

中央人民政府高等教育部推薦

高等學校教材試用本

學金冶

普通教程

上 冊

Г. А. ИЛИАХОВ 著

東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯



商務印書館

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



學 金 冶
普 通 教 程
上 冊

Г. А. 沙 霍 夫 著
東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯

商 務 印 書 館



本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金書籍科技出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的 Г. А. 沙霍夫 (Шахов) 教授所著“冶金學普通教程”(Металлургия общий курс) 1948年增訂版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。

本書共十篇,分上下二冊出版;上冊內容為鐵、鋼、銅、鎳及鉛之冶煉;下冊內容為鋅、金、鋁、鎂及錳之冶煉,以及爐氣之淨化。

書中主要部分——有色金屬冶煉為東北工學院冶金系有色金屬冶煉教研組陳季雲、王彭年、王希賢、王延明、王格、姜瀾、劉德育、沈時英八同志所譯。黑色部分為煉鐵教研組張清漣、劉福三兩同志所譯。

冶 金 學 普 通 教 程

東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯

★ 版權所有 ★

商 務 印 書 館 出 版

上海河南中路二一一號

新華書店華東總分店 總經售

上海南京西路一號

商 務 印 書 館 上 海 廠 印 刷

(63875A)

1954年4月初版 版面字數256,000

印數1—4,000 定價¥17,000

上海市書刊出版業營業許可證出〇二五號

二 版 序 言

冶金學(普通教程)修正第二版按照工程經濟學系的課程大綱增加鎂冶金與錫冶金兩篇,銅冶金篇中增加了反射爐熔煉的爐料計算,鉛冶金篇中增加了鼓風爐熔煉的爐料計算,鎳冶金篇中加述了由氧化礦提取鎳的濕法冶金新法,鋅冶金篇中加入鋅精礦懸空焙燒及應用富有氧氣的空氣焙燒方法的敘述,金冶金篇中增加了含多量氧氣溶液的氰化法。書中燃料、耐火材料及選礦各普通篇均行刪去,因為這幾篇在課程大綱中已成為單獨論述的課程。

在有關各章中,加入還元,氧化,奧勒發得法(Орфорд-Процесс)等理論方面的補充。鋁冶金與鎂冶金係教授 А. И. 別略耶夫博士編著,錫冶金係教授 Н. Н. 目拉奇博士編著。

教授 Г. А. 沙霍夫

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繫實際的。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，並將繼續向全國推薦，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

上册目錄

二版序言

緒論	1
1. 冶金的概念	2
2. 礦石的概念	3

第一篇 鋼鐵冶金 6

第一章 鐵的性質。鐵礦。焙燒與燒結	6
1. 鐵的性質	6
2. 鐵礦石	7
3. 鐵礦石的焙燒與燒結	9
4. 燒結設備	12

第二章 煉鐵	16
1. 高爐煉鐵的發展概述及其要點	16
2. 高爐中化學的和物理化學的變化過程	18
3. 生鐵的分類	27
4. 高爐	29
5. 鼓風的加熱	32
6. 重要的技術指數	33

第三章 煉鋼	35
1. 熟鐵的獲得	35
2. 貝式麥法	35
3. 托馬斯法	42
4. 平爐法	46
5. 電冶煉	54
6. 優質鋼	56

第二篇 銅冶金 59

第四章 概說	59
1. 歷史資料及統計資料	59
2. 銅礦石及其礦物	60
3. 銅的性質、合金及化合物	62
4. 銅礦石處理的方法	65

第五章 礦石和精礦的焙燒	68
1. 作業的說明與基本原理	68
2. 焙燒的化學反應及產品	69
3. 焙燒的計算	72
4. 格列斯果夫焙燒爐	73
5. 燒結	75
第六章 反射爐熔煉	78
1. 熔煉的基本原理	78
2. 化學反應	80
3. 冰銅	81
4. 渣	84
5. 渣成分的選擇	90
6. 銅的損失	92
7. 爐料的計算	92
8. 非硫化礦石的熔煉	95
9. 反射爐的構造	96
10. 熔煉產品的出爐	104
11. 反射爐的生產率	104
12. 電爐熔煉精礦	106
第七章 鼓風爐熔煉	109
1. 鼓風爐熔煉的基本原理	109
2. 還元熔煉	109
3. 生礦熔煉	111
4. 半生礦熔煉	113
5. 熔煉含銅黃鐵礦同時利用爐氣製硫	114
6. 鼓風爐的構造	116
7. 前床	121
8. 實際操作	122
9. 鼓風爐的生產率	123
10. 廢物的利用	124
第八章 冰銅的吹煉	125
1. 處理冰銅的舊法	125
2. 吹煉冰銅的基本原理	125
3. 吹煉時發生的化學反應熱	127
4. 空氣的消耗量	128
5. 轉爐的構造	130
6. 轉爐吹煉的產品	136
7. 轉爐的吹煉操作	138
8. 轉爐的生產率	139

9. 轉爐吹煉的冶金計算	139
第九章 銅的火法精煉	142
1. 精煉的任務及雜質對銅的性質的影響	142
2. 火法精煉的基本原理	144
3. 粗銅的精煉爐	147
4. 精煉的實際操作	150
5. 銅精煉爐的生產率	153
第十章 銅的電解精煉	154
1. 電解精煉的基本原理	154
2. 電解時雜質的行為	155
3. 電極的聯接法	157
4. 電解槽的裝置	158
5. 陽極板與陰極板	161
6. 電解液	162
7. 電流密度, 電壓, 電流效率	163
8. 銅條錠的製得與陽極泥的處理	164
9. 不溶陽極的電解	166
第十一章 濕法冶金	167
1. 基本原理	167
2. 礦堆溶浸	168
3. 硫酸溶浸	169
4. 氨溶液溶浸	171
第三篇 鎳冶金	174
第十二章 概說	174
1. 歷史概述	174
2. 鎳的性質及其應用	175
3. 鎳的礦石	177
4. 處理鎳礦的方法	179
第十三章 鎳的氧化礦石的處理	180
1. 礦石處理的程序	180
2. 礦石的準備	181
3. 鼓風爐熔煉	187
4. 初次鎳冰銅的吹煉	194
5. 二次鎳冰銅的焙燒	197
6. 鎳的還元	200
7. 熔煉鎳鐵	202
8. 濕法冶金	203

第十四章 銅-鎳硫化礦的處理.....204

1. 處理礦石的方法..... 204
2. 銅-鎳礦石與精礦的焙燒..... 205
3. 熔煉成銅-鎳初次冰銅..... 205
4. 銅-鎳初次冰銅的吹煉..... 210
5. 銅-鎳二次冰銅的處理..... 211

第四篇 鉛冶金 228

第十五章 概說 228

1. 歷史概述 228
2. 鉛的性質，鉛的合金及鉛的化合物 229
3. 鉛礦石及其處理方法 231

第十六章 礦石及精礦的焙燒 234

1. 一般原理 234
2. 焙燒時的化學反應 236
3. 在機械迴動爐中的焙燒 241
4. 燒結焙燒 242

第十七章 粗鉛的煉成 246

1. 操作程序的敘述 246
2. 還元熔煉時的化學反應 247
3. 熔煉產物 251
4. 熔煉鉛爐料的計算 258
5. 鼓風爐 260
6. 鼓風爐熔煉實際操作 263
7. 渣的處理 267
8. 敞爐熔煉 270

第十八章 粗鉛的精煉 274

1. 脫銅 274
2. 初次精煉 277
3. 金及銀的提取 283
4. 第二次精煉 290
5. 脫鉍 293
6. 連續精煉法 294
7. 電解精煉 298

冶 金 學

普 通 教 程

緒 論

沙皇時代的俄國在金屬生產事業上不僅比美國落後，而且亦落後於歐洲某些國家。偉大的十月社會主義革命以後，所恢復的舊冶金工廠在生產率上不能滿足國家對各種金屬的需要，以致延緩了國民經濟所必需的其他各工業部門的發展（機器製造業、汽車工業、鐵路運輸業及其他）。聯共（布）第十四次代表大會對國家工業化問題（1925年）及第十五次代表大會（1927年）關於編製國民經濟第一個五年計劃的決議乃是迅速發展冶金工業的基礎。

在前兩個五年計劃期間，曾建立了大量新的冶金工廠。黑色冶金方面的巨大工廠如馬格尼托哥爾（Магнитогорский）及庫茲涅茨（Кузнецкий）廠。有色方面，煉銅廠有卡爾薩克派依（Карсакпайский）及紅烏拉爾（Красноуральский）廠，煉鉛廠有列寧諾高爾（Лениногорский）及其姆金特（Чимкентский）廠，煉鋅廠有別羅夫（Беловский）、康斯坦其諾夫（Константиновский）、齊略賓（Челябинский）及德撒烏德日喀（Дзауджикауский）廠，煉鎳廠有烏發列依（Уфалейский）廠，煉鋁廠有德涅泊（Днепроvский）及伏爾加（Волховский）廠以及其他等等。此外並擴大和改造了很多的冶金工廠。前兩個五年計劃時期內，蘇聯也掌握了一系列新穎而複雜的提取金屬底技術操作〔如浮沫選礦、銅精礦的反射爐熔煉法、鋅的濕法冶金、奧勒發得法（Орфорд-процесс）、鐵礦與鎳礦的燒結等〕及一些在革命前完全沒有熔煉過的金屬底生產（如鎳、鋁、鎢及各種稀有金屬）。

蘇聯冶金企業的技术裝備程度，在第二個五年計劃將結束時，不僅已及於先進的資本主義國家的技術水平，而且在許多方面還超過了他們。在冶金工業上大力開展斯達漢諾夫運動對企業生產率的提高起着極大的作用。在蘇聯，高度的技術與最完善的勞動組織形式相結合而保證了生產在歷史上空前未有的高漲。

斯大林同志在聯共(布)第十八次代表大會上的報告中這樣評定第二個五年計劃的總結：

“在報告時期內，國民經濟發展方面的最重要成果，就是工業和農業按現代新式技術實行改造這一事業的完成”。

偉大的衛國戰爭勝利結束以後，蘇聯重新轉到和平的建設事業。1946—1950年的恢復和發展國民經濟的五年計劃上規定，與其他工業部門發展的同時並大力發展有色冶金工業。戰後的五年計劃時期內，有色金屬生產量增加如下：銅增加到1.6倍，鋁2倍，鎂2.7倍，鎳1.9倍，鉛2.6倍，鋅2.5倍，鎢精礦4.4倍，鉬精礦2.1倍，錫2.7倍。由於改善企業的經營，運用先進的技術，建立新的聯合廠及恢復曾被佔領區內的企業，這就保證了此等有色及稀有金屬生產的日益增長。

1. 冶金的概念

冶金學是研究由礦石及含金屬的廢棄物(отходы)中提煉金屬的一門科學。金屬在礦石中與各種元素如氧、硫等形成化合物而存在(此外也有金屬在礦石中呈游離狀態的礦石)。除了我們所提取的金屬外，礦石中還含有大量其他成份的脈石。爲了從礦石中獲得金屬，乃應用各種化學的及物理化學的方法，以達到我們的基本目的——即由化合物中提出金屬且分離脈石。這些作業即稱爲冶金方法，並分爲三類：火法冶金、濕法冶金及電冶金。

第一類方法的特徵是在高溫下進行，如焙燒、焙煉、蒸餾等。

第二類方法的特徵是在低於 100° 下用各種不同的水溶液處理礦

石,例如,用硫酸溶液溶浸鋅精礦或用氰化鈉溶液提取金。

電冶金方法分為兩種:(1)電熱的,(2)電化的(電解)。在電熱冶金過程中,電流之作用係為加熱礦石及其他物質。如果由於電流的化學作用而有金屬或合金析出者,則此作業稱為電解。根據受到電流作用的為鹽的水溶液,抑為熔融體,電解又分為水溶液電解及熔融體電解。

冶金實際上乃是從礦石或含有金屬的廢棄物中提取金屬的一個工業部門。由於金屬在國民經濟上具有重大的意義,所以冶金工業也就成為工業中的主要部門。金屬主要用於機械製造業、鐵路建築業、造船業、汽車工業、拖拉機及電氣工業、工業建築與民用建築、國防工業等。

2. 礦石的概念

在現代技術發展的情況下可從其中獲得金屬的岩石稱為礦石。根據金屬在礦石中的含量及其提取價值,礦石分為工業的與非工業的。由於不斷地改進探礦及處理礦石的技術,提高勞動生產率,開闢了礦石中其他元素利用之可能性,以及改變了運輸條件、動力供應和所在地的經濟條件,因此礦石分為上述兩類是有一定程度條件的,同時也與一定的時間和地點有關。

近百年初期,例如,銅礦石含銅不少於3%時才算是工業的,但現時由於浮游選礦的成就,有效礦山工作制度的應用,高的勞動生產率以及電氣化等等,即礦石中含銅約1%的礦藏也被開採了。

如礦石中含有特別多量的一種金屬(指工業量)稱為單體礦,如含兩種或幾種可以提取的金屬時則稱為複雜礦。例如德熱茲卡茲岡(Джезказганский)礦區的礦石含有為量不多的其他金屬,因而列為單體礦石,列寧諾高爾(Ленингорский)與沙頓(Садонский)礦區的礦石含有鋅、鉛、鎢及其他,用而列為複雜礦石。

礦石根據所獲得金屬的名稱而稱為:鐵礦、銅礦、鉛礦、鎳礦、金礦

等等，如礦石中存在兩種金屬，則礦石以此兩種金屬之名稱而稱之。例如，銅鎳礦、鉛鋅礦、金銅礦等等。

礦石是由各種不同的礦物所組成，這些礦物的成份包括被提取的金屬、雜質及脈石。

礦物中所含金屬與硫結合成化合物者，則稱為硫化礦物。如 CuFeS_2 （黃銅礦）， PbS （方鉛礦）， ZnS （閃鋅礦）。而礦物中金屬與氧結合成氧化物者，則稱為氧化礦物。如 Fe_3O_4 （磁鐵礦）， Cu_2O （赤銅礦）， $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ （孔雀石）， SnO_2 （錫石）， PbCO_3 （白鉛礦）等等。如礦物是由主要的金屬與為量不多的雜質所組成的合金則稱為自然金屬礦物。

依據礦石中所含礦物的性質，礦石分為硫化礦、氧化礦與自然金屬礦。鐵礦石專指氧化礦而言，銅、鉛及鋅的礦石大多屬硫化礦；金礦主要是自然金礦。

礦石中常見的造岩礦物有：石英、各種矽酸鹽、氧化鋁、重晶石、氧化鐵、黃鐵礦及其他。

礦石依據化學成份分為酸性礦、碱性礦及中性礦。礦石中的脈石含有多量二氧化矽者叫酸性礦。其中脈石主要含碱性氧化物（ CaO ， MgO ， BaO ， FeO 及其他）或硫化鐵（黃鐵礦、磁黃鐵礦）者，叫碱性礦。而脈石中碱性化合物與二氧化矽的含量約適合於造渣之比者，則為中性礦。

大部分礦石含有其他元素的雜質，此等雜質在熔煉時能進入金屬中，其中某些應視為有利的，也有些是有害的。例如鐵礦石中存在鎳、錳及鉻時，是有利的，蓋在熔煉時我們能得到特種生鐵；鐵中含有硫和磷時，則惡劣地影響其機械性能，因此鐵礦石中的這些雜質是有害的。在鉛礦石中對金屬鉛有害的雜質為鉍、銻及砷，這些當熔煉時進入鉛中並惡化鉛的性質，需用特殊方法將牠們分離成半成品，然後逐步將其提出。

礦石依據金屬的含量(有條件地到達某種程度)分為富礦與貧礦。

	富礦%(大於)	貧礦%(小於)
鐵.....	55	45
銅.....	3	2
鉛.....	15	10
鋅.....	3	2

第一篇 鋼鐵冶金

第一章 鐵的性質、鐵礦、焙燒與燒結

在古代鐵是直接從礦石用木炭在簡單的爐中煉得之。當溫度夠高時還元底鐵變成包含鐵渣的膏狀塊。從爐中提出塊(球)狀鐵團，加以鍛鍊；當夾雜的渣被壓榨出來時，鐵的熔合成緻密均勻的塊(熟鐵)。此種製鐵法叫作生吹法(сыродутный способ)。

在爐的熔煉過程中常常獲得滲碳很多的液態鐵(生鐵)；當時不會利用生鐵，並且認為它是不適合於生產製造的。

久而久之人們學會了利用生鐵，把它在熔化後，澆鑄為各種定型。因此，得到生鐵鑄造。對鑄鐵的需要底日益增加促使應用高壓吹風的直井爐。

在十三世紀之末開始用精煉爐(кричный горн)從生鐵煉得熟鐵，當時看來用這種方法煉得的鐵，其煉鐵費用較低，且質量較優。其後由生鐵煉出熟鐵的方法日益廣大且愈加改善。在十九世紀之初，實際上已經在反射爐中應用了炒鐵法來煉熟鐵。在十九世紀後半期的開始，發明了製錠鐵(鋼)的方法——這就是引起黑色冶金迅速地與大規模地發展的貝氏法與平爐法。

1. 鐵的性質

鐵(99.99%)熔於溫度 1530° ，在通常溫度中容易被氧所氧化，而在加熱時也容易被二氧化碳所氧化。鐵有一系列的化合物： FeO —氧化鐵， Fe_3O_4 —四氧化三鐵和 Fe_2O_3 —三氧化二鐵。後列的兩種氧化物發現於自然界中，其形式為磁鐵礦和赤鐵礦，鐵礦床主要是這兩種礦物形成的。

鐵和碳構成著名的鐵碳合金。當含碳在 2.5—4.5% 範圍以內時，在技術上叫作生鐵。具有這樣數量的碳素決定了生鐵的特殊性質(它不能錘鍛，不能鉚接，不能硬化，有極小延伸性等等)。生鐵的化學成分依它用於何種目的而定。由於生鐵具有脆性因而它不能用模壓、鍛錘及其他類似的方法加工製造。從生鐵獲得成品是先行鑄造然後用工具進行表面加工。

鐵的合金含碳少於2%者叫作鋼。按照成分，鋼分為碳鋼與合金鋼。在第一類中碳為基本的加入物，在第二類中除碳以外，還有特別加入的元素(合金的加入)。鋼具有強大的韌性，因此可以很好地錘打、壓延，等等。

鐵是化學元素的名稱，不過在技術上人們了解這個名稱就是含碳低(0.2—0.3%)的鋼。

2. 鐵礦石

依照礦物成分，鐵礦石可區分為下列數種：磁鐵礦、赤鐵礦、褐鐵礦和菱鐵礦。

磁鐵礦 磁鐵礦主要地由磁性氧化鐵組成，伴有數量不多的脈石及雜質。富礦含鐵55—60%可對它直接地進行冶煉；較貧的礦石須行精選。磷與硫含在磁鐵礦內是很少的，它們進入生鐵不致引起質量的低減。除所含雜質很少外，磁鐵礦含 SiO_2 特少，這能減低在熔煉時的熔劑與燃料的費用。

磁鐵礦的礦床某些部分為空氣中的氧氣所氧化為 Fe_2O_3 。含有磁性氧化鐵及氧化高鐵的礦石叫作假像赤鐵礦。

在蘇聯最著名的磁鐵礦礦產地是：維蘇卡雅山(гора Высокая)、布拉高達赤山(гора Благодать)、瑪哥尼特那雅山(гора Могнитная)及庫茲涅茨(Кузнец)工廠區(西伯利亞)。

赤鐵礦 在這些礦石中鐵呈 Fe_2O_3 形式。礦石含鐵55—65%及 SiO_2 至10%同時是為鐵所富化的變質石英岩，這就說明了其間所含二氧化矽較多於磁鐵礦的原因。有巨大埋藏量(十億噸以上)的赤鐵礦礦產地位於克里浮角(Кривый рог)之南；這個地區保證南方冶金工廠的礦石。除富礦外，在克里浮角尚有較貧的礦石，叫作含鐵石英岩。這些礦石中含 SiO_2 高的和含鐵不足的都需要預先精選。在蘇聯的歐洲地區的中部有著名的露天大規模的含鐵石英礦產地叫作“庫爾磁變區”

(Курская магнитная аномалия), 這個礦產地的富礦區的礦石含鐵約60%, 更多的貧礦石(低於50% Fe)形成了主要礦區, 其埋藏量估計為一百億噸。

褐鐵礦 礦石含鐵的形式為含水氧化物 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 。蘇聯最重要的褐鐵礦礦產地: 克爾金(Керчен)、拔卡爾(Бакаль)與中部區域。

克爾金褐鐵礦礦產地[靠近克爾祁山(г. Керчь)]的特點為含磷頗高, 並有大量的粉礦。拔卡爾礦產地(烏拉爾中部)有足夠純潔的褐鐵礦, 所含磷量不高於0.03%。這個礦產地的礦石對於熔煉優質鋼有重要的意義。在蘇聯中部地區褐鐵礦礦產地位於土爾(Туль)及里畢茨(Липец)附近。這些礦產地礦石的特點為含磷頗高。

菱鐵礦 礦石含鐵的形式為 FeCO_3 。這些礦石區分為兩種基本的類型: (1) 菱形鐵礦和(2) 黏土鐵礦。在菱形鐵礦內 FeCO_3 呈結晶狀態, 而在黏土鐵礦內則為非晶狀態。菱鐵礦是純潔的礦石, 嗣經焙燒, 極易還元, 以得高級煉鋼生鐵。在蘇聯菱鐵礦藏於有名的拔卡爾區域(烏拉爾)。黏土鐵礦含脈石甚多, 主要地是沙質泥土, 且當選礦時產生很多粉礦。在基洛夫(Киров)省歐姆特寧(Омутнин)地區進行這些礦石的開採。

在黑色冶金裏, 除鐵礦外, 在配料中還需用錳礦(含有量約50% Mn)以煉製含錳的生鐵或含錳量高的錳鐵合金。最著名的錳礦礦產地是: 佳都爾(Читур)(南高加索)與尼考泊爾(Никополь)(烏克蘭)。

鐵礦與錳礦的典型的化學成分引證於表1內。

礦石的性質對技術操作及生鐵成分有很大影響, 其影響程度依下列幾種因素而定: (1) 礦石的含鐵量; (2) 有害雜質的百分數; (3) 還元性; (4) 脈石的百分數; (5) 粉礦的數量; (6) 水分的數量。

凡當熔煉時進入金屬而減低金屬的質量或竟至使它不合應用之雜質都是有害的雜質。於有害雜質中首先應該是硫, 它在礦石中的含量必須不多於0.25%。當獲得生鐵用貝氏法或於酸性平爐內煉鋼時, 磷