

115568

高等学校教学用书

# 铁合金

上册

В.И. 依留金 Ю.А. 巴甫洛夫 Б.Е. 列文 著

袁孝惇 朱 觉 译

316

078

K1

冶金工业出版社

高等学校教学用書

# 鐵 合 金

上 册

В. П. 依留金 Ю. А. 巴甫洛夫 Г. Е. 列文 著

袁孝惇 朱覺 譯

冶 金 工 業 出 版 社

本書系根据苏联国立冶金出版社出版的 В.П. 依留金、Ю.А. 巴甫洛夫和 В.Е. 列文合著的“鉄合金”一書 1951 年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为高等冶金学校“黑色冶金”專業用教科書。

本書中文譯本分上、下二冊出版。

本書上冊由袁孝淳翻譯，第 1、2、3、4、6 章由朱覺校對，第 5 章由馬鴻鈞校對。

В.П. ЕЛЮТИН, Ю.А. ПАВЛОВ, В.Е. ЛЕВИН. ФЕРРОСПЛАВЫ  
(Металлургиздат - 1951)

鉄合金 (上冊)

袁孝淳 朱覺 譯

1957 年 3 月第一版

1957 年 3 月北京第一次印刷 3,545 冊

850×1168·1/32·133,000 字·印張 7  $\frac{14}{32}$ ·插頁 4·定價 (10) 1.30 元

冶金工業出版社印刷廠印 新华書店發行 書號 0579

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

## 目 录

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 編者的話                | 5   |
| 序 言                 | 6   |
| 概 論                 | 7   |
| <b>第一章 化学热力学概要</b>  | 15  |
| 1. 物理化学基本定律         | 15  |
| 2. 热力学在鉄合金制造过程中的应用  | 26  |
| <b>第二章 矽 鉄</b>      | 34  |
| 1. 矽及其化合物           | 34  |
| 2. 矽的用途             | 51  |
| 3. 冶煉矽鉄的原料          | 55  |
| 4. 冶煉过程的物理化学原理      | 58  |
| 5. 造 渣              | 74  |
| 6. 冶煉含矽45%的矽鉄时的爐料計算 | 75  |
| 7. 爐料計算的圖解法         | 81  |
| 8. 冶煉含矽45%的矽鉄的热平衡   | 86  |
| 9. 冶煉工艺             | 89  |
| 10. 矽鉄生产的原料消耗与电能消耗  | 94  |
| <b>第三章 矽鋁合金</b>     | 97  |
| 1. 鋁及其化合物           | 97  |
| 2. 矽鋁合金在黑色冶金中的应用    | 103 |
| 3. 熔煉矽鋁合金的原料        | 104 |
| 4. 熔煉矽鋁合金的热力学原理     | 105 |
| 5. 矽鋁合金的生产工艺        | 106 |
| <b>第四章 矽鈣合金</b>     | 108 |
| 1. 鈣及其化合物           | 108 |
| 2. 鈣的脫氧作用           | 114 |
| 3. 矽鈣合金的制造方法        | 115 |

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| <b>第五章 錳 鉄</b> .....       | 119 |
| 1. 錳及其化合物.....             | 119 |
| 2. 錳的脫氧能力及其对鋼的性質的影响.....   | 130 |
| 3. 錳鉄的分类.....              | 133 |
| 4. 錳矿石.....                | 135 |
| 5. 錳鉄的生产方法.....            | 141 |
| 6. 爐 料.....                | 142 |
| 7. 熔煉过程的物理化学原理.....        | 143 |
| 8. 錳鉄的生产工艺.....            | 147 |
| 9. 無磷錳鉄的生产.....            | 150 |
| 10. 附产高錳渣的高碳錳鉄冶煉的爐料計算..... | 151 |
| 11. 附产高錳低磷渣的高碳錳鉄冶煉工艺.....  | 155 |
| 12. 矽錳合金的生产.....           | 156 |
| 13. 低碳錳鉄的制造.....           | 157 |
| 14. 金屬錳的生产.....            | 162 |
| 15. 用电解法生产金屬錳.....         | 166 |
| <b>第六章 鉻 鉄</b> .....       | 168 |
| 1. 鉻及其化合物.....             | 168 |
| 2. 鉻在黑色冶金中的用途.....         | 188 |
| 3. 鉻鉄生产的發展.....            | 191 |
| 4. 鉻鉄的分类.....              | 191 |
| 5. 鉻矿石.....                | 192 |
| 6. 鉻鉄制造方法.....             | 197 |
| 7. 高碳鉻鉄的制造.....            | 198 |
| 8. 高碳鉻鉄的脫碳精煉.....          | 212 |
| 9. 用吹煉法精煉鉻鉄.....           | 216 |
| 10. 用矽热法制造精煉鉻鉄.....        | 220 |
| 11. 用鋁热法制造鉻及其合金.....       | 237 |

## 編者的話

鉄合金制造与冶金工業發展的总水平，特别是与高級優質合金鋼生产紧密的联系着。

技术發展的現代水平要求大量地扩大特殊鋼的种类及显著地提高它的質量，这种要求只有在國內鉄合金制造具有高度發展的条件才能达到。

祖国的鉄合金生产，在很短的时期內已成为工業的先进部門之一，完全能滿足我国冶金方面的需要。

进一步改善鉄合金的生产工艺和創造新的工艺过程，这在深入地研究合金制造理論的条件下是完全可能做到的。

本書作者採用了最新的热力学資料，在較高的理論水平上叙述了鉄合金的生产工艺。

当作者叙述工艺过程的时候，因为技术上的緣故，將有关鉄合金生产工艺上很多特殊操作和細節都省略了。

本書內關於生产經濟、生产計劃和生产組織各章包括了从鉄合金生产工作者的观点看来应当列入的各主要問題。

因为这本書在苏联和世界文献中还是第一部鉄合金方面的教科書，它是按照苏联高等冶金工業学校的教学大綱編輯的，同时因为它反映了鉄合金的生产現况，無疑地它对学生將有很大的裨益，並將有助於現厂工程师和科学工作者理論水平的提高。

斯大林獎金获得者 B.M. 阿列克謝也夫

---

## 序 言

因为“鉄合金生产”課程教本缺乏，故冶金高等学校里这门課程的教学感到很大的困难。在这方面原有的書籍都是很久以前出版的，已相当陈旧而不适合於近代的需要，因此編書的时候作者提出了补救这个缺陷的任务。

談到材料方面，作者力求首先闡明制造鉄合金的各种方法的理論基础，因为只有懂得物理化学原理的基础上才能懂得鉄合金的生产。为此目的，在本書的开始对物理化学曾給予簡單介紹，以便給讀者們提示若干最重要的物理化学原理，使其易於了解書中所叙述的材料。

在叙述各种鉄合金制造工艺之先必須研究作为熔煉过程基础的各个反应的热力学。在这方面作者採用了最新的物理化学資料，並尽量用最通俗的形式叙述这些材料。

由於缺乏必要的有关反应速度的数据，致未能叙述到鉄合金生产各反应的动力学特性。

与研究物理化学和过程的工艺特点的同时，書中也提到若干經濟和安全技術問題，並介紹了有关車間建設和鉄合金爐子的操作方面的知識。

本書主要为冶金高等学校的学生和鉄合金工厂的工程技術人員而編写，作者將感謝讀者与本書見面之后提出的各种意見和指示。

作者对編者斯大林獎金获得者E. M. 阿列克謝也夫工程师，原稿評閱人斯大林獎金获得者科学技术副博士B. A. 包戈柳博夫和C. И. 希特利克副教授在本書編写过程中所提出的宝贵指示表示感謝。

В. П. 依留金

Ю. А. 巴甫洛夫

В. Е. 列文

## 概 論

鉄合金熔煉可在高爐和電爐中進行，同時也可以不用外加熱能（金屬熱熔法）在特別的豎爐中進行。在冶煉過程中礦石中氧化物之還原用碳和金屬作還原劑。

世界上用電能和用金屬熱熔法還原金屬氧化物是俄國科學家所首先發現的。

1802年聖彼得堡外科醫學院物理學教授B.B.彼得羅夫（Василий Владимирович Петров）（1761—1834）首先發現電弧現象。

1803年出版的他所寫的書名為“關於物理學教授B.B.彼得羅夫在聖彼得堡外科醫學院用特別巨大的，有時由4200個銅片和鋅片組成的大型電池所作伏打——電流試驗的通報”<sup>①</sup>中敘述了他自己的發現和對電弧的各種經驗。

為了研究他的發現能否實際應用，B.B.彼得羅夫進行了借電弧用碳還原各種氧化物的試驗。他這樣地敘述這些經驗：“……我利用大型電池通伏打電流時放出之火焰進行了試驗，企圖把紅色的氧化鉛，氧化汞及淺灰色的氧化錫變成金屬；這些試驗的結果如下：上述氧化物與木炭末，油脂及植物油混和後，當這些可燃物燃燒時（有時有火焰），金屬氧化物變成真正的金屬”。

因此我們的同胞傑出的B.B.彼得羅夫在1802年首先實現了使用電能以炭使氧化物還原的過程。

---

① 通報原文見本書第8頁，譯文如下：

### 關 於

物理學教授瓦西里·彼得羅夫所進行的伏打-電流試驗的

### 通 報

用由4200個銅片和鋅片組成的大型電池在聖彼得堡外科醫學院進行。

# ИЗВѢСТІЕ

О

ГАЛЬВАНИ - ВОЛЬТОВСКИХЪ  
ОПЫТАХЪ,

которые производилъ

*Профессоръ Физики Василій Петровъ,*

посредствомъ огромной наипаче бат-  
терей, состоявшей некогда изъ 4200  
мѣдныхъ и цинковыхъ кружковъ, и на-  
ходящейся при Санкт - Петербургской  
Медико - Хирургической Академіи.

---

ВЪ САНКТ-ПЕТЕРБУРГѢ,

Въ Типографіи Государственной Ме-  
дицинской Коллегіи, 1803 года.

“我希望——彼得罗夫曾这样写道——文明和公正的物理学者們总有一天会为我的著作說句公正話，就是那些最后試驗的重要性”。

其它的俄国科学家們繼續了B. B. 彼得罗夫在电工方面的研究工作，他們用一系列的卓越發現丰富了科学和技术。

例如俄国科学家Э. X. 楞次 (1804—1865) 和Б. С. 雅科比 (1801—1874) 二位院士制訂了各种作为近代电工基础的原理，並在 1839 年建造了第一部电磁發动机。

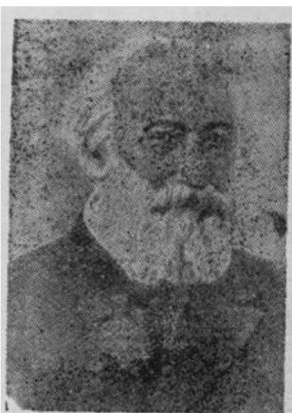
И. Ф. 烏薩金 (1855—1919) 於 1881 年發明了变压器給世界科学技术作出了極大的貢獻，因而使工業上电热設備的建立成为可能。

由於天才的俄国工 程 師 M. O. 多里沃-多布罗沃里斯基 (1862—1919) 在十九世紀的最后十年間創造了三相电 流 的 技 术，使远距离电能的傳送成为可能。

俄国科学家 H. H. 別克托夫 (1826—1911) 院士是在鉄合金生产中得到广大应用底金屬热还原法底創始人。他在物理化学这方面，主要在研究元素的化学亲和力上工作了一个很長的时间，在理論上論証了用金屬还原金屬氧化物的可能性。

H. H. 別克托夫用很多实验証明了自己的理論原理，在这些实验中用金屬鋁还原金屬氧化物的实验佔有重要地位。

在 1859 年發表的“論若干还原現象”这一著作中，他这样描述其中的一个实验“…我偶然想起用鋁还原氧化鋇，因为我相信由于鋁与氧的亲和力大，还原可以进行①。实验完全証明了我的見解。第一次試驗我得到了具有結晶断面的金屬小块，分析表明其中含鋇 24%。第二次試驗我得到了与上



H. H. 別克托夫院士  
(1826~1911)

① 此处原書为氧化鋁——譯者註。

次相似的合金，但合金含鋇 33%”。

这些实验証明：最大的俄国化学家 H. H. 別克托夫曾最先研究並实行了用金屬热还原氧化物的方法。

所以鉄合金制造方法的創始人照理說應該是俄国科学家——B. B. 彼得罗夫院士和 H. H. 別克托夫院士。

B. B. 彼得罗夫和 H. H. 別克托夫天才的發明超过了当时技术的发展水平很多年，並且成为發展电工和冶金推动力。

然而这些卓越的發明沒有为帝俄所利用。

掌握大量工業企業的外国資本家，有意保持革命以前的俄国技术的落后。

外国企業主不願將發展優質冶金的關鍵的鉄合金生产的秘密傳給我国。

革命以前的俄国鉄合金生产仅限于南方工厂在高爐中熔煉錳鉄、矽錳鉄和低矽成分的矽鉄及在烏拉尔工厂“波罗吉”冶煉数量很小的 45% 矽鉄。在鉄合金方面所有其余的需要則完全依靠从国外进口。

在斯大林几个五年計劃的期間已經开始向掌握先进冶金技术和自己生产的道路轉变，这是苏联冶金应走的道路。

斯大林同志在党的第十六次代表大会上提出工業方面的主要任务时說：“加速發展黑色冶金是首要的問題”<sup>①</sup>。

斯大林同志指出：“不进一步加速發展黑色冶金，就会使我們整个工業生产的命运受到威胁”<sup>②</sup>。

党和政府对作为近代技术基础的各种優質鋼和特殊鋼的生产組織予以極大注意。苏联優質鋼工業之建立开始于苏維埃时代，苏联的冶金家是特殊鋼新鋼种的創造者。

黑色冶金的發展与鉄合金使用的增加有密切的关系，沒有鉄合金，優質鋼和特殊鋼的生产是不可想象的。

在像鉄合金工業那样一个極重要的部門苏維埃国家不能再停

① 斯大林著“列宁主义問題”（Вопросы ленинизма）俄文 10 版 403 頁。

② 同上，368 頁。

留在依靠外国的地位。1927—1928年开始設計鉄合金工厂，而在1931年已經“在查略宾斯克工厂生产以前專靠外国輸入的鉄合金”<sup>①</sup>。在建立这个第一个斯大林五年計劃第一个工厂的时候，資本主义国家的公司曾拒絕供給任何技术情报或在拟定鉄合金生产工艺方面拒絕給予任何帮助。

苏联工程师只有独立的組織新的复杂的生产。

由於斯达汉諾夫工人，工程师与冶金研究所的科学家共同的忘我的工作，很快的掌握了含矽45%和75%的矽鉄和各种鉻鉄的生产工艺。

不久建立了制造錳鉄的“捷斯达丰恩斯基”工厂和制造矽鉄和鉻鉄的“亚波罗什”工厂。並很快的把它們投入了生产。

随着这些工厂的开工苏联国家便由从国外輸入鉄合金的依賴地位解放出来了。

在發展苏联鉄合金工業中苏联科学家們起了很大的作用。

在列宁格勒金屬研究所內在A.A.巴依可夫院士和M.C.馬克斯門科教授的领导下研究了錳鉄、鉻鉄和鈦鉄生产工艺。莫斯科斯大林鋼学院的科学家們積極地参加了錳鉄、鉻鉄、鉬鉄、鎢鉄、鈦鉄、鈮鉄和矽鉻鉄生产工艺的創立和掌握它的工作。格魯吉亞的科学家們在Г.Н.尼科拉茲教授的领导下掌握了錳鉄的生产工艺。

德涅布罗彼得罗夫冶金研究所的科学工作者們在鉄合金生产过程的研究方面作了很多工作。

由於这些研究工作的結果为鉄合金工厂的开工累积了經驗，因而使鉄合金生产易於开展。拥有高度技术装备水平的苏联鉄合金工厂在很短的时期內大大的超过了預計的生产能力並成为苏联先进企業部門之一。

鉄合金生产技术不断的改进。复杂的綜合脫氧剂——矽錳合金、矽鈣合金、矽鋁合金和含硼的合金等——新的生产部門也建

① 联共（布）決議案彙編第二卷503頁 1932年联共（布）中央全体會議關於黑色冶金決議案。

立起来了。

在联共（布）第十八次代表大会称为“特殊鋼五年計劃”的第三个斯大林五年計劃中，鉄合金生产的規模特別大。第十八次代表大会提出“優質压延金屬的产量增加一倍，並保証大量增加特殊鋼及硬質合金、不銹鋼、耐酸耐热鋼、工具鋼、精密儀器鋼、变压器鋼和鉄合金的生产”<sup>①</sup>。



M. O. 馬克斯門可教授  
(1872—1942)

适时的建立强大的冶金基地和巨大的冶金潛力是苏联在偉大的衛國戰爭中获得胜利的最重要条件之一。一切需要大量合金鋼的战争武器——軍艦、飞机、裝甲車、坦克、炮兵武器——完全为苏联鉄合金工業所保証了。

苏联冶金工業曾解决了許多最困难的技术問題，例如在高爐中熔煉鉻鋼，用貧矿煉錳鉄，不用熔剂煉鉻鉄的方法来大大提高冶煉設備生产率及其它許多为前線日益增加的需要所引起的問題。这些复杂冶金过程之掌握及各新工厂的开工大大地增加了苏联鉄合金的平衡。

在战后和平建設时期斯大林同志提出了一个历史任务：在最近三个五年計劃中每年鋼的产量要达到六千万吨。苏联鉄合金生产者必須保証我国空前未有的鋼量所需要的鉄合金数量。

苏联拥有足够的能保証鉄合金工厂需要的矿石儲藏量。

苏联鉄合金工厂是用为最熟練的工程师和工人所掌握的最新的技术裝备起来的。鉄合金企業的斯达汉諾夫工作者的人数在不断的增加。

苏联科学家与現厂工作者紧密地合作，不断地改进鉄合金生产的工艺过程。

① 联共（布）決議案彙編第二卷第 6 版 732 頁。

沒有國家的電氣化，電冶金的發展是不可能的。電能是各種生產首先是冶金生產的技術裝備的基礎。

在黑色冶金的发展方面，電氣化的作用不僅在於保證它的數量的增多。黑色冶金中最重要問題之一的解決——冶煉高級優質鋼及其所必須的鐵合金生產的發展——也與電氣化有密切的關係。

這樣一來就出現了為製造汽車、拖拉機、機床、工具、飛機和其它各種機器製造所必須具有的新的冶金工業部門——電冶金。

這個新的冶金工業部門，特別是鐵合金生產，需要大量的電能。假如熔煉一噸平爐鋼平均須消耗12—14千瓦·小時左右，那麼在電爐中熔煉一噸鐵合金需消耗4000—14000千瓦·小時。

這個需要大量能量的工業部門的發展與供給大量便宜電能的所有新水電站的建立有密切的關係。

蘇聯國家電氣化計劃是蘇聯人民建設社會主義並走向共產主義社會的偉大事業的第一步。

在斯維爾，沃爾霍夫，德涅伯的龐大水利工程建設是蘇聯能獲得新的大量能量的來源。

列寧斯大林黨號召廣大的勞動人民努力執行改造自然並利用一切自然力為人類謀福利的最偉大的任務。

斯大林同志教導我們：為了由社會主義過渡到共產主義，首先必需建立共產主義的物質基礎。過渡到共產主義須創造豐富的物質財富。

戰後諸年間的建設是蘇聯順利地向共產主義前進的標誌。按照建設的速度和規模，按照應用技術的水平，這就是共產主義時代的真正建設。

1950年依照斯大林同志的提議，蘇聯部長會議通過了關於在伏爾加河建造古比雪夫水電站，斯大林格勒水電站和在德涅伯河建造卡霍夫卡水電站以及修建主要的土庫曼，南烏克蘭，北克里木大運河的富有歷史意義的決議。

由下面的一些数字对这些在世界上無与伦比的建設規模可以得到一个明确的概念。

最初两个水电站的一般特征

|                                | 古比雪夫<br>水 电 站 | 斯大林格<br>勒水电站 | 总 計   |
|--------------------------------|---------------|--------------|-------|
| 預計电力, 千 仟瓦.....                | 2000          | 1700         | 3700  |
| 平均年發電量, 百万 仟瓦·小时.....          | 10000         | 10000        | 20000 |
| 發電量的分配, 百万 仟瓦·小时               |               |              |       |
| 分配給莫斯科.....                    | 6100          | 4000         | 10100 |
| 分配給中央黑土帶.....                  | —             | 1200         | 1200  |
| 分配給伏尔加河中下游流域.....              | 2400          | 2600         | 5200  |
| 分配給伏尔加河中下游流域的灌溉和<br>农業电气化..... | 1500          | 2000         | 3500  |

古比雪夫和斯大林格勒水电站不仅是最偉大的伏尔加电力系統的中心, 同时这些系統与中央黑土帶和中心系統相結合起来, 它們在实际上决定了苏联欧洲部分高压網的大部。

按新方式远距离輸送便宜电能, 解决了电冶金特别是鉄合金生产的發展問題。假如从前这些需用大量能量的生产被設計在大电站的附近, 則当 1000 公里以上的远距离电能的輸送問題在实际上已解决后, 在电冶工業面前展开了新的巨大远景。

# 第一章 化学热力学概要

## 1. 物理化学基本定律

在鉄合金生产中，在大多数場合下發生化学平衡或者系統的状态接近於平衡，所以为了分析这些反应过程，化学热力学的应用具有特別重要的意义。

最偉大的俄国科学家 M.B. 罗蒙諾索夫所發現的物質不灭和能量不灭定律为物理化学的基本定律。此定律之本質就是物質的形狀和状态可以变更，但不能創造物質或者毀灭物質。

所有一切物質都是由元素組成的，这些元素首先由俄国化学家 Л.И. 門德列夫整理成有系統の週期表。

物質以各种聚集状态存在：气态、液态和固态。气态为物質存在最簡單的形态。在足够高的溫度和足够低的压力下，如气体分子本身的体积与所佔容器体积比較，可以忽略，而且分子相互作用的能量与它的动能比較亦可以忽略时，任何气体都遵守理想气体定律。

理想气体的压力、体积和溫度三者間的关系可用下一方程式表示：

$$PV = nRT,$$

此处  $n$ —气体克分子数， $R$ —气体常数，用 1 克分子气体在常压下，溫度升高 1 度时所作的功来表示。

$$R = 82.1 \frac{\text{大气压} \cdot \text{厘米}^3}{^\circ\text{K}} = 0.08206 \frac{\text{立升} \cdot \text{大气压}}{\text{克分子}^\circ\text{C}} \\ = 1.9366 \text{ 卡}/^\circ\text{K}.$$

液体比气体密实，但壓縮性比气体小，这是液体的特性。

如果液体的蒸汽压达到等於大气压力时，液体就沸騰。

液体表面上蒸汽压力和絕對溫度的关系可近似地用下一方程式来表示：

$$\lg P = \frac{-\Delta H}{4.574T} + B,$$

式中  $\Delta H$ ——一克分子液体的汽化热；

$T$ ——绝对温度；

$B$ ——常数，与测量单位和物性有关。

液体抗拒流动的能力决定於黏度。

黏度的绝对单位称为泊(пяз)(单位是克·厘米<sup>-1</sup>·秒<sup>-1</sup>)。

黏度的倒数称为流动性。

若干液体的黏度的近似值列於表 1。

CaO—SiO<sub>2</sub>—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系在 1500° 时各个不同成分熔渣的黏度可以根据圖解 1 来决定。圖中每一条線代表以泊数表示的粘度相同的熔渣。

固体之不同於液体在於固体能保持自己的形狀。

表 1

若干液体的粘度

| 液 体       | 溫 度, °C | 黏 度, 泊   |
|-----------|---------|----------|
| 水.....    | 25      | 0.0089   |
| 鋼.....    | 1595    | 0.025    |
| 液体生鉄..... | 1425    | 0.015    |
| 稀薄熔渣..... | 1595    | 0.02     |
| 中等熔渣..... | 1595    | 0.20     |
| 稠熔渣.....  | 1595    | 2 或者高於 2 |

固体的原子按結晶格子以严格一定的次序排列，这种排列是每种物質的特点。

物質的性質隨結晶格子中原子排列之不同而变化。如果知道原子相互排列定律，可以預先决定物質的很多物理性質。

固体常常可以成若干种晶形存在；这种現象称为多晶現象。

元素的同素異形現象，就是元素有以若干种不同形狀存在的能力，通常归納为多晶現象。