

# 铁合金冶炼设备

P. 杜列尔 Г. 佛尔柯特 著

徐作霖 关克强 合译

冶金工业出版社

Р.ДУРРЕР, Г.ФОЛЬКЕРТ  
Металлургия Ферросплавов  
Металлургиздат (Москва, 1956)

**鉄合金冶煉設備**

徐作霖 关克强 合譯

編輯：杜华云 設計：魯芝芳、曹普勃 校對：吳研

——\*——

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 092 号

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店发行

——\*——

1959 年 6 月第一版

1959 年 6 月 北京第一次印刷

印数 3,010 册

開本 850×1168·1/32·14<sup>1</sup>/<sub>2</sub> 頁·附序

——\*——

統一書号 15062·1607 定价 0.

## 出版者的話

本書系譯自蘇聯冶金出版社出版的“Металлургия ферросплавов”一書中的第一部分。書中概述了現有的鐵合金生產方法，闡述了鐵合金電爐的電氣設備，機械設備及各種電極。

本書可供鐵合金冶煉工程技術人員在實際操作中作參考之用。此書由黑色冶金設計總院專家工作室徐作霖、關克強兩同志譯出。

# 目 录

俄譯者的話	1
序	5
緒論	6
1. 鉄合金的定义及用途	6
2. 鉄合金生产发展的沿革	7

## 第一篇 鉄合金冶煉概論

第一章 生产方法	10
第一节 高爐冶煉法	10
第二节 电热法	13
1. 連續冶煉法	13
2. 非連續冶煉法	18
3. 凝块冶煉法	22
第三节 电硅热法	23
第四节 金屬热法	30
第五节 原材料	40
第二章 电 爐	43
第一节 电气部分	43
1. 电弧爐內能量的轉变	43
2. 爐用变压器	44
3. 爐子电路內的电力关系	72
4. 电爐的強力导綫装置	80
5. “減弱”相和“增强”相	94
6. 电极的調整	96
7. 配电設備	110
第二节 机械部分	113
1. 緒言	113

2. 固定式鉄合金冶炼爐.....	114
3. 特种类型的冶炼爐.....	140
4. 爐气的净化和爐尘的回收.....	152
5. 保护措施.....	157
第三节 电 极.....	159
1. 碳素电极.....	159
2. 石墨电极.....	164
3. 打結电极.....	166
参考文献.....	179

## 俄譯者的話

教授杜列尔博士和哲学博士 佛尔 柯特合著的《鉄合金冶炼学》是一部集体著作。参加本書写作的共有十六位作者。各章的作者为：

I. 鉄合金冶炼概論：教授 E. 石瓦尔茨·别尔格康卜博士（列奥本），哲学博士 Г. 佛尔柯特（左林根），教授 P. 杜列尔博士（苏黎世），工程师 B. 道干别尔格（汗堡——維尔格尔蒙堡）。

II. 爐子部分：1. 规范化：教授 E. 石瓦尔茨·丰·别尔格康卜博士。2. 电气部分：学位工程师 A. 德黎列尔（麦恩河上法兰克福）。3. 机械部分：学位工程师 B. 瓦利克（柏林—西門士州）。

III. 电极：瓦立特尔·馬列特（奥格士堡附近的迈廷根），瓦立特尔·福列汗博士（紐伦堡）。

IV. 各种鉄合金的冶炼：1. 鉻鉄——学位工程师 K. 欽特琴盖尔（維特拉也尔），哲学博士 Г. 佛尔柯特，工程师 B. 道干别尔格博士。2. 鈷鉄——学位工程师 B. 希尔格尔司（内一意贊堡）。3. 錳鉄及錳的合金——学位工程师 K. 欽特琴盖尔，Ф. B. 安得列亚（查塔努加——美国），II. 捷尔尼茨（卡尔斯卢厄），哲学博士 Г. 佛尔柯特，工程师 B. 道干别尔格博士。4. 鉬鉄——哲学博士 Г. 佛尔柯特。5. 鎳鉄——Г. 菲欧列博士（意大利巴皮紐）。6. 磷鉄——工程师沃特奇凱博士（汗諾威）。7. 硅鉄——学位工程师 K. 欽特琴盖尔，哲学博士 Г. 佛里柯尔特。8. 鈮鉄及鈮鉄——工程师 O. 列司涅尔博士（内一意贊堡）。9. 鈇鉄——哲学博士 Г. 佛尔柯特，工程师 B. 道干别尔格博士。10. 鈇鉄——O. 斯迈达那（特莱巴哈）。11. 錳鉄——哲学博士 Г. 佛尔柯特。12. 硅鈷合金——哲学博士 Г. 佛尔柯特。

V. 前景：P. 杜列尔博士。

本書出版于1953年，它包括了德国现代鉄合金生产情况的材料。本書的个别部分闡述了苏联鉄合金工作者所不甚了解的問題。

作者們对冶炼的經濟方面的意見特別值得注意。虽然这些意見提得不多，而且通常是不系統的，沒有写成独立的章节，但它們仍旧在选择爐料、生产方法、生产設備及产品种类方面，給讀者指出了正确的途径。

[电气部分]一节写得十分詳尽。其中叙述了鉄合金冶炼爐电气設備的資料，各种結構决定的意見，此外，还引述了操作方面的数据。对冶炼爐电气部分个别原理的独创的解释是有一定价值的。

在[机械部分]一节內，詳細地闡述了几种主要的爐子結構和机械設備：描述了封口式和旋轉式电爐、除尘及爐气淨化装置等等。

在各种鉄合金生产中，介紹了錳鉄、磷鉄及高爐鉄合金的生产。叙述了生产鋁鉄、鈮鉄及鈦鉄的金属热法及电热法。在有关鉻鉄的一节內，作者试图給各种鉻矿的性能做一新的鑑定，并将矿石加以分类。撰写关于錳鉄一节的作者提供了一些去除杂質的方法。在个别的章节內，对生产进程提出了具体意見。本書附有大量寶貴的外国的鉄合金生产参考書目。

这本书也有它的缺点。著作者在前言中所提出的顧慮，也就是本書由不同的作者参加撰写，不能具有統一的风格，大体屬实。材料的安排，闡述的性質，各章节所談問題的深度，以及应用的术语等等都远沒有达到統一的地步。

此外，在內容方面也存在着一些缺点。首先應該指出的，是許多种生产缺乏精确的数据。作者自己也承認这一点。不难看出，某些作者若非受其所在公司的約束，就是得不到具体材料。

許多地方列举的生产結果只是小功率电爐的試煉数据。对电爐結構的描述也欠詳細。例如，作者所建議的封口式电爐的水

封，就根本未加以闡明。对现有的电极夹持設備，特别是带支柱的电爐上面的电极夹持設備，也未做十分詳尽的論述。然而却講到了旧式米格式爐子，充填电极中部的老方法，以及現在已經不再使用的導綫。而关于米格式电爐上的透爐器却絲毫沒有談到。

〔电弧爐规范化〕一节的意图，是很有意思的，但叙述得不够系統。这一节里所引用的公式的用途及出处都不够清楚。要想根据这一节掌握电爐設計基本規程和理論，是困难的。显然，确定鉄合金电爐电气及結構参数的問題，也是极不能令人滿意的。作者建議通过规范化来选择电爐参数的方法，将得到与实践相矛盾的結果。考虑到这一点，同时，苏联文献对这方面的問題闡述得更較全面，所以这一节完全由譯本中刪掉了。

这本書的根本缺点是有关去除杂质方面的材料，极其有限。甚至关于磷、硫这种杂质也談得远不能令人滿意。主要元素的回收率闡述得不确切，甚至屡屡表面地用〔金屬回收率〕代之。关于快速分析及合金錠的偏析，未加任何說明，而关于成品質量检查的組織工作，也未做全面地叙述。

关于氮化鉻鉄、硼鉄、硅鋁合金，以及以硼或鋁为基体的其他合金的生产，書內也未做闡明。

为了避免早为苏联讀者所熟知的材料徒然占据篇幅，在譯本內刪除了以下部分：

1. 刪去以下各节：

(1) 〔鉄合金生产方法的物理化学原理〕。这一节包括插图在內总共不过兩頁。这一問題在苏联的文献中叙述得已很詳細。

(2) 〔前景〕。这一节尚不到一頁。其要点不外是关于使用氧气鼓风的还原电爐的問題。现已将基本观点安排在第一篇第一章第一节中。

2. (1) 有些原料苏联并不采用，故有关用这种原料所生产的合金的章节已經刪去，或大加壓縮(如第二篇第六节〔鈳鉄〕)。

(2) 从第二篇第十二节〔鈷鉄〕中，刪去了关于生产煉



制金屬鈷所需要的電解液及其他種半成品的敘述。

(3) 從第一篇第二章第一節第六條「電極的調節」中，刪去了有關電動調節器的敘述。因為這一問題在蘇聯文獻中已闡述得十分清楚。

3. 從所有各節內刪去：

- (1) 該種鐵合金用途的說明；
- (2) 僅有歷史價值的有關專利權的敘述；
- (3) 有關早期生產的歷史參考材料的大部分；
- (4) 成本資料如不是與有關文字部分在一起或沒有詳細的比較分析者，已予以刪去。此外，鐵合金的不可比較的價格亦已刪掉。

4. 為了尽可能減少重複和材料安排比較一致（在譯文無損原書內容的條件下）起見，縮減了部分文字，在許多章節內大加調整，而有些節的次序也有所變更。

例如，錳礦的敘述即分散在三節內，譯本已將其集中在一節內。第一篇的第一、二節已經縮減，並統一安插在緒論中。

5. 刪去了某些插圖，縮減、簡化，修改或綜合了個別的附表，由文獻目錄中刪除了有關專利權的材料、某些雜誌上的論文及其他部分文獻。

E. M. 阿列克謝也夫提議翻譯這本書，並在翻譯過程中提供了寶貴的意見，C. A. 莫爾古列夫校閱了譯本的第一篇第二章第一節，並給這一節做了必要的注解，B. П. 達拉蒂諾夫在譯本的裝幀上給了重大幫助，並在翻譯過程中提供了一些建議和參考意見，譯者在此僅向以上諸位表示深切的謝意。

1955年7月2日 A. 謝爾蓋也夫

## 序

撰写现在这样一本关于近代鉄合金冶炼的书，已不会有人怀疑它的必要性了。因此，什卜林格尔出版社，虽然有些顾虑，但终于和我们取得了一致的意见，认为出版这本书是适宜的。他们所顾虑的是鉄合金的生产范围很广，一位作者不可能写得全面。迫不得已，我们另外邀请了几位作者参加这部书的写作，当然，这可能给书带来一些缺点。本书的各节是由不同的作者写成的，因此整个著作无法求得统一的风格。我们完全承认这一点，但求这一缺点不致过于影响书的价值。

目前，邀请优秀专家来参加著作，实非易事。然而，他们终究还同意了我们的邀请，因此，我们应向他们特别致谢，以冀今后还有机会和他们合作。有几家鉄合金工厂，给他们的工程师参加本书的写作提供了便利条件，此外，出版社在许多方面也给我们提出了宝贵的建议和意见，我们在此一併表示感谢。

本书不仅应尽可能全面地介绍鉄合金生产的知识和经验，而且也应指出这一部门中的空白点及其进一步的研究方向。希望本书在这方面也能起到推动作用。我们将以万分的谢意接受一切有助于改进本书新版的建议。

这本书即将出版问世。我们由衷地预祝它前途顺利，并坚信它能在实践中承担和完成自己的任务。

一九五二年夏于苏黎士及卡尔斯卢埃

P. 杜列尔, Г. 佛尔柯特

## 緒 論

### 1. 鉄合金的定义及用途

某些元素与鉄組成的用于鋼的脱氧或合金化的合金，称为鉄合金。就生产方法与用途而言，鉄合金还包括含鉄极低的合金金屬：錳、鉻、鈳以及結晶硅。

鉄合金内含鉄可使鉄合金便于生产和使用。炼制鉄合金时，可使用預先未經任何化学处理的相应的含鉄金屬的矿石。鉄能降低含难熔金屬的合金的熔点，这不仅有助于这种鉄合金的生产，而且能在炼鋼时使鉄合金在鋼水中易于熔化。

鉄合金的基本用途是改善鋼的质量，改善的方式有：鉄合金的主要元素对鋼的脱氧作用；主要元素和鋼中鉄的化合（此时，鋼的許多性能将随着我們的要求而改变）；合金的主要元素与鋼内杂质的化合（此时，杂质将失去有害作用）。某些鉄合金既是脱氧剂同时又是合金元素。这种鉄合金对鋼的改善作用，即使在用量很少的情况下，通常也能表现出来。

现在，鉄合金及工业用合金化金屬，不仅用于炼鋼生产，而且还用于有色金屬合金的生产及化学工业。

鋼水脱氧所必需的元素，其与氧的亲合力必須大于鉄，并应能与氧呈化合状态由鋼水中析出。根据鋼水脱氧时与氧的亲合力的强弱，脱氧元素可排列成如下的順序：Cr, Mn, C, Si, V, Ti, B, Al, Zr。每一元素在降低鋼水中含氧量方面的作用，都要大于其前面的一种元素。

鉄合金中各主要元素的合金化作用，是多种多样的。主要元素既可以与鋼的金屬基体相化合，也可以和鋼中游离碳化物相化合。在与碳化物化合时，主要元素对碳在鋼内的分布，鋼的硬度以及碳化物的稳定性都有影响。与鋼的金屬基体相化合的元素，

能扩大  $\alpha$  相或  $\gamma$  相稳定性的温度范围。

个别的铁合金不仅能改变和改善钢的机械性能，而且还能改变和改善其物理性能和化学性能。

利用某些铁合金和工业用合金化金属，可以降低硫及其他元素对钢的有害作用。

## 2. 铁合金生产发展的沿革

铁合金的工业生产可以说是始于十九世纪六十年代。当时曾根据需要，将铬矿或锰矿与煤和熔剂装在石墨坩埚内进行了熔炼。炼得的合金，除少数之外，质量均不能满足要求，其主要原因是由于合金的难熔性很高，以致不能炼制成熔化得很好的整块合金。在改炼低含量的合金之后，这个问题已解决了一部分。例如，炼出了含铬 25% 的铬铁。

冶金工业的迅速发展，要求增加铁合金的产量。使用高炉炼制锰铁已获得了很大的成就。

然而，在高炉内得不到炼制其他种合金所必需的温度。

发电机工业规模生产的掌握、电气设备工业的全面发展，以及电弧炉的发明，在铁合金的生产及其产量的提高方面，引起了决定性的转变。

随着工业规模电冶炼的出现，某些元素的难熔性及其氧化物的不易还原性，已再不能阻碍铁合金的生产了。

最初，电弧炉只是用于生产碳化钙（电石）。在这一过程中，对电冶炼的许多结构方面、电气方面和冶炼方面的问题进行了研究。生产碳化钙所获得的经验，被用在铁合金的生产中。于是用电炉炼制铁合金的生产便开始迅速地发展。

在电炉内炼制铁合金的初期，仅用焦炭或木炭来还原相应的矿石。然而，炉内的冶炼过程却只是矿石还原过程。采用此种方法时，铁合金内碳化物和碳的含量很高。这在很大程度上限制了铁合金在冶金工业中的应用。

由于冶金工业需要低碳铁合金，曾试图降低所炼制铁合金中

的含碳量。有些合金曾經用精煉的方法脫除了其中的碳素。在碳磚爐襯的爐子內，利用三氧化錫含量很高的渣子精煉錫鐵時，已能將錫鐵內的含碳量降低到0.8~1%。但是，由於錫鐵的流動性較差，所以貼近爐牆的那一層錫鐵含碳量仍然很高。

流動性較大的合金不易精煉。因此不能使用碳磚爐襯，而必須採用鎂磚襯體，或與所精煉的合金種類相同的金屬礦石製成的襯體。精煉碳素鉻鐵要費很大的力量，而且這種合金的含碳量仍不能降低到1%。錳鐵則根本不能精煉。

由於用戶的要求，很嚴格，早在第一次世界大戰時期，就已經開始大力發展結構鋼和不銹鋼的生產，這種趨勢推動着人們去探求新的鐵合金生產方法。新方法的主要目的，是煉制含碳量儘可能低的合金。

1910年，郭里德什米特研究出了用金屬鋁熱法，用這種方法可以煉出某些含碳量極低的鐵合金，還能煉制含鐵很低的鉻、錳及其他金屬。用這種方法所煉得的合金和金屬的成本都很高。只有在生產純鉻、純錳、鉍鐵等優質貴重產品時，這種方法在經濟上才是合理的。用鋁熱法煉得的合金，其價值貴的主要原因，是所用的鋁價格高昂。鋁熱法的發明，並未能解決煉制低碳錳鐵、鉻鐵及其他合金的問題，因而也未能顯著地縮減電熱法生產。

繼續在電爐內試煉低碳鐵合金的結果，得出了下列結論。為了避免繁雜的而且並非在所有情況下都能完成的碳素合金的脫碳反應，必須用某種其他的還原劑還原礦石，以代替粗制合金內的碳。在這方面經過多次失敗的嘗試之後，又改用硅或硅鐵來還原礦石。這種方法得到了良好的結果，直到目前，大多數的低碳合金都是用此種方法來煉制。這種方法的細節和方案將在本書的有關章節內敘述。這裡只談兩種最新的生產低碳合金的方法。

(1) 別廉曾提出利用硅還原劑在強力機械攪動富渣液和液態還原劑的條件下，還原主要金屬的氧化物。這種攪動可以加速反應的進行，和提高主要元素的回收率。

(2) 亚历山大·瓦凯尔公司提出了在原则上是一种新的炼制低碳铬铁的方法。在特殊的真空转炉内，往液态碳素合金表面上吹送氧气进行脱碳。在这种情况下可以得到含碳量低于0.04%的合金。目前还不能肯定这种方法在工业上是否适用。

## 第一篇 鉄合金冶煉概論

### 第一章 生产方法

在多种过去曾經試驗过或已应用到工业中的鉄合金生产方法中，目前最常用的有下面四种原理相同冶煉过程有些差别的冶煉法，即高爐冶煉法，电热法，电硅热法和金屬热法。

下面叙述的就是这四种生产方法。

#### 第一節 高爐冶煉法

还原生产鉄合金用的二氧化硅、鉻矿和其他矿石所需要的温度，比还原鉄矿需要的温度要高得多。要想在高爐中滿足这种要求是有一定限制的。

焦炭与鼓风中的氧燃烧产生的高爐煤气，大約由三分之一的一氧化碳和三分之二的氮組成。这种气体上升时，会从爐缸中将大量的热带走。因此，高爐爐缸中的温度必然要大大地下降。为了提高爐缸的温度，可以往爐中多加进些焦炭。然而，这样一来势必会增高每吨产品的煤气发生量，因而爐缸中的热量損失也就会增多。此外，下降的爐料吸收不了全部增多的热量，而使煤气将大量的热带到爐頂上面，甚至会使爐頂的温度升高到500°C。这个温度已是最高限度，超过这个温度就很难保証爐頂設備完整无恙地进行工作。

高爐反应带的温度比电爐内的温度低很多，所以，往高爐爐料中加鉻矿会使下料发生困难。鉻鉄矿中的脉石会組成极稠的爐渣，因为在此脉石中常常含有氧化鎂（苦土）、三氧化二鋁和二氧化硅。高爐中还原氧化鉄时能进行得很順利的阶梯式还原

过程，在还原氧化铬时就需要高得多的温度。因此冶炼铬铁时，高炉冶炼行程有时特别不能令人满意。为了从高炉中取出难熔铬铁，甚至有过把高炉炉缸设计成可以移动的意图。

上面举出的这个例子完全可以说明，在高炉中冶炼铁合金是多么困难。在高炉中冶炼的铁合金，其品种仅限于那些无须在特别高的温度下就可以冶炼的几种合金。

还应当补充一点，那就是高炉炼出的铁合金中通常都含有大量的碳。

由于存在着上面谈到的那些原因，所以绝大部分铁合金都无法在高炉中进行生产或推广仅碳素锰铁和几种低硅铁可以在高炉中冶炼。

炉缸中的热被带走的多寡，主要决定于炉子风口处产生煤气的数量。若能减少煤气的数量，就能够降低热量的损失。电冶炼则完全不用鼓风，并且被炉中产生的气体所带走的热量也大约仅为高炉中损失的热量的六分之一。要把这样少的热传递给炉料，炉身不用太高就行了。所以，拥有大量价格低廉的水力电能的国家和地区，都开始着手建筑低身矿石还原电炉来代替炉身很高的高炉了。为了产生热而加进高炉中的那部分焦炭，在低身矿石还原电炉中均用电能代替。

因为在低身矿石还原电炉的炉缸中有可能得到很高的温度，所以这种炉子已开始被用来冶炼铁合金了。鉴于绝大部分铁合金一般均不适于在高炉中冶炼，所以低身矿石还原电炉甚至在无法得到水电站廉价的电能而必须使用热电站电能工作的情况下，也开始被用来冶炼铁合金。

低身矿石还原电炉对炉料质量的要求，并不像高炉要求的那样严格。譬如，高炉需要用抗压强度、耐磨强度和冲击强度很高的焦炭，而低身矿石还原电炉却可以使用价廉的炭素还原剂，如：褐煤、泥煤等。透气性较差的炉料亦可在低身矿石还原电炉中进行冶炼，因为炉中产生的气体数量和料柱的高度都要比高炉小得多。



低身矿石还原电爐可以筑成封閉式的，以便回收和利用貴重的爐頂煤气。

除了上面談到的两种冶金爐——鼓进大量空气的高爐和完全不用鼓风的低身矿石还原电爐而外，还有一种吹氧低身冶炼爐。由于这种爐子使用的是富氧鼓风或純氧鼓风，所以带进爐中的惰性气体特別少。吹氧低身冶炼爐产生的煤气总量比高爐少，因此，爐缸中的热損失也相应的会减少。

与电爐相比，这种爐子能在更大程度上供給冶炼不同合金所必需的溫度<sup>①</sup>。此外，由于操作时不使用电极，所以爐頂上也就需要留設电极孔。因此，这种爐子的結構易于密閉和便于回收及利用爐頂煤气。除此而外，这种爐子和低身矿石还原电爐一样，对爐料质量方面的要求也不是那样的严格。

只有不能直接使用焦炭炼制规定的合金，而必需用焦炭获得电能来冶炼时，使用低身电爐才是合理的。

使用吹氧低身冶炼爐生产鉄合金时，可以直接使用焦炭或其他碳素燃料。因此，现在还应当繼續掌握以工业规模在吹氧低身冶炼爐中冶炼鉄合金的生产工艺。

可以肯定，新的鉄合金生产方法会在不久的将来，因电热法一样得到应用，从而在某些情况下代替电热法。应当把吹氧低身冶炼爐看作是一种未来的鉄合金冶炼爐<sup>②</sup>。

---

① 对这种說法很怀疑——原編者注。

② 所有这些說法都沒有考虑到低身冶炼爐冶炼出来的合金質量低劣的一方面，同时也沒有考虑到，若有廉价的电能时，就是低硅鉄和低錳鉄在电爐中冶炼也是經濟的这一点——原編者注。