

12

金屬冶煉及合金工業



商務印書館

增訂版附言

本書總輯原名“最新化學工業大全”，是我館於1935年冬，根據日本新光社1933年版“最新化學工業大系”全書，約國內專家譯出，在一年半內陸續出版的。全書共十五冊，凡五十八篇，約六百萬字，包括化學工業應有的各部門，材料豐富，論述精審，在當時是一部介紹化工新技術的較大出版物，成為國內化學工業界的重要參考書。全書出齊以後，初版不久售完，其後曾重印四次，銷行很廣。但本書自從出版迄今，已歷十五六年，這一期間，化工方面不絕有新的發明和進步，所以必須加以增訂。查日文原書曾於1938年改訂一次，復於1943至44年間澈底修訂，加入了不少新材料。全書除第六、第十、第十五三冊，未見修訂外，其餘十二冊，都用“三訂增補版”的名稱發行。這“三訂增補版”自從出書以來，也有了六七年之久，未及將第二次世界大戰期間以及戰後的新材料列入，在今天看來，仍不能稱為最新，然供作我國工業家及化工技術人員參考，實際上有其相當的價值。茲因我館舊譯本早已全部售缺，國內還有不少讀者需求這書，為配合國家經濟建設高潮的來到，實有再出增訂版的必要。故自本年初起，即根據日文原書“三訂增補版”各冊及1938年改訂版第六、第十、第十五三冊，重行補譯修訂，稱為“增訂化學工業大全”；並為便利讀者購買起見，特將全書所含各篇，按照化學工業一般分類方法，另作適宜的配合，分成三十四冊，各冊均以主要內容的篇名為書名，陸續出版，以便選購。全書計畫編訂，由邵向熊先生主持，補譯校修，由張聲、呂克明兩先生擔任，閱稿整理，由舒重則先生負責。

商務印書館 1951年12月

增訂化學工業大全分冊總目

1. 化學工業概論（附工廠測定及操作自動化）
2. 化學工程學
3. 無機酸工業
4. 食鹽及鹼工業
5. 化學工業原料
6. 氮固定工業及肥料工業
7. 氣體工業及冷凍冷藏工業
8. 電池及電化學工業
9. 煤及煤氣工業（附燃料概論、煤之低溫乾餾工業、煤溶工業）
10. 石油及頁岩油工業（附土瀝青工業）
11. 人造液體燃料工業（附木材乾餾工業、酸性白土及活性炭）
12. 金屬冶煉及合金工業
13. 陶瓷及耐火物料工業
14. 玻璃及搪瓷工業
15. 水泥工業
16. 炸藥工業
17. 染料及染色工業
18. 油脂工業（附硬化油工業）
19. 肥皂及甘油工業（附脂肪酸及蠟燭工業）
20. 顏料及塗料工業（附樹脂及漆、油氈及油布）
21. 糖及澱粉工業
22. 釀造工業（附清涼飲料工業）
23. 食物滋養品及調味品工業
24. 橡膠工業
25. 皮革工業
26. 天然纖維及人造纖維工業
27. 塑料工業（附照相材料工業）
28. 造紙工業（附墨水工業）
29. 香料及香粧品工業
30. 藥物工業
31. 化學熱力學
32. 應用膠體化學
33. 分光化學及應用X射線化學
34. 接觸反應

目 次

第一篇 銅	1
第一章 冶煉	1
第一節 礦石	1
第二節 冶煉法	1
1. 乾式法	2
2. 濕式法	9
3. 精煉	14
第二章 銅合金	18
第一節 銅	18
1. 物理性質及化學性質	18
2. 機械性質及用途	18
3. 熔解鑄造	19
第二節 黃銅	19
1. 黃銅	19
2. 特殊黃銅	23
3. 鍍銀	25
第三節 錫青銅	25
1. 單純之錫青銅	25
2. 機械青銅	27
3. 鉛青銅	27
4. 其他之青銅	30
第二篇 鎳及鈷	33
第一章 冶煉	33
第一節 礦石	33
第二節 冶煉法	33
1. 乾式法	33
2. 濕式法	40

第二章 鎳合金	45
第一節 鎳	45
1. 物理性質及化學性質	45
2. 機械性質	45
3. 熔解、鑄造、加工及用途	45
第二節 鎳銅合金	46
第三節 鎳鐵合金	47
第四節 鎳鉻合金	48
第三章 鈷	49
第三篇 鉛	51
第一章 冶煉	51
第一節 礦石	51
第二節 冶煉法	51
1. 焙燒還原法	51
2. 反應還原法	53
3. 精煉	53
第二章 鉛合金	58
第一節 鉛	58
1. 物理性質及化學性質	58
2. 機械性質及用途	58
第二節 鉛錫合金	58
第三節 鉛砷合金	59
第四節 鉛鎂合金及其他	59
第四篇 鈹	61
第一章 冶煉	61
第一節 礦石	61
第二節 冶煉法	61
1. 乾式法	61
2. 濕式法	63
3. 精煉	64

第二章 鋇合金	66
第一節 鋇	66
1. 物理性質及化學性質	66
第二節 易熔合金	66
第五篇 鋅及鎳	69
第一章 冶煉	69
第一節 礦石	69
第二節 冶煉法	69
1. 乾式法	69
2. 濕式法	75
第二章 鋅合金	83
第一節 鋅	83
1. 物理性質及化學性質	83
2. 機械性質	83
3. 溶解及用途	84
第二節 鋅銅合金	84
第三節 鍍鋅鐵板用之鋅	84
第三章 鎳	85
第六篇 錫	87
第一章 冶煉	87
第一節 礦石	87
第二節 冶煉法	88
1. 乾式法	88
2. 精煉	92
第二章 錫合金	94
第一節 錫	94
1. 物理性質及化學性質	94
2. 機械性質及用途	94
第二節 錫鉛合金	94
第三節 錫銻合金	95

第四節 錫鋅合金.....	96
第七篇 銻	97
第一章 冶煉.....	97
第一節 礦石.....	97
第二節 冶煉法.....	97
1. 焙燒還原法.....	97
2. 置換熔解法.....	101
3. 直接熔解法.....	102
4. 精煉.....	103
第三節 硫化銻之提煉	105
1. 坩堝爐.....	105
2. 管爐.....	105
第八篇 金	107
第一章 冶煉	107
第一節 礦石	107
第二節 冶煉法	107
1. 混汞法.....	108
2. 濕式法.....	109
3. 精煉.....	113
第二章 金合金	115
第一節 金	115
1. 物理性質及化學性質.....	115
2. 機械性質及用途.....	115
第二節 金銅合金.....	115
第三節 金鎳合金	117
第九篇 銀	119
第一章 冶煉	119
第一節 礦石	119
第二節 冶煉法	119
1. 混汞法.....	119

2. 濕式法	122
3. 精煉	124
第二章 銀合金	126
第一節 銀	126
1. 物理性質及化學性質	126
2. 機械性質	126
3. 熔解鑄造及用途	126
第二節 銀銅合金	126
第三節 銀鋅合金及銀鎳合金	127
第十篇 鉑	129
第一章 冶煉	129
第一節 礦石	129
第二節 冶煉法	129
1. 選礦	129
2. 濕式法	129
第二章 鉑合金	132
第一節 鉑	132
1. 物理性質及化學性質	132
2. 機械性質及用途	132
3. 熔解	132
第二節 鉑鈦合金	133
第十一篇 汞	135
第一章 冶煉	135
第一節 礦石	135
第二節 冶煉法	135
1. 汞之氯化	135
2. 汞蒸氣之凝結	139
第二章 汞及其合金	142
1. 物理性質及化學性質	142
第十二篇 鋁	143

第一章 冶煉	143
第一節 礦石	143
第二節 冶煉法	143
1. 氧化鋁之冶煉	143
2. 冰晶石之製造	145
3. 電解	145
4. 精煉	146
第二章 鋁合金	147
第一節 鋁	147
1. 物理性質及化學性質	147
2. 機械性質	147
3. 熔解鑄造加工及用途	147
第二節 鋁鎂合金	148
第三節 鋁銅合金	149
第四節 鋁矽合金	151
第五節 鋁鋅合金	153
第十三篇 鎂	155
第一章 冶煉	155
第一節 礦石	155
第二節 冶煉法	155
1. 氯化物之電解	155
2. 氧化物之電解	157
第二章 鎂合金	158
第一節 鎂	158
1. 物理性質及化學性質	158
第二節 鎂鋁合金	159
第三節 鎂鋅合金	159
第十四篇 鐵	161
第一章 生鐵之冶煉	161
第一節 礦石	161

第二節 冶煉法	162
1. 焙燒	163
2. 還原及熔解	164
第二章 鋼及熟鐵之冶煉	168
第一節 鋼之冶煉	168
1. 轉爐法	168
2. 平爐法	170
3. 雙重煉鋼法	173
4. 電煉鋼法	174
5. 坩堝煉鋼法	174
第二節 熟鐵之冶煉	175
第三章 鐵合金	177
第一節 鐵	177
1. 物理性質	177
第二節 鐵碳合金	177
1. 性質	177
2. 雜質之影響	181
3. 加工	181
4. 鋼之熱處理	182
5. 鋼鑄品	185
6. 鑄鐵鑄品	185
7. 鋼性鑄品	188
8. 冷鋼鑄品	190
9. 可鍛鑄品	190
第三節 合金鋼	192
1. 鉻鋼	192
2. 鉻鈹鋼	193
3. 錳鋼	193
4. 鎳鋼	194
5. 鎳鉻鋼	195
6. 矽鋼	196
7. 鈹鋼	196
8. 鎢鋼	196

9. 工具鋼	197
第四節 滲碳法及滲氮法	198
1. 滲碳法	198
2. 滲氮法	199
第十五篇 特殊合金	201
第一章 耐蝕合金	201
第二章 耐熱合金	205
第三章 電阻線用合金	207
第十六篇 砷	209
第一節 礦石	209
第二節 冶煉法	209
1. 砷之冶煉	209
2. 三氧化二砷之製造	210
3. 砷玻璃之製造	212
4. 硫化砷之製造	212
第十七篇 硫	215
第一節 礦石	215
第二節 製煉法	215
1. 乾式法	215
2. 濕式製煉法	218
3. 精製	218
4. 火口硫採取法	219

金屬冶煉及合金工業

第一篇 銅

第一章 冶煉

第一節 礦石 (ores)

銅雖有成爲自然銅 (native copper) 而天然產出者，然市場上之銅，殆皆由礦石所煉成。銅礦石之主要者，爲硫化礦物或其風化物。此種礦石中，除含銅外，普通又含鐵、鉛、鋅等之硫化物或其風化物及少許之金銀。又此種礦石，常與脈石 (vein stuff)、石英、石灰石等相伴，一同產出。由礦山掘出之銅礦，普通含銅 1.5~7%，視其性質若何，或即以作冶煉之原料，或先行選礦 (ore dressing)，提高其品位，然後以作冶煉之原料。

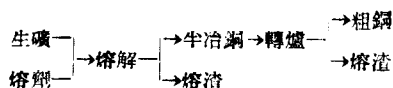
第二節 冶煉法

銅因礦石之種類，土地之情形，其冶煉之方法有種種，然大致可分爲乾式與濕式二種。所謂乾式法 (dry process)，爲先熔解銅礦，使成半冶品 (matte)，然後變之爲銅之法；此法適於處理品位高即含銅量多之硫化礦〔或精選礦 (concentrate)〕。所謂濕式法 (wet process)，爲先以藥液由礦石將銅溶解提出，然後由銅液使銅洗滌將其分離而出之法；此

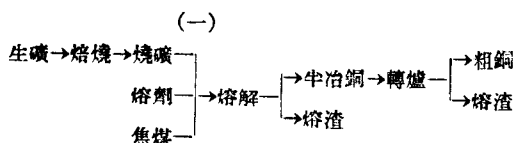
法適用於含銅量少，或不宜用乾式法處理之硫化礦等。以下將兩法分別詳述之。

1. 乾式法 乾式法係將礦石或直接熔解之，或於焙燒後熔解之，先煉成含銅量高之半冶品，即所謂半冶銅，再冶煉之為銅。此法之操作順序，大致如第 1 表或第 2 表所示：

第 1 表：



第 2 表：



表中之生礦為由礦山採出之原礦石或已經選礦之精礦，其中除含銅外，又含種種之硫化物、氧化物及脈石。

(a) 焙燒 (roasting) 所謂焙燒，即將硫化礦在大氣中加熱之意。硫化礦經焙燒後，其中之硫大部分被氧化而除去，較未經焙燒者，熔解之可成品位較高之半冶銅。又所謂半冶銅，即含多量銅之外，更含有鐵及硫 (Cu_2S , FeS , Fe) 之冶金半製品。

銅之冶煉，礦石含銅少時，直接熔解之，難得成分適於煉銅之半冶銅，此時礦石常於熔解前先焙燒之。惟焙燒若行之過度，則礦石中餘存之硫過少，熔解時生含銅過多之半冶銅，有使逃入熔渣中之銅增多之虞。故焙燒須適度行之，須使燒成礦 (roasted ores) 中餘存相當量之硫，例如由含銅 5% 之礦石煉含銅 40% 之半冶銅時，含銅 40 仟克之 Cu_2S 中，必須含硫 10 仟克。又含銅 40% 之半冶銅 100 仟克中，大致含 Cu_2S

50 仟克， FeS (鐵 32 仟克，硫 18 仟克) 50 仟克，故此時之焙燒，100 仟克之半冶銅中，須使餘存 28 仟克之硫。行焙燒時生成之亞硫酸氣，普通利用之以製造硫酸。

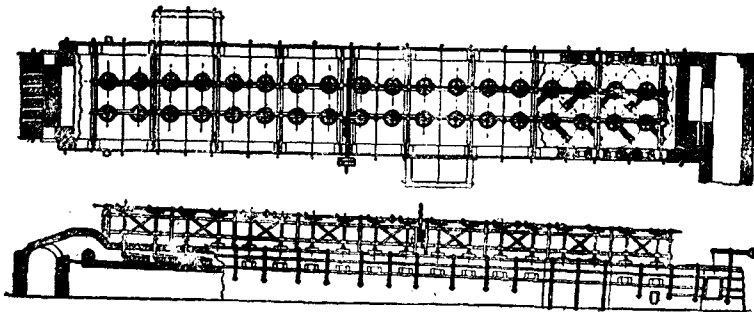
焙燒視礦石之大小及其性質，以種種之設備行之。

(i) 塊礦 (lump ores) 塊礦往時或行野燒 (heap roasting)，或用鼓風爐等焙燒之，然今日除特別情形外，塊礦不行焙燒。

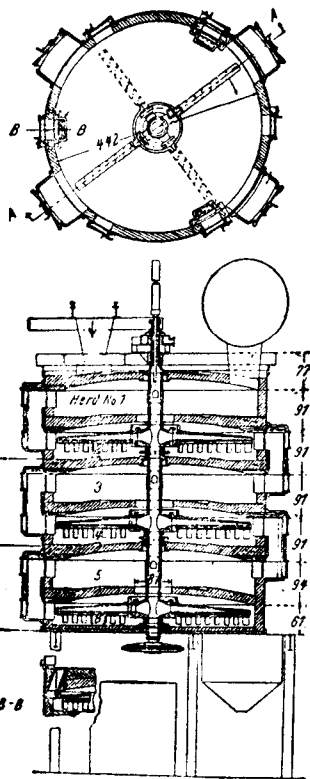
(ii) 粒礦及粉礦 (small ores) 粒礦及粉礦以長坑焙礦之反射爐 (或稱反焰爐)、直立形焙礦爐、燒結爐等焙燒之。

長坑焙礦反射爐 (reverberatory furnace) 此爐有狹而長之坑，坑之一端有進礦口，他端有火坑 (有時沿長邊設數火坑) 與出礦口。裝入之礦石在坑中由距火坑遠之一端順次被送至有火坑之他一端，燃燒氣由火坑向進礦口流來，與礦石恰相逆行。

礦石由進礦口順次被送至出礦口，在此時間中，即受焙燒。礦石在此種爐中之前進，有用人力者，有用機械力者，後者今日使用最廣。第 1 圖稱為愛德華爐 (Edwards furnace)，即使用機械力者之一例。此爐，坑之大小為 1.89×15.45 米，即 31 平方米，24 小時可以焙燒含硫 30% 之礦石 20 公噸，使硫減至 12%。



第 1 圖

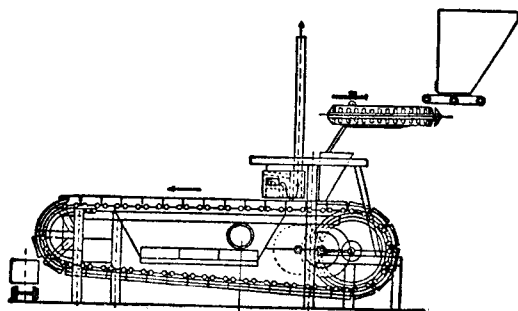


第 2 圖

直立形反射爐 此爐有如將上述長坑焙礦反射爐之坑分為數區而上下重疊之者。礦石裝入最上層之坑，一面被攪拌，一面順次移至下層之坑，最後由最下層之坑出爐。火坑設於最下層之坑，燃燒氣由最下層之坑，順次昇至上層之坑。礦石如上所述，由上層移至最下層，在此時間內，即受焙燒且受冷卻。第 2 圖稱為馬道加爾爐(M'Dougall furnace)，即此種爐之一例也。

此爐攪拌器及支持之之軸為水冷式。爐高 5.56 米，直徑 5.5 米，坑之全面積 14.9 平方米，攪拌器之轉動數，每分鐘 0.8 次。24 小時可以焙燒含硫 35% 之礦石 59 公噸，使硫減至 7%。攪拌礦石所需之動力為 $1\frac{1}{2} \sim 2$ 馬力。

燒結爐 (sintering furnace) 此爐



第 3 圖

焙燒礦石並使之團結成爲塊狀時用之，今日使用最廣者爲德威特·魯意爐(Dwight Lloyd furnace)，如第3圖所示。此爐直徑4米，含粉礦不甚多之礦石，用之甚爲相宜。

(b) 熔解

(i) 燒成礦之熔解 燒成礦加以熔劑(fluxes)〔礦石爲酸性時用石灰石(limestone)，爲鹼性時用含矽酸甚多之物〕而熔解之，則銅與一部分之鐵同成爲硫化物，其他之鐵與脈石，則與熔劑同成爲玻璃狀之物。冶金術上，前者稱爲半冶銅，後者稱爲熔渣或礦渣(slag)。二者因比重之差頗大，於熔融狀態分爲二層，易於互相分離。此時礦石中所含之金銀，爲半冶銅所吸收。又礦石中若含銻、砷甚多，則生成硬渣(speiss)，亦易與半冶銅及熔渣相分離。

熔解作業上，必須使熔渣成爲易與半冶銅分離之流動性，故礦石與熔劑之配合，常由計算定之。

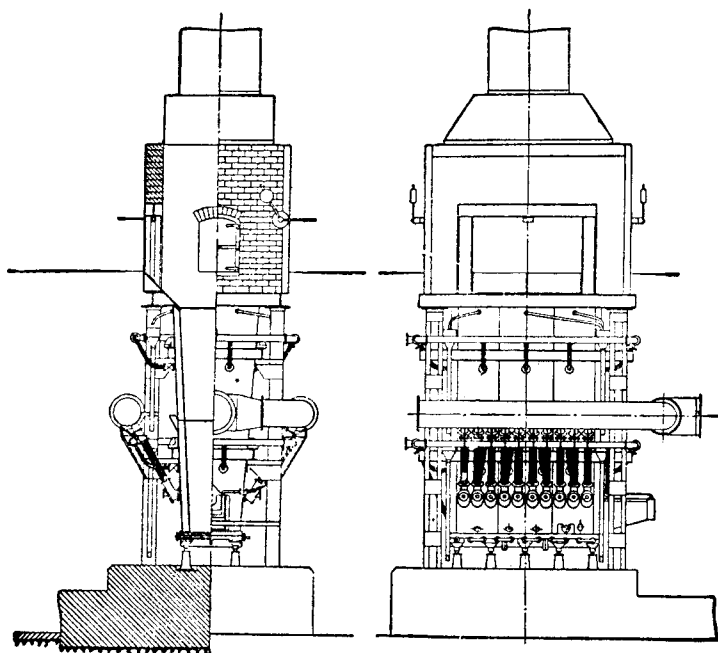
礦石之熔解，可用鼓風爐、反射爐、電爐等行之，普通用鼓風爐。

鼓風爐(blast furnace) 鼓風爐一稱高爐(hochofen)，礦石熔劑及焦煤，由爐上部之進礦口投入，爐下部之側面有風口(tuyere)，亦稱龍頭，由此送風入爐內使焦煤燃燒，以其熱熔解礦石及熔劑。礦石等在爐內熔解後，入爐下部或前面之煉坑(hearth)，半冶銅與熔渣於此互相分離。第4圖爲鼓風爐之圖。爐高普通4~5米，截面(風口處)寬約1米，長適宜定之。爐上部以耐火磚築造之，下部如圖所示，爲水冷式。

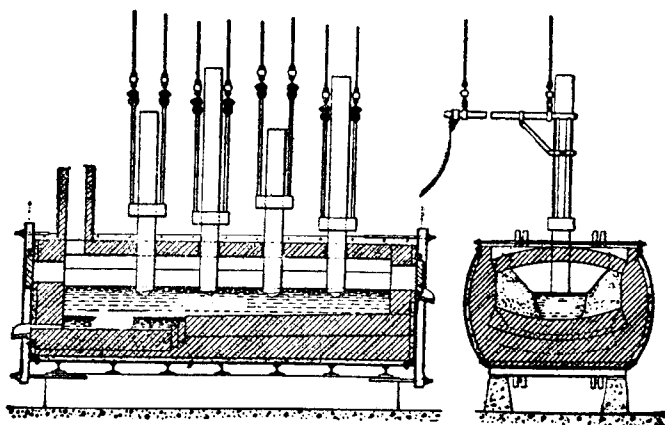
壓縮空氣之強度普通爲水柱100~120毫米，焦煤之用量約爲礦石之12~15%。

英國式反射爐 往時燒粉礦之熔解用之，今日已無用之者矣。

電爐 銅礦之熔解雖有用電爐者，然今日用之者尚不多。此時如用耶魯爾式電爐(Heroult electric furnace)，每熔解礦石1公噸，需電力



第 4 圖



第 5 圖