

科學圖書大庫

冶金學概論(上)

編譯者 郁仁貽

徐氏基金會出版

譯者自序

1. 冶金（金屬冶煉）工業，爲立國建國之重要支柱，一切輕、重工業，莫不與此有關。我國近來大型鋼廠之建成開工，實爲我國向該方面發展之始基，稍鑒多年之宿願，可欣可賀。

2. 我國煉鋼工業，遠溯清季，歷史不謂之久，迄今一無成就者何也？秉政諸公，徒抱船堅，砲利之謬見，一切惟洋是重，舉凡船艦、鎗砲、火車、鐵路、機械、電機、汽車、飛機等，一切仰外，而不思自製改進。棄自辦之煉鋼廠於不顧，門可羅雀，難以自立，枉論發展。技術專家胸懷大志，屢謀發展，限於環境，事與願違，漢冶萍鋼廠某老工程師，每語及此，輒淚爲之下，非虛語也。

3. 我國教育及研究機構，對於冶金，似欠重視，大專院校少見冶金科系、公私書局亦鮮是類專籍出版。我國近來工業發達，冶金知識日感迫切，有關人士問津乏由，深以爲憾。

4. 日本文部省（教育部）出版「冶金」爲日本工專冶金科之專業教材共分三冊，理論新穎，內容充實，句句腳踏實地，步步漸窺堂奧，實爲不可多得之名著，足資教學、自習及工程人員參考之用。現爲配合我國學制起見改爲上下二冊，予以譯出，以饗讀者。栽支青榮於沙漠，亦願見其茁壯、長大也。

譯註者 郁仁貽 識

六十六年八月於高雄

原 序

本書為日本工業專科學校金屬工業科或冶金科有關冶金的教科書三冊中之一冊。

關於金屬冶煉係研習金屬的冶煉及精製，內容包括甚廣，決定如次分為三冊。

「金屬冶煉上冊」 金屬冶煉的基礎：處理礦石的預備處理，金屬冶煉的方法、鐵冶煉概說、非鐵金屬冶煉概說。

「金屬冶煉中冊」 鋼鐵冶煉：處理鐵的製造生鐵、製鋼。

「金屬冶煉下冊」 非鐵金屬的冶煉：處理鋁、銅、鋅等非鐵金屬的冶煉、精製。

關於金屬冶煉由於技術之進步、設備之更新，其冶煉方法亦日新月異，本書對於此等，無法全部記載，僅以基礎事項為中心，依照下列方針，編輯而成。

- (1) 依據專科高等學校學習指導要領。
- (2) 金屬組織、金屬材料、金屬加工、爐及燃料等與其他科目互相重複部分，悉予避免。
- (3) 書中本文只述標準的、基礎的事項，對於補充事項及程度稍高部分，作為參考事項處理，藉以適應學習的程度。

在使用本書時應對下列事項，予以考慮。

- (1) 本書編輯時分配學習內容為「金屬冶煉上冊」2單位、「金屬冶煉中冊」4單位、「金屬冶煉下冊」2單位。在同一學年中，雖可兩冊並用，但最好依上、中、下的次序使用。
- (2) 對於物理、化學及金屬組織、金屬材料、金屬加工、爐、燃料等其他科目，應與密切聯繫，避免重複，藉以增加學習效果。
- (3) 書中各章，有的可以利用參觀與實習，通過具體的體驗，藉以加深理解。

本書編輯時，作為委員而執筆及參加審議者為下列各位，又除委員外

，尚有多位賜予不少協助。

編輯委員

前群馬縣立前橋工業高等學校長

群馬縣立前橋工業高等學校教諭

群馬縣立前橋工業高等學校教諭

茨城縣立水戸工業高等學校教諭

東京工業大學教授

群馬縣立前橋工業高等學校教諭

大島禮爾

加藤正一

鈴木清茂

友部正三

森永卓一

吉田尙一

(依日本五十音順序)

目 錄

譯者自序

原 序

第一章 金屬冶煉導言..... 1

第一節 金屬冶煉的發達..... 1

第二節 礦石..... 2

第三節 從礦石至金屬..... 3

第二章 礦石的預備處理..... 5

第一節 乾燥與假燒..... 5

一、乾燥..... 5

二、假燒..... 6

第二節 煅燒..... 7

一、煅燒的目的和種類..... 7

二、氧化煅燒..... 7

三、硫酸化煅燒..... 8

四、還原煅燒..... 10

五、其他煅燒法..... 10

六、煅燒爐..... 11

第三節 成塊..... 16

一、成塊的目的和種類..... 16

二、燒結法..... 16

三、鍋式燒結法..... 17

四、德威特魯意燒結法..... 18

五、格里那瓦耳燒結法..... 18

第 6 A.I.B.式燒結法 19

第三章 金屬冶煉的方法... 20

第一節 熔化冶煉..... 20

一、概說..... 20

二、爐的生產物..... 21

三、熔渣..... 23

四、熔煉的方法..... 25

第二節 揮發冶煉..... 30

一、概說..... 30

二、揮發冶煉..... 31

第三節 濕式冶煉..... 32

一、概說..... 32

二、預備處理..... 33

三、溶解..... 35

四、固液分離..... 37

五、淨液..... 39

六、金屬與其化合物的採取..... 41

第四節 電解冶煉..... 43

一、概說..... 43

二、電解的基礎..... 44

三、電解用電器設備..... 49

四、電解裝置..... 50

五、電解..... 50

六、電解採取..... 51

七、電解精製..... 52

八、熔塩電解·····	52	二、轉爐製鋼·····	80
第四章 鐵冶煉概說 ·····	55	三、平爐製鋼·····	82
第一節 鐵冶煉的沿革與現狀·····	55	四、電爐製鋼·····	84
一、鐵冶煉的沿革·····	55	第五章 非鐵金屬冶煉概說 ·····	87
二、現狀·····	56	第一節 鋁的冶煉·····	87
第二節 製鐵原料·····	56	一、鋁的礦石·····	87
一、鐵的礦石·····	56	二、氧化鋁的製造·····	87
二、熔劑·····	58	三、鋁的電解·····	88
三、雜原料·····	59	四、鋁的電解精製法·····	89
四、燃料·····	60	第二節 銅冶煉·····	90
第三節 原料的預備處理·····	61	一、銅的礦石·····	90
一、破碎·····	61	二、乾式冶煉法·····	91
二、篩分·····	63	三、濕式冶煉法·····	93
三、選礦·····	63	四、精製·····	93
四、煅燒·····	64	第三節 鋅的冶煉·····	94
五、原料的塊狀化·····	64	一、鋅的礦石·····	94
六、均礦堆·····	67	二、乾式冶煉法·····	95
七、原料的配置·····	68	三、濕式冶煉法·····	95
第四節 耐火材料·····	68	第四節 鉛的冶煉·····	96
一、酸性耐火材料·····	68	一、鉛的礦石·····	96
二、中性耐火材料·····	69	二、冶煉法·····	97
三、鹼性耐火材料·····	70	三、精製法·····	97
四、耐火三合土(膠泥)·····	70	第五節 錫的冶煉·····	99
第五節 熔礦爐·····	71	一、錫的礦石·····	99
一、熔礦爐的構造·····	71	二、預備處理·····	99
二、附帶設備·····	73	三、冶煉法·····	99
三、熔礦爐的作業·····	74	四、精製法·····	100
四、爐內反應·····	75	第六節 鎳的冶煉·····	100
五、熔礦爐的障礙·····	77	一、鎳的礦石·····	100
六、裝料的計算·····	78	二、冶煉法·····	101
第六節 製鋼·····	79	第七節 鎂的冶煉·····	102
一、混生鐵爐製鋼·····	79		

一、鎂的資源·····	102	一、製鐵原料·····	154
二、冶煉法·····	102	二、鐵礦石·····	154
第八節 金和銀的冶煉·····	103	三、其他鐵資源·····	160
一、礦石·····	104	四、錳礦石·····	161
二、冶煉法·····	104	五、石灰岩·····	162
三、精製法·····	105	六、煤焦·····	162
第九節 其他金屬的冶煉法·····	106	第二節 製鐵原料的事前處理·····	167
第六章 冶金的基礎與計算 ·····	109	一、事前處理的意義與方法·····	167
第一節 乾式冶煉的基礎事項·····	109	二、整粒·····	170
一、化學反應的量的關係及 其基本性質·····	109	三、選礦與煅燒·····	171
二、化學反應與熱能·····	114	四、成塊法的意義及其方法·····	172
第二節 冶金中的計算·····	125	五、燒結·····	174
第七章 鋼鐵冶煉概說 ·····	142	六、製粒法·····	178
第一節 鋼鐵冶煉法·····	142	七、均礪堆·····	181
一、鋼鐵冶煉法·····	142	第九章 熔礦爐及其附屬設 備 ·····	186
二、一貫法的優點·····	143	第一節 製鐵設備·····	186
三、鋼鐵冶煉的簡歷·····	143	一、鼓風爐·····	186
第二節 日本的鋼鐵工廠·····	146	二、製鐵設備·····	187
第三節 鋼鐵工廠概觀·····	148	第二節 鼓風爐·····	187
一、鋼鐵一貫方式的工廠及 設備·····	148	一、鼓風爐的形狀及大小·····	187
二、工廠配置·····	148	二、鼓風爐的能力及其內容 積·····	191
第四節 鋼鐵的生產與需要·····	148	三、鼓風爐的構造·····	192
一、鋼鐵生產·····	148	四、鼓風爐的保養·····	197
二、鋼鐵的需要·····	151	第三節 熱風爐·····	199
第八章 製鐵原料及其事前 處理 ·····	154	一、熱風爐的任務·····	199
第一節 製鐵原料·····	154	二、熱風爐的構造·····	200
		三、熱風爐的附帶設備·····	202
		第四節 捲揚與加料裝置及裝 入法·····	202

一、捲揚與裝入形式	202
二、捲揚機與裝入裝置	203
三、裝入法與裝入的爐內分佈	205
第五節 爐頂氣體與集塵清潔裝置	206
一、爐頂氣體及其清除	206
二、集塵器與清潔裝置	208
第六節 鼓風機	211
一、風量與風壓	211
二、鼓風機	212

第十章 製鐵的化學及鼓風

爐操業	216
第一節 製鐵的化學	216
一、製鐵的化學反應	216
二、C—O系反應	217
三、Fe—C—O系反應	218
四、直接還原與間接還原	220
五、還原反應式的總結	222
第二節 爐內氣體	223
一、煤焦的燃燒	223
二、爐內氣體的變化	224
第三節 熔渣	225
一、成分	225
二、鹼度	226
第四節 裝入物的變化	226
一、裝入物的變化概況	226
二、生鐵成分的作用	227
第五節 鼓風爐作業	230
一、作業開始	230
二、通常作業	233

三、停吹作業	239
四、新式作業技術	241

第十一章 有關製鐵的各種

計算

第一節 物量計算	245
一、礦石量	245
二、鼓風量	246
三、爐頂氣體量	247
四、熔渣量	249
第二節 裝入物的配合計算	250
一、裝入物的配合計算	250
二、利用普拉芝法計算石灰岩量	251
三、實際法	252
四、石灰岩的有效石灰分	252
第三節 碳的精算	252
一、直間還原率、間接還原率	252
二、直接還原率、間接還原率的計算法	256
三、碳的精算	257
第四節 物質收入	259
第五節 熱量計算	261
一、熱風爐需要熱量及需要的氣體量	261
二、高爐作業需要熱量及出熱量	261
三、高爐作業的進熱量	263
四、高爐作業的熱平衡	264

第一章 金屬冶煉導言

第一節 金屬冶煉的發達

在人類生活中，金屬是怎樣地被發見及冶煉使用的呢？人類開始利用金屬，事屬上古，起源不明。依照考古學，人類文化係依照石器時代、青銅器時代、鐵器時代等的順序，進展而來的。在史前時代，人類已使用青銅、銅、金、銀、鐵、錫、鉛等金屬。

此等金屬以種種形式，供裝飾品、武器、農具及生活用品等用。已被闡明年代的最古鐵器，係夾在埃及的 Giza 金字塔石塊之間的古刀，這是距今約 5600 年以前的古物。印度亦於距今約 4000 年前，舉行製鐵，此種技術，以後大有進步，由當時貿易商隊運至歐洲，高價出售，對於我國則隨著佛教而傳入。

至於青銅及銅的器物，從埃及、巴比倫（Babylon）、亞西利亞（Assyria）等遺跡，已發見被推定為 6000 年以前時代的古物。日本在神話時代亦有金屬器物出現。錫及鉛等亦已從埃及、亞西利亞等國遺跡中被發見著，這些都是 5000 年以前的古物。

冶煉技術之重大進步，係在十八世紀以後的事兒。此種變化係從導入煤炭開始。從此以後製成高溫爐，漢茲曼（Benjamin Huntsman）坩堝煉鋼法、庫特（Henry Cort）利用攪拌熔鐵法（Puddling process）等煉鐵法相繼發明。以後由於機械力，尤其是蒸氣機關的發明，更使製煉技術加速改進。迨十九世紀初葉 Abraham Derby 父子發明利用煤焦製鐵法，建立了近代製鐵技術的始基。John B. Nielson 首創把熱風吹入熔鐵爐的方法，附設熱風爐，生產能力因此大增。至 1856 年 Henry Bessemer 發明酸性轉爐製鋼法。1864 年 William Siemens 及 Martin 父子等苦心研究結果，完成了平爐製鋼法。1878 年 Wilhelm Siemens 復開發了電爐製鋼法，以後復由 Paul Louis T. Heroult 進行開發製成 Heroult 式電弧爐，使電爐製鋼，益形普及。

隨著製鐵技術的進步，在非鐵金屬的分野內，從十九世紀以來，以銅、鋁等電解製煉法為始，極多金屬的製煉技術亦被次第開發。

進入二十世紀後，在從來的經驗的知識及技術的基礎上，舉行精密測定，並且既深且廣地，予以物理、化學的研討，已能推斷新式製煉技術之可否。

近來電機工業、電子工業、原子力開發及噴射機等發展極速，其在新分野中應用的金屬品目繁多，製煉方法千差萬別，莫不次第完成。又在製煉技術方面，更隨著電子工業技術的進步，大量採用自動管理方式，使製造規模益形大型化。又利用純氧或富氧空氣的方法、真空技術的應用、高週波加熱及超音攪拌等新法亦漸被利用。

第二節 礦 石

在含有目的金屬的岩石或砂粒中，其能供經濟地採取者，謂之礦石 (Ore)。礦石中的金屬含有量，謂之品位或等級 (Grade)。金屬的採取，究能經濟地成立與否，係由金屬的時價及採礦、選礦、製煉等所需經費等所決定。但由於技術的進步，也有將昔日廢礦中的少量有用金屬、經濟地予以收回利用的場合。

金屬的礦石大別為自然金屬系統、氧化物系統 (內含碳酸鹽及矽酸鹽等物) 及硫化物系統 (內含砷化合物) 等三大類。

重要的礦石如次：

1. 自然金屬 金、銀、銅、鉑及鉑族的金屬。

2. 氧化物 鐵 (磁帶礦 Fe_3O_4 、赤鐵礦 Fe_2O_3 、褐鐵礦 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、菱鐵礦 FeCO_3)。錳 (軟錳礦 $\text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ 、硬錳礦 MnO_2 、菱錳礦 MnCO_3)。錫 (錫石 SnO_2)。鋁 (水礬土 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)。鎂 (菱鎂礦 MgCO_3 、白雲石 $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$)。鎳 (矽鎳礦 $(\text{Ni} \cdot \text{Mg})\text{SiO}_2$)。鎢 (鎢錳鐵礦 $(\text{Fe} \cdot \text{Mn})\text{WO}_4$ 、鎢酸鈣礦 (CaWO_4))。鋅 (異極礦 Calamine $\text{Zn}_4\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、菱鋅礦 ZnCO_3 、紅鋅礦 ZnO 、鋅礦 $(\text{ZnO} \cdot \text{MnO})\text{Fe}_2\text{O}_3$)。銅 (孔雀石 $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 等。

3. 硫化物 銅 (黃銅礦 CuFeS_2 、輝銅礦 Cu_2S 、硫砷銅礦 Cu_3AsS_4)。鉛 (方鉛礦 PbS)。鋅 (閃鋅礦 ZnS)。銀 (輝銀礦 Ag_2S)。汞 (辰砂 HgS)。鎳 (鐵鎳礦 $2\text{FeS} \cdot \text{NiS}$ 、針鎳礦 NiS 、硫砷鎳礦 NiAsS)。鐵 (黃鐵礦 FeS_2 、磁硫鐵礦 Fe_7S_8)。銻 (輝安礦 Sb_2S_3)。鉬 (輝鉬礦 MoS_2) 等。

4. 其他礦石 除上述1、2、3種礦石外，無正礦石存在，但也有含於其他金屬的礦石中，作為精煉其他金屬的副產品而回收的（Cd、Se、Au、Ag）。

第三節 從礦石至金屬

從礦石提煉金屬的場合，不得不做到經濟上盡量有利。有很多場合，非特礦物的品位低，且非僅含一種金屬而含種種金屬。從如此的礦石，怎樣地廉價大量獲得純度高的金屬呢？現在實行的金屬採取程序，大別如次：

(1) 選礦 從採得的原石，採集品位高的精礦。

(2) 預備處理 把精礦調配成容易冶煉的狀態。

(3) 提煉 把已處理的精礦，製造粗金屬。

(4) 精煉 從粗金屬除去不純物，製成純金屬。

從礦石製造金屬的冶煉中，有2種重要工作，不得不做。

(a) 礦石中的金屬或金屬化合物，須和脈石（ SiO_2 、 Al_2O_3 、 CaO 、 Fe_2O_3 等形成岩石的成分）分離。

(b) 金屬在礦石中，呈化合物狀態而被含有，須予還原，俾成金屬狀態。為使金屬或其化合物和脈石分離起見。

(1) 加適當添加物於礦石中，使之熔化（Fusion）（熔化冶煉法）後冶煉之。

(2) 利用高溫、真空及化學的方法等，把金屬或其化合物氣化（揮發冶煉法）後提煉之。

(3) 把金屬或其化合物用藥品予以溶化後冶煉之（濕式冶煉法）。

從化合物製取金屬的還原方法如次：

(1) 對於氧化物則用C、CO、 H_2 、Al、Si、Mg、Na等還原劑，在高溫還原（還原冶煉法）。

(2) 和金屬化合的硫黃或粗金屬中的不純物（例如生鐵中的C、Si、P等），在高溫用氧或空氣，氧化除去，即得純度高的金屬（氧化提煉法）。

(3) 用電化學的方法，予以還原（電解冶煉法）。

(4) 化學地用其他物質取代。

(5) 鹵化物在高溫用Mg還原（鹵化冶煉法）。

又在高溫舉行冶煉，謂之乾式冶煉，做成水溶液後舉行冶煉，謂之濕式

冶煉。由乾式冶煉得到金屬，一般含有多量不純物，必須予以精煉，藉以製取純度高的金屬。精煉的方法也有乾式和濕式二種。又精煉工程在使粗金屬調製成適於使用目的的金屬材料即可，有的場合，無需化學的高純度。但不純物如超過某一程度，能使金屬性質劣化，故多數場合，非予除去不可。

在冶煉過程中，除了提高金屬的品位，並圖產量增加外，其副生的熱、瓦斯、物質等的有效利用亦屬至要。

又燃料、爐的耐火物、操作法及添加物等的適當與否、用水的純度及電極材料的良好與否等，也和製品的品位與生產費等有直接關係，非予充分注意不可。在電子工業及原子力工業等方面使用的新金屬中，有的必須極高的純度。

茲舉冶煉工廠必要的條件於次，以供參考。

- (1) 原料及製品的運輸經費，必須價廉。
- (2) 工廠的地層堅固，適供巨型建築物及機械裝置等用。
- (3) 優良的用水必須豐富。
- (4) 電力供應的情況良好。
- (5) 工作人員須能確保安定。
- (6) 氣象狀態及生活環境良好。
- (7) 由於廢氣、廢水等的被害很少發生。

要研習金屬冶煉，因為它和化學、物理、金屬組織、金屬材料、耐火材料以及燃料等息息相關，須常高瞻遠矚，不可宥有一隅。又為順利從事生產起見，對其建設、設備，必須充分採納機械工程、化學工程、電機工程及電子工程等之知識、技術。由於如此的不斷努力，始可在激烈的經濟競爭中，屹立繁榮。

第二章 礦石的預備處理

從礦石煉出金屬之際，雖有從採得的原礦石直接冶煉的，但多數場合，爲使目的的金屬之能經濟地、高效率地生產，在冶煉操作之前，先予如次處理。

(a) 均礦

整粒（破碎和篩分） 把礦石粒子大小齊一化。均礦（Ore bedding）把礦石的成分劃一。

(b) 選礦 把礦石中不必要的岩石分除法，提高金屬含量。

(c) 乾燥 除去原料中的附着水分。

(d) 假燒 把妨礙冶煉的結晶水及氣體，從冶煉原料逐出。

(e) 煅燒 變爲容易冶煉的目的金屬的化合物。

(f) 結塊 把粉礦及粉狀原料做成塊狀。

以上各段操作，在冶煉的預備操作中，稱作預備處理。爲謀金屬生產的能率化起見，最近已被重視，欲行冶煉的礦石，一般都經過某些預備處理。

本章對於預備處理中非鐵金屬冶煉時舉行的冶金操作的主要事項，予以申述。

第一節 乾燥與假燒

一、乾燥

把附着於礦石上的水分或混於冶金原料上的水分除去的操作，謂之乾燥。有的場合，把含有水分的礦石，直接裝入煅燒爐或焙礦爐，在乾燥同時，舉行煅燒或冶煉，而省略了乾燥工作，但在此時，在多段煅燒爐的最上段，或在焙礦爐的爐頂部舉行乾燥。礦石的乾燥不得不預先舉行的，爲下列各種場合。

(1) 如浮選精礦的場合，含水量多，在下一工程中礦石的處理困難時。

- (2) 爲蒸發水分起見，需要多量燃料，引起熱損失，並降低爐的效率時。
- (3) 高溫熔化物與水分反應，有發生爆發之虞等時。
- (4) 除去團礦的水分，可以增加其強度與硬度時。

對於乾燥爐可用像水泥爐這樣的旋窖 (Rotary kiln) 或隧道式的隧道爐。旋窖爲具長的圓筒形爐體；橫置；微帶傾斜；在長軸的週圍；緩慢旋轉的爐。從其一端盛入礦石，直到移至他端爲止，和加熱空氣接觸，使之乾燥。至於團礦的乾燥使用隧道爐。總之爲適應各種場合起見，選用適當的乾燥爐。

二、假 燒

這是因爲礦石中的結晶水或碳酸鹽礦物中的 CO_2 等，對於冶煉有所妨礙，加熱予以除去，此種操作，謂之假燒。

下列各式爲某些礦石在假燒階段時之化學反應式。



對於結晶水的分解，約須加熱至約 300°C 爲止，至於碳酸鹽礦物的分解，則須加熱至 $600 \sim 800^\circ\text{C}$ ，粘土質礦物或硫酸鹽類礦物的假燒，則須熱至 $800 \sim 1000^\circ\text{C}$ 。

乾燥是把礦石加熱，藉使附着水分蒸發除去的操作，而假燒則爲如上式

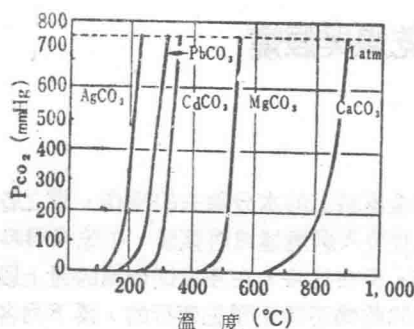


圖 2-1 碳酸鹽之分解壓力

所示的熱分解操作。此點亦爲和下述的煅燒，本質的差異所在。

設在真空容器中把碳酸鹽類加熱，則在某溫度開始熱分解，生成 CO_2 ，壓力計上即得 CO_2 氣體的壓力，這種 CO_2 的壓力，即爲該溫度時碳酸鹽的分解壓。茲將在種種溫度時之碳酸鹽類的分解壓和溫度的關係，列成 2-1 圖。碳酸鹽開始分解之溫度，是在該鹽分解生成 CO_2 的壓力，大於大氣中 CO_2

的分壓的溫度。在實際的假燒操作時，係將礦石在碳酸鹽的分解活潑，分解壓在達1氣壓以上的溫度時舉行假燒。假燒工程使用豎窯、旋窯及反射爐等。

第二節 煨 燒

一、煨燒的目的和種類

把礦石加熱至不到熔解程度的溫度，和空氣、碳、氯、水蒸氣或化學藥品作用，為達成下述目的起見，使礦石發生化學變化的操作，謂之煨燒（Roasting）。

- (1) 對於礦石給予化學變化，把冶煉對象的金屬化合物，變成冶煉容易的化合物。
- (2) 把含於礦石中而在冶煉上或冶煉金屬有害的不純物，例如 S、As、Sb、Se 及 Fe 等，予以除去。
- (3) 把硫化礦、砷化礦、銻礦或半冶物（Matte）等氧化，做成 SO_2 氣體或 As_2O_3 、 Sb_2O_3 及 SeO_2 等，從此製造此等金屬或藥品。

煨燒依照礦石所受化學反應的種類或煨燒方法的如何？分類如次，至於究應適用何種煨燒法？則視冶煉的方式予以決定。

- | | |
|-----------|--------------------------|
| (a) 氧化煨燒 | (1) 堆積煨燒 |
| (b) 硫酸化煨燒 | (2) 閃熱煨燒（Flash roasting） |
| (c) 還原煨燒 | (3) 流動煨燒 |
| (d) 氯化煨燒 | (4) 通風煨燒 |
| (e) 蘇打煨燒 | |

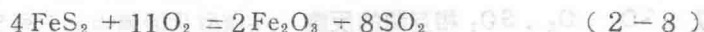
二、氧化煨燒

這是煨燒法中應用最廣的操作，對於硫化礦及砷化礦等，舉行此法。在空氣的存在下，把礦石煨燒使成金屬氧化物或含有氧氣的金屬化合物。

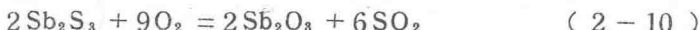
- (1) 把存於礦石中的目的金屬的硫化物氧化，先變成氧化物的形態後，還原冶煉之。



- (2) 把硫化鐵礦燃燒，生成 SO_2 ，製造硫酸。



(3) 把含於硫化礦中的 As、Sb、Te 等氧化，氯化除去之。



又氧化煅燒復可視氧化的程度及燃料，而可如次分類之。

(a) 完全煅燒 把礦石或精礦石中的金屬，變成氧化金屬，以儘可能除去 S 為目的的煅燒法，謂之完全煅燒法。Zn（蒸餾冶煉）、Pb（熔礦鹽冶煉）等的煅燒，即其例也。

(a) 半氧化煅燒 這是指把礦石或精煉中的一部分 S，氧化除去的場合而言。在銅的半冶銅煉（Matte）熔煉中舉行煅燒時，即其一例，這視半冶銅的品位保留若干 S。

(c) 自然煅燒 一般氧化煅燒的反應為放熱反應。在含硫量多的硫化礦時，礦石一經到達着火點，開始燃燒後，即以 S 自身的氧化熱，反應即可繼續進行，而無需外熱的供應者，謂之自然。依自然而進行的煅燒，謂之自然（Auto-combustion）或自熱煅燒（Self-roasting）。至於自然之可能與否，取決於下列各項。

(1) 存於礦石中的硫化物的種類及含量。

(2) 使用煅燒爐的種類。

三、硫酸化煅燒

Cu、Zn 等的硫酸鹽 CuSO_4 、 ZnSO_4 因易溶於水中，此等金屬的冶煉可將礦石中的目的金屬，變成硫酸鹽類、溶於水或稀酸液中，做成含有目的金屬的水溶液後，予以電解，或用濕式冶煉法，化學地把該金屬予以萃取。

作為 Cu、Zn、Ag、Ni 等冶煉的預備操作，為做成此等金屬的水溶性硫酸鹽，對於硫化礦舉行煅燒，謂之硫酸化煅燒。

1. 硫酸化煅燒的反應 礦石中的 S，氧化生成的 SO_2 和爐壁及生成氧化物相接觸，是時 SiO_2 與 Fe_2O_3 等形成觸媒（催化劑），更使之進一步氧化而生 SO_3 ，後者更與金屬氧化物作用，而生硫酸鹽類。



2. SO_3 、 O_2 、 SO_2 相互間的反應 在硫酸化煅燒中，下列 SO_3 的生成反

應，極為重要。

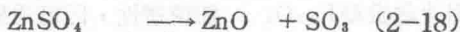
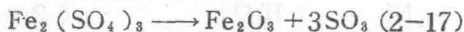


上列反應，視條件之如何，可以向左或右方向進行，是種可逆反應。查 SO_3 的生成反應極緩，為圖增高反應速度，而將溫度升高，則反應反方向進行， SO_3 即起分解。這是因為 SO_3 的生成反應為放熱反應，上式在一定溫度時達到平衡。如在此時升高溫度，則反應向溫度減低的方向進行的緣故。

在 2-2 圖中，已將在各溫度平衡時之 SO_2 、 O_2 及 SO_3 中的混合氣體中的 SO_2 的分壓表示。QQ 線為 $P_{\text{SO}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{SO}_3}$ 的全壓為 1 氣壓時的壓力，RR 線係將空氣中的場合，對 N_2 予以考慮，其 $P_{\text{SO}_2} + P_{\text{O}_2} + P_{\text{SO}_3}$ 的全壓為 0.2 氣壓的場合予以表示。

兩曲線都表示溫度如高則 SO_3 分解，分壓降低。

3. 硫酸鹽的生成與分解 但是將溫度繼續升高，則用盡心力製成的金屬的硫酸鹽，反而分解，而示 SO_3 的分解壓（解離壓）。



個別的硫酸鹽，各在一定溫度，表示一定解離壓。種種硫酸鹽的解離壓和溫度的關係，如圖 2-2 所示。

又硫酸鹽的生成，和煅燒氣體中的 SO_3 的分壓及硫酸鹽解離壓有關係，在 SO_3 的濃度大，且 SO_3 的分壓比硫酸鹽的解離壓尤大時，產生硫酸鹽。即在 2-2 圖中，溫度比硫酸鹽的解離壓曲線和 RR 線的交點溫度更低時，生成硫酸鹽。反之， SO_3 的分壓比解離壓更小時，因此，溫度比圖中的解離壓曲線和 RR 線的交點溫度更高時，硫酸鹽即起分解。

把上述事實，用數學式表示，則如次式。在 (2-16) 式的反應中，設在一定溫度時之平衡常數為 K，且在該溫度時硫酸鹽的解離壓為 P'_{SO_2} ，則

$$K = P_{\text{SO}_3} / P_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2} \quad (2-19)$$

$$P_{\text{SO}_3} = K \cdot P_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2} \quad (2-20)$$

所以

$$P_{\text{SO}_3} < K \cdot P_{\text{SO}_2} \cdot P_{\text{O}_2}^{1/2} (= P_{\text{SO}_3}) \text{ 時，有硫酸鹽生成。}$$

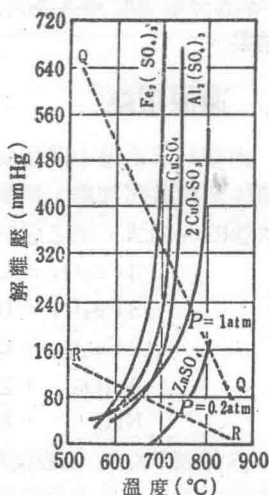


圖 2-2 硫酸鹽的解離壓。