

高等学校教学用书

生鉄冶金学

上册

И. И. 克拉薩夫采夫著

高等教育出版社

高等学校教学用书



生 鐵 冶 金 学

上 册

Н. И. 克拉薩夫采夫著
北京鋼鐵學院冶金系煉鐵教研組譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



生 鐵 冶 金 學

下 冊

И. И. 克拉薩夫采夫著
北京鋼鐵學院冶金系煉鐵教研組譯

高 等 教 育 出 版 社

本書系根据苏联黑色及有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的克拉薩夫采夫 (Н. И. Красавцев) 著“生鉄冶金学”(Металлургия чугуна) 1952 年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为冶金学院教学参考書。

本書中譯本分上下兩册出版。

参加本書翻譯及校对工作的为北京鋼鐵学院冶金系煉鉄教研組林宗彩、陳大受、秦民生、周世偉、晏偉、曹厚麟、楊永宜、陶少傑。林宗彩为总校訂。

生 鉄 冶 金 学

上 册

Н. И. 克拉薩夫采夫著

北京鋼鐵学院冶金系煉鉄教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号
(北京市書刊出版業營業許可證出字第054号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·153 开本 850×1168 1/32 印張 1014/16
字數 279,000 印數 7,501—17,500 定价 (10) 1.60
1956 年 7 月新 1 版 1958 年 11 月上海第 5 次印刷

本書系根据苏联國立黑色与有色金屬冶煉科技書籍出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по цветной металлургии)出版的克拉薩夫采夫(Н. И. Красавцев)所著“生鉄冶金学”(Металлургия чугуна)1952年版譯出。原書經苏联高等教育部審定为冶金学院教学参考書。

本書中譯本分上下兩册出版。

参加本書下册翻譯工作的为北京鋼鐵学院冶金系煉鉄教研組林宗彩、陈大受、秦尼生、周世偉、晏偉、曹厚麟、楊永宜及陶少傑,由林宗彩和陶少傑負責总校訂。

生 鉄 冶 金 学

下 册

Н. И. 克拉薩夫采夫著

北京鋼鐵学院冶金系煉鉄教研組譯

高等教育出版社出版 北京宣武門內承恩寺7号

(北京市書刊出版业营业許可證出字第054号)

商务印书館上海厂印刷 新华书店发行

統一書号 15010·319 开本 850×1168 1/32 印張 9 4/16

字數 192,000 印數 10,501—20,500 定价(10) 1.19

1954年9月第1版 1958年11月上海第6次印刷

序

本書闡明了高爐熔煉理論，技術過程，高爐結構及主要輔助設備諸問題。

本書由概論及六篇(部份)組成。

概論包括高爐生產發展簡史的概述，在若干主要國家中熔煉生鐵的一些統計資料，並且在概論中還簡略的討論了高爐生產的一些主要問題。

第一篇指出高爐熔煉的燃料、鐵礦、錳礦及熔劑的特性。敘述了對於高爐熔煉鐵礦石的準備方法。本篇特別注意鐵礦石的燒結和鐵礦石化學成分的中和。

第二篇敘述高爐熔煉的基本理論，並特別注意還原過程，爐料和氣體的分佈。

第三篇從利用產品的觀點提出高爐熔煉產品的簡要特性。

第四篇提出高爐及主要輔屬設備的構造。

第五篇簡略的敘述開爐，在操作的高爐的管理方法，爐缸的作業，高爐行程的故障，停爐及修爐；比較詳細地研討高爐技術經濟指標的問題；提出高爐操作的指標。

本書最後敘述高爐以外的從礦石製造生鐵的方法。這一部份著作是第一次在教科書上出現，其中包括由礦石製造生鐵或金屬半製品的各種方法的最近狀況的概述，以及電爐製造生鐵方法的概述。由於在生鐵冶煉方面的現有一般課程的教學大綱中，尚沒有加入這一部份著作，所以用六號字印出。除此以外，尚用六號字印出另外許多資料，但在一般課程中，不必學習這些資料，所有計算都用六號字印出。

著者在其寫作過程中已經採用關於高爐生產及生鐵冶金方面可供應用的文獻。

在寫本書時，巴甫洛夫(М. А. Павлов)院士的生鐵冶金學的經典著作，對著者有特別重要的價值，成為本書資料的來源。

除此，在寫成此書時，著者應當感謝巴甫洛夫的合作與援助。著者獲得這一援助，衷心感激巴甫洛夫院士。

著者對本書編輯科學技術博士劉巴(А. П. Любан)教授協助改善本書的許多寶貴意見，表示深切感謝，並且對賽米克(И. П. Семик)副教授，涅克拉索甫(З. И. Некрасов)副教授，科學技術博士高脫立普(А. Д. Тотлиб)教授，科學技術博士包赫維思涅甫(А. Н. Похвиснев)教授也表示深切感謝。

著者認為也必須提一下冶金出版社的教科書工作人員在工作過程中給著者的合作及幫助。

上 冊 目 錄

序

概論	1
----------	---

第一篇 高爐熔煉的原料及其準備	14
-----------------------	----

第一章 燃料	14
--------------	----

1. 木炭	14
-------------	----

2. 焦炭	19
-------------	----

a. 煉焦用煤的準備	19
------------------	----

b. 焦炭的品質	20
----------------	----

z. 各主要冶金工廠區域的焦炭的特性	26
--------------------------	----

3. 高爐熔煉用的其他種類的燃料	28
------------------------	----

第二章 鐵礦，錳礦和複合礦石；礦石代用品；熔劑	29
-------------------------------	----

1. 鐵礦石。一般特徵	29
-------------------	----

a. 最重要的含鐵礦物	29
-------------------	----

b. 含鐵礦物的自然狀態	32
--------------------	----

B. 各個成分的脈石的作用	32
---------------------	----

r. 鐵礦石的有益和有害雜質	33
----------------------	----

2. 蘇聯最主要的鐵礦床	33
--------------------	----

a. 蘇聯南部的鐵石	33
------------------	----

b. 蘇聯中部的鐵石	39
------------------	----

B. 烏拉爾和西伯利亞鐵石	40
---------------------	----

3. 各資本主義國家最主要鐵礦床的特點[12]	46
-------------------------------	----

a. 美國的鐵床	46
----------------	----

b. 加拿大的鐵床	47
-----------------	----

B. 古巴的鐵床	47
----------------	----

r. 巴西的鐵床	47
----------------	----

A. 委內瑞拉的鐵床	47
------------------	----

e. 英國的鑛床.....	48
ж. 瑞典的鑛床.....	48
B. 法國的鑛床.....	49
H. 西德的鑛床.....	49
K. 西班牙的鑛床.....	50
N. 印度的鑛床.....	50
4. 錳礦石.....	50
a. 形成錳礦的礦物.....	50
6. 最主要的錳鑛床[1]	52
5. 複合礦石.....	55
a. 錳鐵礦.....	55
6. 鉻鐵礦.....	55
B. 鎳鉻鐵礦.....	55
Г. 鈦鐵礦(鈦磁鐵礦).....	56
6. 礦石代用品.....	56
a. 馬丁爐爐渣.....	57
6. 均熱爐爐渣.....	57
B. 高爐錳渣.....	57
Г. 軋鋼屑.....	58
Д. 高爐爐塵.....	58
e. 黃鐵礦的殘灰.....	58
ж. 附加的金屬.....	58
7. 熔劑.....	58
第三章 高爐熔煉鑛石的準備.....	61
1. 鑛石的破碎和按塊率分級(篩分).....	61
2. 焙燒.....	65
3. 鐵礦的精選.....	67
a. 洗滌.....	68
6. 重力選礦的方法.....	71
B. 電磁精選.....	80

Г. 浮選	87
4. 鐵礦的結塊	87
а. 團鐵	88
б. 燒結	89
5. 中和鐵礦石的化學成分	111

第二篇 高爐熔煉理論 121

第一章 下降爐料的物理狀態與化學成分的變化 124

1. 爐料的分解和揮發物的去除	124
а. 蒸發水份和分解水化物	124
б. 去除燃料中的揮發物和燃料的乾餾	126
в. 碳酸鹽的分解	126
2. 還原	130
а. 還原基本理論	130
б. 關於氧化鐵還原速度的試驗室研究的數據	150
в. 從矽酸化合物還原鐵	161
Г. 直接還原與間接還原的比較	164
Д. 關於氧化鐵在高爐內還原過程的實驗數據	171
е. 除鐵以外的其他轉入生鐵中的元素的還原	176
3. 鐵與渣的形成	185
а. 增炭	185
б. 轉入生鐵中的矽, 錳, 磷和硫	190
в. 渣的形成	190
Г. 生鐵的去硫	205
Д. 爐料計算	214
4. 在高爐爐缸中的燃燒反應	226
а. 燃燒帶	226
б. 在風嘴附近已還原了的元素的氧化	238
в. 熱風	242
Г. 富氧鼓風	244

A. 乾燥鼓風和固定濕度鼓風.....	246
第二章 煤氣的溫度, 壓力和化學成份的變化.....	249
1. 煉鐵爐內的溫度.....	249
a. 煤氣溫度.....	249
b. 鐵水和爐渣的溫度.....	254
2. 煤氣的壓力.....	255
a. 在半徑和高度上煤氣壓力的變化.....	255
b. 高壓煤氣.....	259
B. 煤氣成份.....	263
第三章 煉鐵爐內料柱和煤氣的移動, 爐料的分佈, 煤氣和爐料間熱的互換.....	283
1. 爐料和煤氣的移動.....	283
2. 原料在爐喉的分佈.....	292
a. 料柱表面.....	293
b. 裝料設備.....	296
B. 決定原料在爐喉分佈的因素.....	298
3. 爐料與氣體之間的熱交換.....	306
第四章 熱平衡及原料平衡.....	308
1. 熱量的進項.....	309
a. 碳的燃燒.....	309
b. 熱風.....	310
B. 放熱反應.....	310
r. 爐料帶進的熱量.....	310
2. 熱量在各別出項中的分配.....	311
a. 分解氧化物.....	311
b. 蒸發水分.....	312
B. 分解碳酸鹽.....	312
r. 分解水蒸汽.....	313
A. 生鐵帶走的熱量.....	313

e. 爐渣帶走的熱量.....	313
ж. 爐頂煤氣帶走的熱量.....	314
В. 冷却水帶走的熱量.....	314
В. 熱量的損失.....	314
3. 原料平衡.....	315
4. 原料平衡及熱平衡的實例.....	315
a. 原料平衡的計算.....	317
1. 氣體量的確定.....	317
2. 確定鼓風量.....	319
3. 確定在爐內燃燒的碳量.....	320
4. 渣量.....	321
5. 鐵的平衡.....	321
6. 錳的平衡.....	324
7. 確定由 CaCO_3 及 MgCO_3 所帶進的 CO_2 量.....	325
8. 綜合的平衡(每一公斤生鐵).....	325
6. 熱平衡.....	325
1. 熱量的進項.....	325
2. 熱量的出項.....	326
3. 綜合的熱平衡.....	328
4. 熱平衡的分析.....	328
5. 區域熱平衡.....	330
6. 根據熱平衡的數據確定燃料消耗率.....	331
a. 確定有效的熱量消耗.....	333
6. 確定鼓風量及其熱含量.....	335
В. 確定爐渣的生成熱.....	335
Г. 確定焦炭的消耗率.....	335

下 冊 目 錄

第三篇 高爐冶煉產品的簡述	339
第四篇 高爐構造及附屬設備	346
第一章 高爐剖面	346
1. 高爐剖面最主要尺寸的作用	348
2. 高爐尺寸及其剖面的確定	354
3. 計算剖面的實例	357
4. A. H. 拉姆計算剖面的方法	359
第二章 高爐的構造	361
1. 高爐的築爐材料	364
2. 高爐的基礎	368
3. 爐缸	369
4. 風嘴	376
5. 出鐵口	383
6. 出渣口	383
7. 爐腹	387
8. 爐腰和爐腔	394
9. 外壳和支柱	401
10. 裝料設備和爐喉以上的構造	407
11. 排氣管	425
12. 在高壓操作下的高爐構造及其附屬設備的特點	431
13. 高爐給水及水管	434
第三章 高爐的輔助設備	438
1. 原料裝入高爐的機械和設備	438
a. 原料的裝入高爐	438
6. 供應原料到高爐料倉內	458
2. 送風入爐和風的加熱	461

a. 送風機	461
6. 風的加熱	471
3. 熔煉產品的處理	489
a. 總論	489
6. 在爐缸附近操作時所用的機械	498
b. 鑄鐵機	506
r. 爐渣的清理	510
4. 清除爐頂煤氣中的灰塵	515
a. 在重力作用下清淨煤氣	516
6. 在離心力作用下清淨煤氣	522
5. 隔斷煤氣的活門	531
6. 高爐車間的平面圖	535

第五篇 高爐操作 539

第一章 開爐 539

第二章 高爐的控制 542

第三章 爐前及熱風爐的操作 554

1. 出鐵口的維護	554
2. 出鐵和出渣	554
3. 檢查冷却系統和更換燒坏的冷却器	555
4. 熔煉產品的處理及渣罐、鐵罐的維護	555
5. 熱風爐的操縱和休風規程	556

第四章 高爐故障 559

1. 爐冷	559
2. 高爐懸料與難行	563
3. 爐瘤	567

第五章 事故 571

1. 高爐煤氣的爆炸	571
2. 爐缸部分鐵水的滲流	572

第六章 高爐的修理及停爐 574

第七章 高爐車間工作組織及工作人員定額	577
第八章 高爐車間的保安技術	578
第九章 高爐冶煉技術經濟指標	580
1. 生產與焦炭消耗量	580
2. 高爐操作的其他技術經濟指標	592
3. 用計算方法確定高爐日產量	596
4. 生鐵成本	598
5. 高爐工作結果的登記及表報	600
第六篇 不用高爐, 自鐵礦石中煉製生鐵	603
第一章 從矮豎爐中煉製生鐵	603
第二章 直接從鐵礦石中還原鐵	605
1. 潑呼姆斯基直接還原裝置	605
2. 用管式轉爐煉製熟鐵球	608
3. 布拉賽勒特法	613
4. 馬達拉斯裝置	614
5. 魏比爾裝置	614
6. 胡加拿斯法	617
第三章 電爐煉鐵	619

概 論

工業上和日常生活上所用的鐵，不是純粹的鐵，而是各種合金，其中用途最大者為生鐵，牠是鐵和炭（3—4%）及少量矽、錳、磷、硫的合金。

人類開始知道生鐵比天然鐵為晚。根據中國歷史文獻，在公元前數世紀中國就已經知道有生鐵。亞里斯多德（Аристотел）（公元前四世紀）的著作也有關於生鐵的敘述。但是人類廣泛使用生鐵是在學會把生鐵煉成鐵和鋼之後，也就是在轉到兩步製鐵法之後。在轉到兩步製鐵法之前，只有所謂鍛鐵法的直接從礦石製鐵的方法。

從使用低的鍛鐵爐轉變到比較高的直筒爐（土高爐）製煉鍛鐵之後，發生了高爐生產。使用這些爐子，引起鍛鐵過程的主要變化，這個變化就是少量金屬鐵能夠比形成液體鐵渣早些出現；這樣造成對鐵增碳和形成生鐵的有利條件。

在風箱開始用水推動以後，每單位時間送入爐內的風量增加了；同時爐缸溫度和沿着爐子高度的溫度也增加了，因此在土高爐內得到的一些鐵和碳的合金——生鐵——可以轉入熔化狀態。同時生鐵部份沒有遭受鐵渣的氧化作用並以液體狀態從爐缸流出以致減少塊鐵的產量。所以最初認為獲得生鐵沒有什麼好處，但當發現液體生鐵能很好的注模，並能用來鑄造金屬製品（例如炮彈）的時候，就開始致力於用高爐製造生鐵。

在俄羅斯境內有很多土高爐，——在諾伏哥羅德（Новгород），吐

拉 (Тула), 加西臘 (Кашира), 賽爾普霍夫 (Серпухов), 柯斯脫羅馬 (Кострома), 維且格特 (Вычегода), 潑里烏拉爾 (Приураль) 等區域。

冶金學家漸漸知道把生鐵鑄為塊鐵, 在礦石和燃料的消耗率上, 以及在設備的效率上都比直接從礦石獲得塊鐵的結果好得多。因此產生了兩步製鐵法, 這個方法先用一種設備從礦石製煉生鐵, 然後在另外一種設備內把生鐵精煉為鐵。兩步製鋼鐵法也就成為近代黑色冶金工業的基礎。

土高爐常常交替地工作, 有時熔煉生鐵, 有時生產塊鐵。土高爐的構造最初沒有改變, 而當轉為製煉生鐵時 (代替塊鐵), 也僅是改變操作方式: 減少料批中的礦石量, 使風口由斜放變為平放, 在爐缸內聚集爐渣; 這個爐渣很好的蓋住熔化了的生鐵, 因而防止金屬為鼓風中的氧氣所氧化。

為了使土高爐適合熔煉生鐵, 後來土高爐的構造有了改變。首先的改變是縮小爐缸的斷面尺寸。這樣作法的目的是為了求得更高的溫度, 但是爐缸的溫度還不夠高, 得到濃厚的爐渣很難從爐缸中流出, 而在爐缸牆壁上, 形成爐瘤。為了使爐渣容易從爐內排出起見, 開始把爐缸變成開着的。

因此煉鐵的土高爐變成熔煉生鐵的高爐。

最早的高爐的高度和橫斷面同土高爐一樣, 其中最大的高爐具有高度達 4.5 公尺, 而最寬的橫斷面達 1.5—1.8 公尺。

高爐生產開始於十四紀中葉 (1340 年)。

在十五, 十六和十七世紀, 高爐生產發展很慢。基本上的發展趨向是增加一點爐子的高度和體積, 並且改良一點送風的設備 (例如, 用木製風箱替代皮革風袋), 而爐子的體積增加很少。高爐燃料只用木炭。

在十六到十七世紀中的生鐵熔煉沒有可靠的資料。在十八世紀的某些文獻中多少有一點關於熔煉生鐵的可靠資料。依據這些資料, 當時高爐每晝夜的生產量約在 0.8—1.6 噸之間; 根據同一資料在 1740 年