樣的成份的百分數即寫於該點。

縮管與多孔疏鬆部 液體鋼的比重小於固體鋼，所以鋼液凝固時伴隨着體積的縮小，亦即鋼的收縮。碳素鋼的收縮根據 IO. A. 聶亨德滋的數據為 3—3.5%，且隨溫度的升高而增加。在凝固的最初幾分鐘，收縮是在鋼錠的表層進行。形成的表層發生收縮而與鋼錠模壁分開。此時鋼錠中心的鋼仍為液體。隨着表層厚度的增加而引起的體積縮小，使鋼錠內部生成空穴，空穴位於最後凝固的鋼液區域。

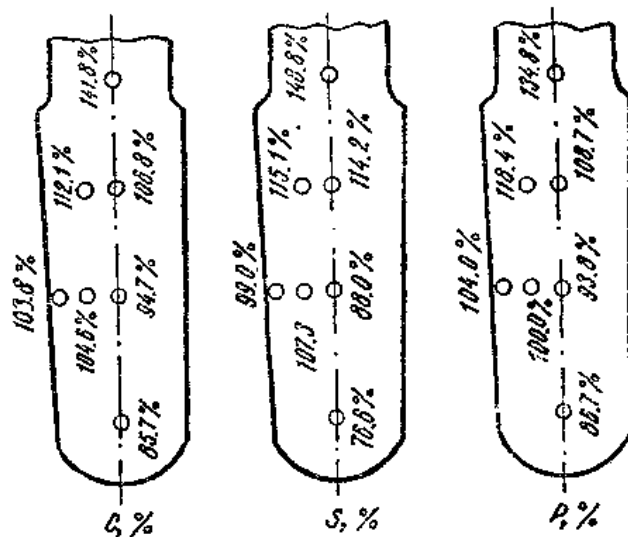


圖 131 中等重量鋼錠中碳、硫和磷的分佈

用帶保温帽的鋼錠模澆鑄時，最後凝固的鋼係在鋼錠頭部，在此形成了縮管⁽¹⁾。鋼液在鋼錠模中的凝固次序，可以用 4.5 噸重未完全凝固的 40X 牌號鋼的鋼錠的縱斷面圖來說明。這些鋼錠為耶格也夫及波羅夫可兩氏在澆注後 40, 60, 90 及 110 分鐘把鋼錠翻倒所得到的（圖 132）。應用保温帽可以保證縮管位於壓延或鍛造時的切頭部份。

在將鋼液鑄成細長的鋼錠時，如鋼錠高度與其中部橫斷面直徑之比超過 2.5—2.7，而圓錐度小於 3.0% 時，則沿鋼錠中軸常有收縮孔，這些收縮孔往往離開縮管，上面有密實的固體鋼掩蓋着。

當最後一部份鋼液凝固時，毗連的樹枝狀結晶中間的空間可能沒有為鋼液填滿。當溫度降低時，鋼液中放出的氣體也可以造成孔隙。

(1) K.П. 得魯平研究 [76]，縮管是在鋼錠型的表面內氣體積聚的結果，因為鋼液在此處最後凝結。

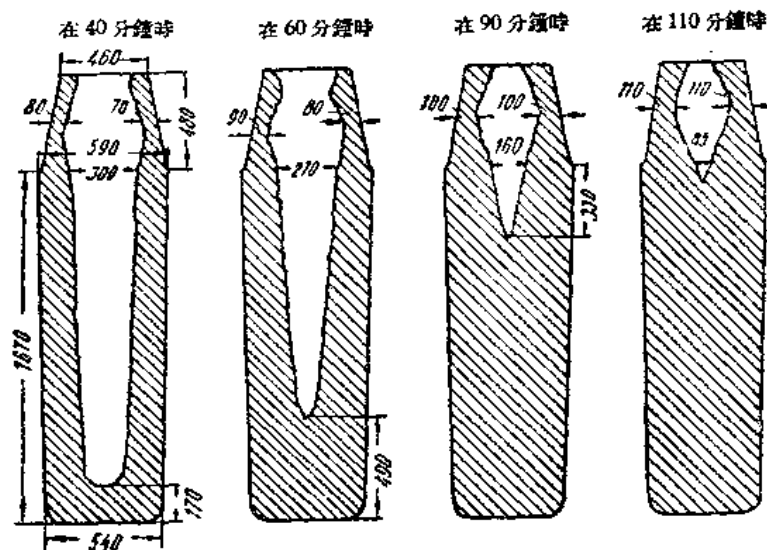


圖 132 在澆固過程中把尚未凝固的鋼液倒出後所形成之鋼錠壳

在鋼錠凝固的終了時，鋼液稠度的增加使氣體進入縮孔發生困難。圖 133 所示為沿鋼錠軸所形成孔隙(1200 公斤鋼錠，在澆注後 24 分鐘把尚未凝固之鋼液傾出後之情況)[75]。

鋼錠結晶的控制 上面已經說過，鋼錠的結晶決定於鋼液的選擇凝固與結晶速度。對於成份一定的鋼，我們可以用冷卻速度來控制結晶過程。為此目的，我們可以變更鋼錠的形狀與重量、鋼錠模壁的厚度，即鋼錠模與鋼錠重量之比。如用一定的鋼錠模時，我們可以變更鋼錠模的溫度、鋼液的溫度及澆注速度來控制鋼錠的結晶。

為了減少偏析現象，鋼錠重量應當小。大鋼錠的凝固慢，偏析有增加的趨向。高的澆鑄溫度

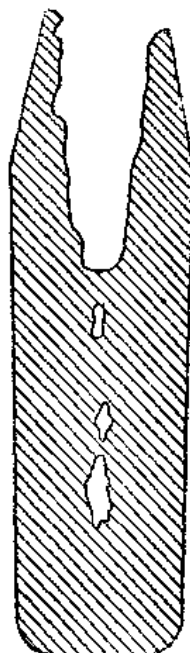


圖 133