

TF8-764C1

中央人民政府高等教育部推薦

67965

冶金部冶金科學院編

高爐冶煉

(上 冊)

А. Н. Похвиснев, В. С. Абрамов,

合 著

Н. И. Красавцев, Н. К. Леонидов

李思再 李殷泰

陶少傑 譯 校

杜鑑桂 范顯玉

中央人民政府高等教育部推薦

中等技術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，是全國中等技術學校科系調整後的一項重大工作。在我國中等技術學校裡，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中等技術學校的各科教材，並將陸續向全國推薦，作為現階段我國中等技術學校教材的試用本。

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

譯 者 的 話

我們偉大的祖國正處在大規模經濟建設開始的時期，在整個經濟建設中，鋼鐵的生產是具有極重要的意義的。要迅速而且完善地完成這一工作，不但要求現場的工作同志能更快地提高自己的業務知識，不斷地學習蘇聯的先進經驗；同時也要求各工業學校能在短時間內培養出大批掌握蘇聯先進技術的工程幹部。

高爐冶煉這本書，是蘇聯工業學校的教本，也是蘇聯工業大學學生和現場工程技術人員的一本有益的參考書。書里的材料都很新穎，有系統，而且非常全面。我們認為這樣的書，對高等工業學校中煉鐵專業的教師和學生是一本很好的教材，同時對工廠中從事煉鐵事業的同志，也是一本很好的參考書。為了幫助許多不能直接閱讀蘇聯書籍的同志們更快地學習蘇聯在煉鐵方面的先進成就，在重工業部的統一計劃下，我們翻譯了這本書。

因為我們還都有學習的任務，每天只能抽出一定的時間進行翻譯，所以距離本書全部譯完還需要一段時間。為了解決當前的需要，經上級的同意，決定將本書分作上下兩冊出版，下冊預計在本年十月以前可以全部譯出。

我們的俄文程度還很差，且又都是初次進行翻譯，雖然我們大家都作了最大的努力，但在有些地方，如在詞句的通順方面，名詞的確切方面，對某些問題的敘述方面，總還存在着不正確或不週到的地方。我們誠懇地希望讀者，在發現錯誤時，立刻通知我們以便訂正。

在翻譯過程中，蘇聯專家馬漢涅克同志給了我們許多指導和幫助。上冊譯完後，又承東北工學院新樹梁院長在百忙中抽出很多時間幫助我們仔細地進行校對。在這裡特向他們表示衷心的謝意。

譯 者

1953年4月14日

緒 論——H.И. 克拉沙甫則夫執筆

第一部分——高爐冶煉原料及其處理

第一、二、三、四章——B.C. 阿勃拉莫夫執筆

第 五 章——H.И. 克拉沙甫則夫執筆

第二部分——高爐反應

第六、七、八、十一、十二章——A.H. 葆黑維斯涅夫執筆

第九、十、十三、十四章——H.И. 克拉沙甫則夫執筆

簡 單 評 介

書中描述了近代生鐵冶煉的原理，敘述了關於原料及其處理的一般知識和關於高爐及其附屬設備的構造和位置的概念，敘述了按照先進工作者——斯達漢諾夫工作者的先進經驗和蘇聯研究工作者的研究結論來控制高爐操作的問題。

本書用作冶金工業技術學校的教本。這書也可以用在教學計劃中有煉鐵課程的高等學校的教學參考書，同樣，對高爐車間的技術工作人員也是有用處的。

目 錄

緒 論

第 一 節	鐵與鐵的合金	1
第 二 節	高爐冶煉的起源與發展	1

第 一 部 分

高爐冶煉原料及其處理

第 一 章	高爐冶煉用的寶石和熔劑	7
第 三 節	鐵礦礦床的一般特性	7
第 四 節	鐵 礦	10
第 五 節	蘇聯主要鐵礦產區	12
第 六 節	錳礦及其產地	22
第 七 節	可利用的生產中的藥品	25
第 八 節	熔 劑	26
第 九 節	其他國家的主要鐵礦和錳礦產地	27
第 二 章	冶煉前礦石的處理	33
第 十 節	破 碎	33
第 十 一 節	篩 分	46
第 十 二 節	礦石的中和	56
第 十 三 節	原料凍結現象的防止	70
第 十 四 節	礦石取樣	75
第 三 章	選 礦	80
第 十 五 節	手 選	80
第 十 六 節	重力選礦法	80
第 十 七 節	浮游選礦	87
第 十 八 節	磁 選	91
第 十 九 節	焙 燒	99
第 二 十 節	脫 水	105
第 四 章	燒結和壓礦	109
第 二 十 一 節	燒結作業	109

第二十二節	燒結時有害雜質的活動狀態	114
第二十三節	特殊類型的燒結礦	117
第二十四節	燒結設備	118
第二十五節	迴轉爐中的燒結作用	143
第二十六節	間歇性的燒結機	146
第二十七節	圓 礦	157
第 五 章	高爐燃料	162
第二十八節	對高爐燃料的一般要求	162
第二十九節	木 炭	162
第三十節	冶金焦的製造	165
第三十一節	煉焦煤	169
第三十二節	焦炭的性質	171
第三十三節	煉焦的副產品	176
第三十四節	主要冶金區域焦炭的性質	177
第三十五節	其他高爐燃料	178

第 二 部 分

高 爐 反 應

第三十六節	高爐反應概念	180
第 六 章	高爐裏的機械作用和熱傳導作用	182
第三十七節	作用的一般特性	182
第三十八節	爐喉部分料的分佈	183
第三十九節	高爐中爐料下降時料的分佈	187
第四十節	爐料和瓦斯的熱交換	189
第 七 章	高溫下爐料成分的變化	192
第四十一節	水份的蒸發	192
第四十二節	燃料中揮發物的揮發	193
第四十三節	碳酸物的分解	194
第 八 章	高爐內的還原作用	195
第四十四節	一氧化碳和氫從固態相中還原氧化物的作用	195
第四十五節	用固體碳從固態相中還原氧化物	200
第四十六節	液相中氧化物的還原	201
第四十七節	矽酸物中鐵的還原	201
第四十八節	還原反應理論上的幾個問題	203
第四十九節	各種因素對還原反應的影響	204
第五十節	高爐中鐵以外其他元素的還原	211
第五十一節	對鋼鐵質量有益和有害的元素	221

第五十二節	硫在高爐裡的作用和去硫	222
第五十三節	直接還原和間接還原	227
第五十四節	氣相中烟碳的析出	232
第九章	生鐵和爐渣的生成	234
第五十五節	鐵的滲碳作用	234
第五十六節	矽，錳，磷和硫的進入生鐵	238
第五十七節	成渣作用	238
第十章	爐缸內的燃燒反應，冷風預熱及富氧送風，乾燥及蒸汽送風	254
第五十八節	高爐爐缸內的燃燒	254
第五十九節	風口前已還原元素的氧化現象	263
第六十節	加熱送風	265
第六十一節	富氧送風	267
第六十二節	乾燥送風和蒸汽送風的應用	268
第十一章	煤氣由爐缸向爐頂的運動	271
第六十三節	煤氣的生成	271
第六十四節	煤氣的溫度和壓力	271
第六十五節	高壓操作	279
第六十六節	高爐內煤氣化學成分的變化	281
第六十七節	高爐煤氣成份的規律性	283
第六十八節	高爐煤氣成份和煤氣量的計算	284
第六十九節	根據煤氣的成份計算高爐作業指數	289
第十二章	高爐反應的物質平衡和熱平衡	296
第七十節	物質平衡	296
第七十一節	高爐反應的熱平衡	299
第七十二節	熱平衡計算古典方法的變革	313
第十三章	爐料計算	317
第七十三節	爐料計算的方法	317
第七十四節	爐料計算舉例	320
第十四章	高爐冶煉產品	333
第七十五節	生鐵與鐵合金	333
第七十六節	爐渣	338
第七十七節	高爐煤氣及爐塵	341

緒 論

第一節 鐵與鐵的合金

自然界中所見到的鐵，除極少數外都不是純鐵，而是以化合物形態存在的。在地殼的組成元素中根據分佈的情況來說，鐵僅少於氧、矽和鋁等元素而佔第四位。有這樣的論據，說在地球中心部份大概有大量鐵質存在。

化學純鐵祇能少量地在實驗室裡獲得。在大規模工業生產中所得到的所謂「工業純鐵」，主要是鐵和極少量碳的合金。

鐵和碳組成一系列的合金。當碳的含量很少時（0.15~0.5%），得到的是軟鋼，（從前在炒鐵爐或精煉爐中煉成的塊狀的這種合金稱做熟鐵）；當含碳量為0.5~1.0，有時或高達1.7%時，則為硬鋼。在含碳量為2~4%的情況下（有時更高），得到的則為生鐵。

鐵和其他許多元素，如錳、矽、鎳、鈷、鉻、鉍、鈳、鎢、銅等同樣也能組成合金。

鐵碳合金和小量錳及矽（不超過1%）組成普通碳素鋼。鐵碳合金和較多量的錳或矽或與加入的鎳、鉻、鈳及其他金屬組成合金鋼。依據加入的合金元素的成份和量的不同，不同的鐵合金能有不同的性質，而在很多情況下，都是很貴重的。

但是必須注意，上述金屬元素中有一些元素是煉某種合金鋼時所必需，而在煉另一種鋼時則是非常不希望的雜質。

在鐵合金的成份中，不可避免地一定會混入一些少量的有害雜質，如硫和磷，有時有砷，同樣還有氣體（氧、氫、氮）。

硫使金屬熱脆（在赤熱溫度下金屬的強度降低）。磷在常溫下使金屬冷脆。但在某幾種生鐵中（如湯姆氏鐵和一部份鑄造鐵），同樣在某幾種鋼中（如自動機械用鋼），一定量的磷還是必不可少的組成成份。

砷是有害的雜質，因為它降低金屬的機械性質和金屬的焊接能力。金屬中存在的氣體的量通常很少，對金屬性質主要是壞影響。

第二節 高爐冶煉的起源與發展

煉鐵方法的發現對人類社會有着重大的意義。隨着人類社會的發展和人類文化的提高，鐵的價值就更加大，而其生產量也就日益增加了。

近代的物質文明缺少了鐵是不可能的，因為所有國民經濟的各部門，如農業、工業和運輸等，只有在使用工具、機器、機械的基礎上才能達到高度的發展。而這些工具、機器、機械主要都是用鐵的合金做成的（鋼與生鐵）。沒有用鋼製成的機器和機械，就不能有近代化的武器。即使是近代藝術，假如沒有鐵的合金或是通過鐵

的合金的幫助，也是不可想像的。

生鐵是製造這些合金主要的半成品。巴甫洛夫院士這樣說：「因為從生鐵中製造熟鐵，其原料（燃料和礦石）的消耗量比由礦石直接冶煉時要有利的多，所以生吹法在所有各工業國家中早就不使用了。而生鐵則成為煉鐵工業中的主要產品。儘管許多發明家都試想在近代條件下恢復生吹法，但在今天仍像過去一樣它沒有被採用」。

巴甫洛夫院士在敘述生吹法時這樣說，生吹法是在最簡單的爐中由礦石直接煉熟鐵的一種老方法。這種爐子開始時是直接在地面上挖成的，後來才用石頭砌成。

在這樣的爐子中裝進塊子不大的礦石和木炭。從爐子下部留下的孔中送空氣，使木炭進行燃燒。在燃燒中心部份得到足夠高的溫度——比 1000°C 略高一些。礦石經過還原後，生成海綿狀鐵，其外部包着一層主要是由鐵的氧化物組成的、熔融或半熔融的爐渣。

個別的海綿狀鐵，互相粘在一起而組成鐵塊——熟鐵球，當熟鐵球到達一定溫度時，由爐內取出，用鐵錘錘打，這樣壓榨出熟鐵空隙裡的爐渣，使幾個熟鐵球結成一個整塊。

雖然熟鐵球在爐子裡與炭接觸，但由於含大量鐵的氧化物的爐渣的氧化作用，所以不會進行滲碳作用。

生吹爐的送風最初僅靠空氣的自由流通和煤氣的上升引力等來自然通風，後來才使用風箱作人工送風。開始時用的是人力或畜力，後來則利用水力。利用水力可以加強風箱的效力，送進爐內的風也因此較過去多得多，結果爐內的溫度也就升高了很多。

這時許多地區矮的生吹爐都被高達 $2\sim 4$ 米的豎爐（古代高爐）所代替了。在這種高爐中能較好地利用煤氣的能，因此節省了燃料的消耗。

像生吹爐一樣，從高爐裡煉成的金屬最初也是熟鐵球，但是由於風量的增加，高爐下部溫度增高了，能與生成熟鐵球和多鐵爐渣的同時，開始得到了生鐵，也就是得到了鐵和 $3\sim 4\%$ 的碳合金。這種比較容易熔化的生鐵很快地被熔化，而流向底部，同時其中有一大部份沒有來得及被氧化，故沒有變作海綿狀鐵。

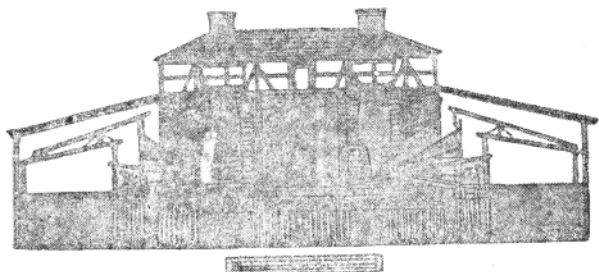
在很長一段時間內，人們認為生鐵是一種非常不希望的產物，而把它們拖到垃圾裡去。後來由於生鐵具有很好的流動性，易於鑄型，因此鼓舞了冶金工作者用來作鑄造工作，特別是用來作砲彈。在這以前砲彈都是由石頭做成的。

不能作鑄造用的生鐵則與礦石一起重新裝入古代高爐中，這樣就證明了從生鐵製煉熟鐵球比直接由礦石製煉要經濟些。結果使一步操作的煉熟鐵法（即由礦石直接

煉熟鐵的方法)，漸漸被二步操作法來代替；先用礦石煉成生鐵，然後再由生鐵用特別的設備——精煉爐，來煉成熟鐵球。

這樣，煉鐵用的古代高爐漸漸地變為煉生鐵用的高爐，在最初僅是在冶煉過程上有所不同，而它們的構造則是一樣的。

第一座高爐的出現大約是在十四世紀中葉（譯者按：在中國更早些），在十五、十六和十七世紀這一段時期中，關於高爐冶煉的記載很少，一直到十八世紀才有比較詳細和確實的記載。在這一段時期裡關於高爐的構造可以從烏拉爾工廠的一個高爐車間剖面圖（第一圖）中來推測。



第一圖 十八世紀時期烏拉爾工廠的一個高爐車間

在當時，烏拉爾工廠高爐的日產量為2—10噸，而在西歐各國高爐的產量很少達到2—2.5噸，因為在很多西歐國家中當時已經感到了製木炭的木材以及水力的不足。水力不僅冶金工廠需要，所有其他工業企業也都需要它。

森林的很快消滅對西歐各冶金工廠（首先是在英國）木炭的供應造成了一個很大困難，這鼓舞着冶金工作者尋求用一種在當時能用之不盡的礦物燃料來代替木炭的途徑。經過許多年代的尋求和失敗，於一七三五年英國在高爐上用焦炭煉出了生鐵（不用木炭），但到十九世紀初期祇有英國的高爐才已經完全不用木炭。在當時的歐洲，這樣的焦炭高爐是為數不多的。到十九世紀五十年代中期，西歐大部的高爐已經轉向使用焦炭了。及至十九世紀末葉在歐洲僅僅在兩個有着大量森林的國家——俄國和瑞士（在美國也是）還保留着木炭高爐。

最初使用焦炭時，高爐生產量增加得並不多。送風機（風箱）是用水力帶動的，送風能力很小，不能送入大量的風，並且也不能有足够的風壓來克服已經大量增加

阻力的料柱，因為焦炭的密度比木炭大好幾倍，所以引起料柱的阻力增加。

但是由於蒸汽機的發明和十八世紀末葉將蒸汽機應用到送風機上的結果，使得高爐的產量和爐身的大小有了很快的發展。

一八三〇年開始用熱風，並很快得到廣泛的使用。又經過約十年後高爐煤氣開始被用來作為一種燃料。為了回收高爐煤氣，供給各種工廠中作燃料，因此按裝了佈料裝置。

就這樣出現了使用熱風、回收高爐煤氣的基本上與近代高爐沒有什麼區別的高爐。但是由原始的容積約 40—80 立方米，日產量約 20—40 噸的小高爐發展成為上下皆有鐵殼保護，全高達 60 米，有效容積達 1000—1500 立方米，日產量達 1000 噸以上的近代高爐，差不多經過一百多年。

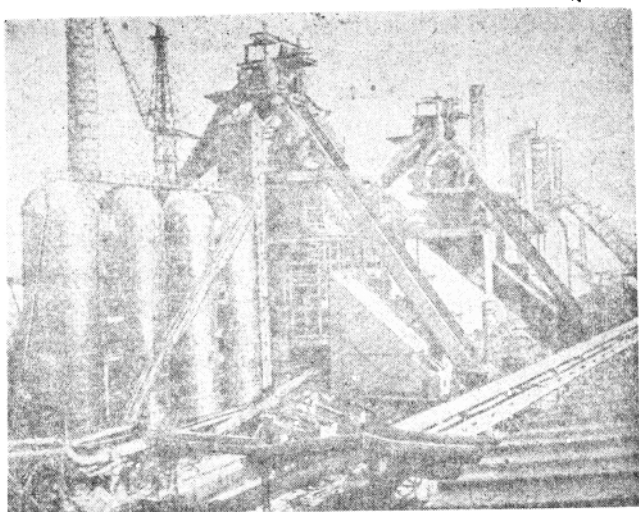
一六三〇年俄國在吐拉城建築了第一座高爐（哥洛其辛工廠）在當時一個富有冶金工業原料的基地烏拉爾，（有大量高級鐵礦和大量森林）根據彼得大帝一世的指示於十七世紀末開始建築了高爐。在這些工廠中（涅夫揚斯基和卡敏斯基工廠）開始生產生鐵的時間是在一七〇一和一七〇二年。到十八世紀中葉，在烏拉爾已經有幾十個無論在大小方面或產量方面都超過西歐各國很多的高爐，由於有這樣富庶的冶金地區，使得俄國在冶煉生鐵方面在世界上佔有第一位，並保持幾十年之久（到十八世紀末）。

但是農奴制度的深重壓迫及反動沙皇的統治，使得工業無法發展。在十九世紀初期，關於生產生鐵的數量和工業設備方面，烏拉爾的冶金工業都失去了他的先進作用。

僅僅在十九世紀末期，烏拉爾的冶金工業才從幾乎一世紀的停滯中開始恢復。爐子的尺寸增大了，各地幾乎都用蒸汽送風機代替了水力風箱。幾乎所有高爐都有熱風的設備。但是僅僅在蘇維埃政權時期，才順利地解決了對國家說來最重要的創造先進的烏拉爾冶金工業的問題，最後全部徹底地消滅了烏拉爾冶金工業中的落後情況。

第一批的焦炭高爐是在十九世紀七十年代中出現於蘇聯南部。在頓巴斯礦區有大量的煉焦煤，在克里浮角有着大量的鐵礦，這都是發展南方冶金工業可靠的原料基礎。從十九世紀八十年代中期開始在這裡建築了好些新的冶金工廠。於十九世紀末在南方已經煉出了與烏拉爾同樣數量的生鐵。後來南方很快的超過了烏拉爾，在一九一三年在南方煉出的生鐵，已經比烏拉爾超過了三倍多。

在工業設備方面南方工廠比烏拉爾要好的多，但還不能算作是先進的設備。只在經過出色地完成了幾個有歷史意義的斯大林五年計劃以後，南方的冶金工廠和烏拉爾一樣才有了第一等的設備（第二圖）。



第二圖 蘇聯冶金工廠的一個高爐車間全貌圖

在重建了舊的工廠和建築了很多新的工廠以後，蘇聯的生鐵冶煉才開始很快地上升。

蘇聯高爐冶煉發展的特徵是歷史上從沒有過的發展速度，在兩個斯大林五年計劃中生鐵的產量增加了三倍多。

蘇聯在高爐車間（鐵廠）在設備方面得到很大的成就。

在偉大的衛國戰爭之前，蘇聯全部機械化的大型高爐的數量比其他任何國家都多。第一批容積為 1300 立方米的巨大高爐是在蘇聯設計和建造的。高爐最好的有效容積利用係數也是在蘇聯達到的。

在偉大的衛國戰爭時期中，南方的冶金工廠在敵人暫時的佔領下，遭到了很大的破壞，但是到現在為止蘇聯的高爐已經遠遠地超過了戰前生鐵的生產量。

在戰後時期煉鐵事業能够很快發展的原因之一就是斯達哈諾夫運動的廣泛開展，其結果使得戰前的一些技術經濟指數遠遠地落在後邊。

斯大林獎金獲得者的光榮稱號，授與了許多高爐冶煉斯達漢諾夫工作者。

偉大的斯大林同志給予蘇聯冶金工作者的任務就是要達到每年產生鐵 5000 萬

噸。爲了完成這一具有歷史性意義的任務，必須動員全蘇聯所有冶金工作者的力量。

蘇聯具備着完成這一偉大任務的一切必需條件。

高爐冶煉工作者М.К.庫拉可，М.А.巴甫洛夫院士，И.П.巴爾金院士以及他們的無數後繼者和學生們，用他們的勞動創造了世界上最先進的高爐冶煉，高爐設計和高爐研究工作的學派。在蘇聯廣闊的國土內，蘊藏着巨大數量的煉鐵原料：鐵礦、錳礦和煉焦煤。

以蘇聯人民緊張的勞動，在不久的將來即將完成斯大林同志所指出的任務。

第一部分 高爐冶煉原料及其處理

第一章 高爐冶煉用的礦石和熔劑

第三節 鐵礦礦床的一般特性。

在大部份的岩石中都含有鐵，但是被稱為鐵礦的岩石僅係指其中所含的鐵分在現有的科學技術條件下能夠適合於工業冶煉的岩石而說的。

地殼中的天然礦物構成礦床，礦產區的評價主要依據礦石的性質，蘊藏量，礦床構成的情況及地域的位置來決定的。

礦床的蘊藏量按研究的程度不同可以分成 A、B、C 三類。

A 類蘊藏量是經過詳細的鑽探、鑿井或探掘等實驗，並完全確定了的。A 類中一部份為 A₁，其中的各種礦石的性質和處理的技術都應進行生產規模下的研究，而 A 類中另一部份為 A₂，則在半工業規模下進行研究。

屬於 B 類的蘊藏量是根據鑽探已足夠清楚地確定了數量的。至於礦層的形狀，礦物自然分佈的情況，或探挖技術，則還不很清楚。

屬於 C 類的，是根據天然露頭和地壳物理情況的材料或結合鑽探估計的蘊藏量。對於 C 類中的 C₁，蘊藏量則需要從礦床中取少量試樣進行研究。對於 C 類中的 C₂，僅是地質上的概念，只需對新的礦區和礦床個別地採取礦物樣品進行試驗。

A、B 兩類蘊藏量可以作為企業設計及工業的根據，C 類的蘊藏量僅作為未來的工業計畫與地質勘查工作撥款的根據。

每個礦床按礦石含鐵量定有廢品限度，含鐵量少的礦石，送去精選或廢棄不用，或留於礦層內部。

隨著科學技術的發展，這種廢品限度逐漸降低，而探掘的礦石中的含鐵量也將越來越低。

當根據含鐵量來確定鐵礦的廢品限度時，必需注意鐵的化合物存在的形態和礦石中脈石的成份。例如；在礦石中某些鐵的化合物是含有大量在高溫下能揮發的物質的。在分析礦物的化學成份時，通常用在 105° 時乾燥過的試料，而在百分成份的總數中（100%）包含有灼燒損失（主要是結晶水和碳酸氣體），在高溫狀態下這些成份都將揮發掉，因此礦石中的鐵份百分數就相對地提高了。

對於褐鐵礦來說，其中的鐵是以含水氧化物 ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 的狀態存在的，當加熱時將失去 7—12% 的結晶水，因此根據鐵分訂定的廢品限度應較赤鐵礦或磁鐵礦為低。

菱鐵礦 (FeCO_3) 的廢品限度應規定得更低，在加熱時，它的重量將降低約三分之一。

礦石中脈石的成分主要為 SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO 。

脈石最有利的組成應該是其中主要成份數量上的比與它們在爐渣中的比相接近。焦炭冶煉時爐渣中的酸性氧化物($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$)和鹼性氧化物($\text{CaO} + \text{MgO}$)的比近於一。

爲了得到這樣的爐渣，通常必須加入熔劑，加入的量則根據礦石中脈石的成份而定。

礦石中鹼性化合物愈多，在冶煉時需用的熔劑愈少，同時對該礦石根據鐵份所定的廢品限度，也就可以低一些。

脈石中酸性物與鹼性物的比近於一的礦石，稱爲自熔性礦石，這種礦石最少的極限含鐵量可降低至28—30%。

除上述主要的脈石外，礦石還含有其他的雜質，其中最常見者如 S、P、Zn、As、Cu、Ti、Cr、Mn、與 V。

硫常以黃鐵礦(FeS_2)的形態存在於鐵礦石中，也偶而成石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)或硫酸鎂($\text{B} \cdot \text{SO}_4$)的狀態存在；但無論硫呈何種化合物存在，它在礦石中都是一種有害的雜質。硫能引起鋼的熱脆（即金屬加熱到赤熱時變成不堅固，機械加工時易於破裂）。

在高爐內爲了去硫必須增加石灰石的使用量，（因石灰能與硫化合），用鹼性較高的爐渣操作，但這樣會引起冶煉技術經濟指數的降低。因此直接加入高爐的礦石，其含硫量一般限定在0.15%以下，含硫高的礦石應該進行燒結，在燒結時硫黃差不多能全都去掉。

礦石中磷(P)一般成磷灰石 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 存在，藍鐵礦 $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ 存在比較少。磷是金屬中的有害雜質，當磷的含量增加時將降低鋼的衝擊強度，並引起冷脆，於低溫下易於破裂。

在燒結和高爐冶煉過程中，實際上幾乎不能去磷。在生鐵煉鋼的過程中，當用湯姆氏和馬丁操作法時，可以去磷。當用貝氏操作法煉鋼時則不能去磷（註：這些操作法在煉鋼課程中講）。

因此礦石中所能允許的含磷量按生鐵種類的不同可用下式來規定：

$$P_{\text{礦石}} = \frac{P_{\text{生鐵}} - P_{\text{焦}}}{K} = \frac{(P_{\text{生鐵}} - P_{\text{焦}}) \text{Fe}_{\text{礦石}}}{\text{Fe}_{\text{礦石}}} \quad (1)$$

式中： $P_{\text{礦石}}$ = 礦石中許可的磷量%

$P_{\text{生鐵}}$ = 所煉生鐵中磷的含量%

$P_{\text{焦}}$ = 焦炭，熔劑及附加物帶進的磷量；若不用平爐渣時，

$P_{\text{焦}}$ 約爲0.03%

K = 煉每單位生鐵時乾礦石的消耗量，等於 $\frac{\text{Fe}_{\text{生鐵}}}{\text{Fe}_{\text{礦石}}}$

$\text{Fe}_{\text{生鐵}}$ = 不計由焦炭灰及附加物所帶來的鐵量時生鐵中鐵的含量(%)，

（當不用附加物時 $\text{Fe}_{\text{生鐵}} \approx 91\%$ ）；

$\text{Fe}_{\text{礦石}} = \text{礦石中的含鐵份}(\%)$

例如：用含鐵40%的礦石煉湯姆氏生鐵時（P的含量為2%）。在礦石中許可的含磷量為：

$$P_{\text{礦石}} = \frac{(2 - 0.03) \times 40}{91} = \frac{1.97 \times 40}{91} \approx 0.86\%$$

如果礦石中的含磷量超過這個數字，那麼在冶煉上述種類的生鐵時，必須往爐料中加入適當數量含磷少的礦石。當用含鐵57%的礦石煉含P為0.065%的貝氏鐵時，礦石中許可的含磷量為：

$$P_{\text{礦石}} = \frac{(0.065 - 0.03) \times 57}{91} = \frac{0.035 \times 57}{91} = 0.022\%$$

鋅於礦石中通常以閃鋅礦 ZnS 的形態存在。鋅雖然不致跑入生鐵但也是鐵礦中的一種有害雜質。在高爐冶煉時鋅一還原就揮發出去，在高爐上部生成氧化鋅（ ZnO ）；沉積於爐牆上，結成爐瘤，同時也會滲入爐襯的縫隙及火磚的氣孔中，這將造成爐襯的膨脹，引起高爐爐殼的破裂。

由於上述原因一般礦石中Zn的含量限制在0.1%的範圍內，含Zn高的礦石必須與含Zn少的礦石混合使用。

鋅可以用浮選和磁選的方法去掉（見第三章）但用這種方法去鋅時必須將礦石細碎，這就要消耗大量的能。

砷（As）是礦石中非常少有的雜質，在褐鐵礦中較常見，在礦石進行焙燒或燒結時能去掉一部分。在煉鐵或煉鋼時砷幾乎完全進入金屬中。當含量在0.1%以上時對鋼的性質就有壞影響，使鋼冷脆，並使鋼的銲接性變壞。

當用含有大量砷的爐料冶煉時，必須另加純的礦石。

銅（Cu）在磁鐵礦中最為常見，通常以黃銅礦 CuFeS_2 的形態存在，在高爐冶煉時銅進入生鐵，而後又進入鋼中。少量的銅（0.2—0.3%）能改善鋼的性質，特別能增高鋼的耐蝕性。但是當含有多量的銅時就將引起熱脆，降低鋼的熱加工性能。

從礦石中去銅可以用磁選、浮選、或水冶等方法。

鈦（Ti）常呈鈦鐵礦 FeTiO_3 的形態存在於磁鐵礦中，鈦在鋼中是一種有益雜質，有時特別加鈦鐵合金於鋼中。製煉鈦鐵的原料通常都用鈦鐵礦的精礦粉，（在磁選時從磁鐵礦中提出來的）或用化學方法從含鈦高的高爐爐渣中提取出來的鈦的氧化物。

在一般的高爐冶煉情況下，鈦是一種礦石中不希望有的雜質，因為鈦幾乎全部（90—95%）進入爐渣，使爐渣的性質變壞。在爐渣中含有大量鈦的氧化物時，在高爐的下部時常生成爐瘤。當生鐵煉鋼時鈦被氧化而進入爐渣中。

鉻（Cr）在某些礦石中成鉻鐵礦 $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ 存在。少量的鉻，尤其當鉻和錳一起存在的時候是冶煉所謂自然合金翻砂鐵時鐵礦中的一種非常希望的雜質，但是冶煉製鋼鐵時，礦石中鉻的存在是很不希望的，因為它給以後的煉鋼增加困難。

礦石中的錳量在 3 % 以下時，對高爐冶煉沒有顯著困難。

錳 (Mn) 是礦石中的有益雜質，在冶煉含錳 0.6 % 到 2 % 的製鋼鐵或翻砂鐵時，錳是必要的元素。在鐵礦石中有錳存在時，可以減少爐料中錳礦的用量。此外還能改善礦石的燒結作用（見第四章）。

鈮 (V) 是一種很少有但很珍貴的鐵礦中的雜質（特別是在軟磁鐵礦和褐鐵礦中）。

在高爐冶煉時，礦石中的鈮約有 70—90 % 被還原進入生鐵中，當由生鐵煉鋼時，鈮被氧化而進入爐渣，最後可用化學方法由渣中將鈮取出。當鈮與鐵組成合金鈮鐵時，可用來作為特殊鋼的合金元素和去氧劑。當礦石中的鈮量達 0.1—0.15 % 以上時，即適合作工業上的提煉鈮的原料。

第四節 鐵 礦

鐵礦石依其含鐵礦物組成成分的不同可以分為四種：

- 1) 褐鐵礦（主要是 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ），它的含鐵礦物是鐵的含水氧化物。
- 2) 赤鐵礦所含的鐵為無水三氧化二鐵的形態。
- 3) 磁鐵礦所含的鐵為磁性氧化鐵的形態。
- 4) 菱鐵礦所含的鐵為碳酸鐵的形態。

褐 鐵 礦

據近年來的研究指出，各種各樣的褐鐵礦（四鐵一水褐鐵礦 $-2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，二鐵一水褐鐵礦 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，三鐵二水褐鐵礦 $3\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ，四鐵三水褐鐵礦 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ，二鐵二水褐鐵礦 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）基本上都是同一種的化合物 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，祇是含有不同量的結晶水罷了。

可以這樣作近似假定而不致有重大的錯誤，即褐鐵礦基本上為四鐵三水褐鐵礦，其化學組成相當於含鐵 60 % 左右，含結晶水 14 %。

褐鐵礦是由其他類型的鐵礦風化和氧化而形成的。褐鐵礦是在自然界中分佈最廣的礦石。褐鐵礦很少是很純或很富的礦石，通常同粘土、石英有時或同碳酸鈣等混在一起。

開採出來的褐鐵鐵量一般為 37—55 %，在褐鐵礦中常含有很多磷（由磷灰石和藍鐵礦帶進的）有時並含有硫（由黃鐵礦帶進者）和砷等雜質，褐鐵礦中有時含有有益雜質鈮。

褐鐵礦在高爐中比赤鐵礦和磁鐵礦容易還原。

褐鐵礦依其生成情況及外部狀態有許多異形體，主要的有：

- 1 緻密的褐鐵礦——為堅固緻密的塊狀礦石，呈深褐色或黃褐色。
- 2 卵石組織的褐鐵礦——成小球狀，常與粘土混在一起。
- 3 多孔狀或結核狀褐鐵礦——即帶空心的球狀褐鐵礦凝集體，空隙裡填滿着砂質物質，粘土或水（有時沒有什麼充填在裡面）。
- 4 沼鐵礦是貧褐鐵礦，沉積於池沼或湖泊底部者（一般都是疏鬆的，或呈顆