

冶 金 學

王 本 治 編 纂

鄭 尊 法 校 訂



商 務 印 書 館 發 行

序

周禮缺冬官而考工記實爲我國工藝之鼻祖其足取材也唐有九合冬幹而春膠其足揣稱也進與馬謀而退與人謀道技一貫事理雙顯後世纂言之士鮮能躋攀自世界進化環球溝通地寶日出而冶金之術亦愈工質化爲氣氣復合爲質錯之綜之銖之兩之變幻無窮原質不滅而應用於社會者日新先哲之贊康節駕風鞭霆歷覽無際今則掣電飛艇一一見之日用而國計之盈虛民生之休戚亦在在結不解之緣泰西工其術我學界青年分門而兼綜之事半而功倍王君本治畢業江南實業礦科歷任湘省各較講席課餘之暇成冶金要術一編原本英國敖士敦高倫德諸名人之書譯以公世其中頗有翦裁諸家異處則兼收同處則取長舍短可爲工業專門教科可備礦人參考天道後起者勝殆不謬矣譯者之志爲灌輸新知而作我知同人必先睹爲快也故樂爲書其端

中華民國三年二伏日蔚廬老人劉人熙書於長沙
柘原草堂

例 言

一、冶金學西文之著述雖多，然欲求一繁簡適中，可譯作吾國工校教科書及化學教員參考書者，苦未之見。譯者授課湘省第三甲種工校時，卽感此困難。爰於課餘之暇，羅列英美諸書，擇要逐譯，閱時兩載，始克成編。雖不足鑒閱者之望，然箇中甘苦，要在會心人，惟能諒之耳。

一、編中度量衡悉仍英法之舊，苟折合吾國之制，必致數有奇零，徒滋紛擾，故不取焉。

一、溫度以百度計爲標準，間有用華氏計者，必特爲標出，以免混淆。

一、冶金學吾國前無譯本，欲參證而無從，編中諸術語譯名，遂不得不自行創造。雖經苦心斟酌，然紕繆之處，不敢謂其必無。揆敵補偏，是所望於閱者。

中華民國十二年一月 譯者識

目次

第一篇 金屬之物理性質.....	1
1.冶金學 2.金屬 3.密度 4.展性 5.脆性 6.延性 7.韌性 8.彈力 9.試機 10.硬度 11.金屬之流動 12.顏色 13.光澤 14.可熔性 15.硬煅,強煅,及韌煅 16.高熱對於金屬性質之影響 17.低溫對於金屬性質之影響 18.金屬之揮發 19.金屬之彌散 20.傳熱傳電 21.磁性 22.比熱 23.結晶 24.晶形組織	
第二篇 燃燒及熱力.....	24
25.熱之來源 26.燃燒 27.火酸 28.燃燒所生之熱 29.燃料之熱力 30.蒸發熱力 31.熱力試測法 32.馬勒柏德檢卡計 33.高熱測定法 34.百度計與華氏計之變換法	
第三篇 燃料.....	36
35.燃料之分類 36.薪柴 37.木之成分 38.木之性質 39.泥煤 40.煤 41.褐煤 42.煙煤 43.燭煤 44.無煙煤 45.木炭 46.燒木炭法 47.成炭之理 48.甑窯燒炭 49.曲頸甑製炭 50.炭之收數 51.燒煉泥煤 52.焦煤 53.蜂窠煉焦爐 54.阿頓爾特煉焦爐 55.科佩煉焦爐 56.副	

產物之收集 57. 西門卡偉爐 58. 宜美索爾未爐 59. 凝
集機 60. 焦煤之性質 61. 煤焦油及礫精液 62. 焦煤之
去硫 63. 用散煤煉焦 64. 煤餅 65. 液體燃料 66. 氣體燃
料 67. 生產爐氣 68. 西門子生產爐 69. 威爾遜生產爐
70. 逸夫生產爐 71. 麥德氣 72. 生產爐氣之性質 73. 生
產爐氣中之焦油 74. 水煤氣 75. 兌爾尾克夫萊瑟法
76. 鼓風爐氣

第四篇 耐火材料 69

77. 耐火材料 78. 火泥 79. 火泥中之雜質 80. 火甌 81.
火甌應具之性質 82. 火星石 83. 狄納斯石 84. 狄納斯
甌 85. 石英, 燧石, 及石英石 86. 鹽基性材料 87. 中性材
料 88. 他種耐火材料 89. 坩堝 90. 陶泥坩堝 91. 坩堝
之形式 92. 陶泥坩堝應具之性質 93. 石墨坩堝

第五篇 煉爐 80

94. 煉爐之分類 95. 甄窯 96. 蘇格蘭窯 97. 基爾斯窯 98.
大衛斯窯 99. 鼓風爐 100. 鼓風爐中之反應 101. 裝砂
102. 形式及物料 103. 煉坑 104. 水箱及水套 105. 龍頭
106. 坯模及熔渣模 107. 捲揚機 108. 淺爐 109. 空氣之供
給 110. 鼓風機關 111. 吹機 112. 壓力之調整 113. 氣壓
之測量 114. 循環爐 115. 反酸爐 116. 焙砂反酸爐 117.
愛德華吞爐 118. 焙砂反酸爐 119. 反酸爐火氣之性質
120. 氣體爐 121. 西門子煉鋼循環爐 122. 西門子新式循
環爐 123. 反酸爐之熱力 124. 坩堝爐 125. 焙爐 126. 蒸

溜飯爐

第六篇 礦砂110

127.礦砂 128.礦砂之產狀 129.礦砂之形狀 130.鐵 131.銅 132.鉛 133.鋅 134.錫 135.金 136.銀 137.水銀 138.鎳與鈷 139.白金 140.鈦 141.鈾 142.錒 143.銻 144.鉛 145.鋁 146.砷 147.鎂 148.鉀 149.鈉

第七篇 製砂 123

150.製砂 151.手選 152.破石機 153.搗礦碓 154.圓輓機 155.淘洗 156.水簸 157.無端帶 158.適於淘洗之礦砂 159.煨燒 160.布魯刺勒煨燒爐 161.煨燒時礦砂之反應 162.磁力分離礦砂法 163.風化 164.礦砂飯

第八篇 煉法類別.....131

165.熔煉 166.乾法及濕法 167.還原 168.還原劑 169.煨燒 170.烘焙 171.柏塞麥煉法 172.鉛煨法 173.骨灰杯法 174.硫化物之還原 175.鹽焙法 176.氯化法 177.精化法 178.蒸溜及昇華 179.熔離 180.濕錄 181.曇金及斯派斯 182.助熔劑 183.熔渣

第九篇 合金 143

184.合金 185.熔融 186.加壓 187.電沈結 188.熔離及分離 189.電流對於合金熔時之作用 190.合金在不同熱度時之傳電 191.雜質對於合金性質之影響 192.合金中金屬互生之影響 193.熱度對於合金力量之效果 194.低熱度對於合金性質之效果 195.稀金屬及其合金

196.稀金屬之工業用途 197.合金之色 198.工業上重要之合金 199.合金之溶液學說 200.合金之構成

第十篇 鐵生鐵 175

201.純鐵之性質 202.鐵之種類 203.生鐵中之碳素 204.生鐵之種類 205.生鐵之成分 206.別種生鐵 207.變級 208.結晶對於鑄造物之影響 209.生鐵中雜質之影響 210.生鐵合金 211.煉生鐵所用之物料 212.爐爐之佈置 213.鼓風爐中之變化 214.熔渣 215.熔渣之用途 216.灰塵 217.火氣 218.煤焦油及烟精之凝集法 219.鼓風爐之形式及大小 220.礦砂與燃料之配合 221.熱風之利益 222.冷爐生火 223.鑄造廠 224.熔鐵爐 225.模

第十一篇 熟鐵..... 193

226.熟鐵 227.熟鐵之短處 228.熟鐵之張強 229.熟鐵之製法 230.煉鐵 231.變化之理 232.煉法所用之生鐵 233.乾煉法 234.煉法之改良 235.白鐵爐 236.露火爐煉熟鐵法 237.煉礦砂成熟鐵法 238.卡塔拉泥亞淺爐 239.美國塊鐵爐 240.高塊鐵爐 241.傅司加夫高塊鐵爐 242.奧祿煉法 243.布雷耳法 244.西門子直接煉法 245.榨鐵 246.掀鏈 247.柄鏈 248.汽鏈 249.榨機 250.列輓 251.三聯輓及來復輓 252.商品鐵條 253.鐵板鐵片 254.鍛接 255.電鍛接

第十二篇 鋼..... 214

256.鋼 257.鋼之硬殼及強殼 258.生鋼硬殼及強殼之理

259. 歲門特法 260. 泡鋼 261. 熟鐵成鋼之變化 262. 箱硬法
263. 有展性之鑄造物 264. 泡鋼之處理 265. 坩堝生鋼
266. 坩堝鋼之整作法 267. 鋼之性質 268. 印度鋼
269. 煉鋼

第十三篇 熟鋼..... 223

270. 熟鋼 271. 熟鋼中雜質之影響 272. 熟鋼之煉法 273. 柏塞麥法
274. 迴轉爐 275. 機器之佈置 276. 鼓風 277. 變化之理
278. 柏塞麥生鐵 279. 熔煉之久暫 280. 迴轉爐之形式
281. 鹽基性柏塞麥法 282. 煉法 283. 變化之理
284. 所需之生鐵 285. 爐中之出產物 286. 鐵爐之形式
287. 西門子法 288. 煉爐 289. 煉法 290. 需用之物料
291. 西門子馬丁法 292. 鹽基性西門子法 293. 煉鋼之物料
294. 爐中之出產物 295. 爐式之變更 296. 柏特龍退爾法
297. 托爾波特法 298. 各法之比較 299. 需用鐵錐之理
300. 鑄造鋼錠 301. 煖鋼穴 302. 軋壓鋼錠 303. 鋼錠之缺陷
304. 去硫 305. 錫鋼 306. 鉻鋼 307. 錳鋼 308. 硅鋼
309. 鋁鋼 310. 錳鋼 311. 高碳鋼

第十四篇 銅..... 240

312. 物理性質 313. 化學性質 314. 商品銅 315. 銅之提煉
316. 氧化銅礦砂 317. 硫化銅礦砂 318. 煉銅乾法 319. 烘焙
320. 烘焙硫化銅礦砂之反應 321. 整砂之普通烘焙
322. 粗砂及精選砂之普通烘焙 323. 鼓風烘焙法 324. 反饋爐併煉法
325. 衛爾士煉法 326. 精選銅 327. 用大

反鼓爐熔煉粗礦砂及精選砂法 328.鼓風爐熔煉法
 329.鼓風爐之形式 330.圓爐 331.用圓爐熔煉氧化銅礦
 砂 332.福洽公司煉氧化銅砂之圓爐 333.直角形爐 334.
 直角形爐之普通建築法 335.鼓風爐之工作法 336.硫
 鐵熔煉法 337.硫鐵熔煉法之反應 338.鑛金之柏塞麥
 迴轉爐法 339.酸性爐之胎襯法 340.酸性爐中煉法之
 進行 341.爐中之反應 342.鹽基性迴轉爐 343.迴轉爐
 法中銀銅之損失及雜質之除去 344.精煉法 345.精煉
 法之進行 346.精煉生銅為陽極銅法 347.電解精煉法
 348.平結式之進行 349.用電解法處理銅鑛金 350.濕法
 提銅 351.工作法 352.煎砂中提銅濕法

第十五篇 鉛..... 292

353.物理性質 354.化學性質 355.氧化鉛 356.醋酸鉛
 357.硫酸鉛 358.炭酸鉛 359.硫化鉛 360.鉛礦砂 361.煉
 鉛法之分類 362.空氣還原法 363.變化之理 364.煉法
 之變更 365.鐵還原法 366.爐中反應 367.煉法之變更
 368.氧化鉛之還原 369.渣滓爐法 370.爐中反應 371.水
 套爐 372.烘焙之反應 373.鼓風烘焙法或鐵壺烘焙法
 374.爐中之反應 375.煉法之變更 376.蘇格蘭鉛砂淺爐
 377.美國鉛砂淺爐 378.使鉛變軟 379.鉛中分銀 380.結
 晶法或帕丁生法 381.銻法 382.盧羅二氏法 383.結晶
 法與銻法之比較 384.鉛中去銻 385.骨灰杯提銀法
 386.密陀僧之還原 387.德國骨灰杯爐 388.鉛之電解精

煉法	389.煙道灰塵及鉛煙	390.鉛煙之還原	391.鉛皮
	392.鉛管	393.鉛彈	394.蜜陀僧片
		395.蜜陀僧粉	396.紅鉛
	397.橙鉛		
第十六篇 鋅 鎘 錫329			
鋅 329		
	398.物理性質	399.化學性質	400.氧化鋅
	401.硅酸鋅	402.硫酸鋅	403.硫化鋅
	404.烘焙	405.鋅餅鋅板	406.鋅之用途
	407.熔煉法	408.比國法	409.爐內之出產
	410.煉法之改良	411.英國法	412.西利西亞法
	413.舊法之改良	414.萊因法或比國西利西亞法	415.鋅之精煉
	416.鋅消失之原因	417.電解鋅	418.鋅砂之電熔煉法
	419.鋅白鎘 343	
	420.鎘	421.鎘之提煉法	
錫 344		
	422.錫	423.製砂	424.康瓦爾熔煉黑錫法
	425.生錫之精煉	426.變化之反應	427.鼓風爐煉錫法
	428.從洋鐵屑及舊洋鐵器取錫法	429.錫之用途	
第十七篇 鎳 附鈷 351			
鎳 351		
	430.物理性質	431.化學性質	432.氧化鎳
	433.硅酸鎳	434.鎳化炭基質	435.硫化鎳
	436.砷化鎳	437.鎳礦砂	438.提煉法
	439.從硫化物礦砂提鎳法	440.硫化鎳礦砂含銅者之提煉法	441.鎳鎳合金
	442.金屬鎳	443.奧福	

德法	444. 夢德法	445. 從加尼爾礦石取鎳	446. 從砷化物礦砂取鎳	447. 由斯派斯製煉金屬鎳之濕法	448. 赫倫士密特氏取鎳濕法	449. 氧化鎳之還原	450. 製立方鎳法	451. 製海棉狀鎳法	452. 製熔解之鎳	453. 鎳之電冶法																					
鈷 370																														
454. 鈷	455. 鈷礦砂	456. 製煉氧化鈷及金屬鈷																													
第十八篇	金..... 372																														
457. 金	458. 金之產狀	459. 淺沙金	460. 深沙金	461. 脈金	462. 淺沙金採取法	463. 淘盆	464. 淘金搖牀	465. 淘金溝	466. 淘金槽	467. 浮金	468. 河底採金	469. 深沙金採取法	470. 水力衝洗法	471. 脈金採取法	472. 游離金之混鍊法	473. 氯化法	474. 普拉特濕法	475. 變化之理	476. 退斯法	477. 池溶液法	478. 精化法	479. 精化法之化學反應	480. 精選砂之處理法	481. 金之精煉法	482. 硝酸法	483. 硫酸法	484. 谷次科法	485. 用綠氣分離之密勒法	486. 洛茲法	487. 電解法	488. 包金鍍金
第十九篇	銀..... 404																														
489. 銀	490. 銀礦砂	491. 水銀池法	492. 堆中反應	493. 熱混鍊法	494. 蒸溜	495. 圓桶法	496. 桶中反應	497. 圓鍋法	498. 帕忒喇法	499. 變化之理	500. 羅素法	501. 鉛之沈澱法	502. 用額外溶劑處理法	503. 奧古斯丁法	504. 克羅對法	505. 齊服格爾法	506. 精化法	507. 本法之													

反應	508.銀與銅分離法	509.電鍍銀	
第二十篇	白金	附銦銱	426
	510.白金	511.白金之提取	512.武拉斯吞法
	513.石灰坩 埚爐	514.得微爾法	515.純淨白金之製煉法
	516.白金 之用途	517.銦	518.銱
第二十一篇	水銀		434
	519.水銀	520.空氣還原法	521.易德里亞法
	522.易德里 亞新法	523.阿爾瑪丁法	524.舊金山連攪煉銻爐
	525. 格刺奈察爐	526.石灰法	527.收爾蒸溜瓶爐
	528.鐵法	529.水銀之提淨	530.用途
	531.玻璃鏡之製法		
第二十二篇	鋁	鎂 鉀 鈉	445
	鋁		445
	532.鋁	533.得微爾煉法	534.電熔煉法
	535.拜厄製三氧 化二鋁法	536.考爾斯法	537.鋁之用途
	鎂		450
	538.鎂	539.普通熔煉法	540.電熔煉法
	鉀		451
	541.鉀	542.卡斯特涅煉鉀法	543.電解法
	鈉		453
	544.鈉	545.鐵筒煉鈉法	546.卡斯特涅法
	547.電解法	548.波歇斯法	
第二十三篇	銻		455
	549.銻之物理性質	550.銻之化學性質	551.氧化銻
			552.

硫化錫	553.	商品錫	554.	用途	555.	合金	556.	礦砂	557.
由礦砂中取錫	558.	熔離法	559.	沈澱法或鐵還原法					
560.坩堝沈澱法	561.	用反錐爐沈澱法	562.	烘焙法	563.				
單純烘焙	564.	揮發烘焙	565.	沙提永法	566.	赫倫士密特法	567.	煉氧化錫還原爲金屬錫	568.
精煉不純之錫	569.	濕法提煉錫砂	570.	電解法提煉錫砂					
篇二十四篇 砷及鉍.....481									
砷..... 481									
571.砷之物理性質	572.	砷之化學性質	573.	砷之氧化物					
574.砷之硫化物	575.	合金	576.	砷礦砂	577.	煉砷	578.	金屬砷	579.
白砒	580.	精煉	581.	雄黃(黃色砒玻璃)	582.	雌黃(紅色玻璃)			
鉍..... 489									
583.鉍	584.	鉍礦砂	585.	鉍之提煉	586.	乾法	587.	坩堝法	
588.反錐爐法	589.	濕法	590.	鉍之精煉					
附錄..... 498									
第一節還原	第二節	金屬氧化物之製法	第三節	硫化物之製法	第四節	硫化物之還原	第五節	烘焙	
第六節	反應繁雜之還原法	第七節	合金之製法	第八節	硅酸鹽之製法	第九節	骨灰杯法	第十節	金屬之精煉
第十一節	沈澱法	第十二節	耐火材料及燃料	第十三節	雜題				
索引..... 529									
英漢譯名對照表.....539									

冶 金 學

第 一 篇

金屬之物理性質

1. 冶金學(Metallurgy)

冶金學者,即由礦砂中提出各金屬以供製造之用之術也。古人於金屬之性質煉法,多所發明,積其理是成科學 (science), 致其用則為技術 (art)。冶金有科學與技術之分,與化學有理論應用之別者正同。不過冶金之範圍較小,僅占應用化學之一部分而已。今讀者欲研究冶金,必先於普通化學窺其藩,又能於物理學,機械學涉其要,庶免霧裏看花水中捉月之誚。

2. 金屬 (Metals)

近世已發見之元素,總數達八十以上,別為金屬與非金屬兩門。其區分之理,蓋就各元素之特性而為之。故有一物於此,就此事論之,實為金屬,就他事論之,又為非

金屬者矣。總計金屬之數，約得六十。其常見而與工業製造有大關係者，不過十餘種。此外則產額甚微，或徒供學者窮理之資，或用為賞心悅目之具。本書為體裁所限，勢難徧及，祇得就其最重要者論列之。讀者苟由是而進窺各金屬專論之編，亦不無小補云爾。

本書所討論之金屬，可分為下之六項：

1. 鐵 各種鋼鐵。
2. 重金屬 銅，鉛，錫，鋅。
3. 較罕見之重金屬 鎳，鈷，鎳。
4. 貴金屬 黃金，銀，白金，鈀，銻，銻，水銀。
5. 鹼金屬及土金屬 鈉，鉀，鎂，鋁。
6. 半金屬 砷，銻，鉍。

金屬在工業上之價值，視其性質之良否以為差。其性質有物理的化學的之不同，茲先述其物理性質。

3. 密度(Density)

金屬之密度，視其分子之疎密以為差。分子之疎密，又與結晶結構及其他作用有關。如鑄時之熱度，冷卻之緩急，純淨之程度，及機械之處理等是也。大凡經抽絲及鎚擊則密度增，經平常延引，則微隙加大，故密度減小。斯勃林氏 (Spring) 曾加二萬氣壓於鉛，錫，鉍，銻，鎳，鋁，鋅等

金屬,經若干日,足使微隙完全消除。

以 15.5° C. 之蒸溜水為標準,將體積相等之金屬與之比較,計其輕重倍數之差,是謂比重 (specific gravity) 例如 1 立方呎之水重 1000 噸,同積之某金屬重 2000 噸,則 $\frac{2000}{1000}$ 所得之 2, 即為該金屬之比重,今序列普通金屬之比重如下:

銻	22.48	鎳	8.60
鈦	22.42	鈷	8.60
白金	21.50	鐵	7.86
黃金	19.32	錫	7.29
水銀	13.56	鋅	7.10
鈮	11.50	銻	6.52
鉛	11.37	砷	5.73
銀	10.50	鋁	2.65
鉍	9.80	鎂	1.74
銅	8.93	鈉	0.97
鎳	8.90	鉀	0.86

上列諸數,係指純淨金屬而言,若市上出售之品,常含雜質甚多,又因所處之狀況不同,故其比重時有差異。即同一純淨金屬,曾經高壓者,其比重常較未壓者為大,蓋因微隙減小,密度加增故也。

4. 展性(Malleability)

金屬遇錘擊或輓壓能展成薄片者，謂之有展性。無展性者，遇壓則碎，是謂有脆性。金屬具明顯之結晶性，如錒與鉍，皆缺乏展性。推之凡機械作用之增進金屬之結晶者，必損傷其展性。金屬展性之大小，以其能擊成之片之厚薄次第之。

1. 黃金	6. 白金
2. 銀	7. 鉛
3. 銅	8. 鋅
4. 鋁	9. 鐵
5. 錫	10. 鎳

上表祇能將金屬展性之高低列出，不能以數限定之。蓋展性視熱度及雜質為轉移，如富於展性之銅，熱近熔點即變脆；鉛中雜錒，展性大減；鋅之展性，祇現於 150° 時，然過不及時，皆脆而不可製作，是其例也。夫展性與脆性正相反，均非一躍可幾。如銅富於展性者也，雜入一氧化二銅，則展性銳減，脆性漸增。然其未全變脆之時，必兼有展性脆性，不過兩者俱不甚強而已。

5. 脆性 (Brittleness)

金屬受敲擊或熱度之猝變，其分子之黏結力忽然中斷，是謂有脆性。脆性之強弱，視金屬之純度，熱度，加力

之緩急,及構造之形狀以爲差,例如軋鋼可由煅燒使之變脆,此關於構造者也,鋼錠含磷,硫甚多者,製成之片必性脆,此關於純度者也,金屬棒有用他法試之爲非脆性,而用墜落試法(drop test)及墜重物試法(falling weight test)試之,而性脆者,此關於加力之緩急者也,熟鋼在 0° 與 150° 之間,脆性最小,在 250° 與 500° 之間,脆性最大,此關於熱度者也。

脆性之高下,可用錘試之,極脆者一擊即碎成小塊,次則分裂爲二,再次則沿邊拆裂,至於能成薄片者,則爲富有展性。

6. 延性(Ductility)

金屬能延長成絲而不斷者,謂之有延性,延性與展性不同,而實互相表裏,今順次排列之如下:

1.	黃金	7.	銅
2.	銀	8.	鈮
3.	白金	9.	鋅
4.	鋁	10.	錫
5.	鐵	11.	鉛
6.	鎳		

延性視熱度之高低爲轉移,有宜於高熱度者,亦有宜於低熱度者,大凡軋金屬較硬者爲強,然仍須視其韌

性之如何,例如鉛雖軟而韌性弱,其延性因之亦弱是也。

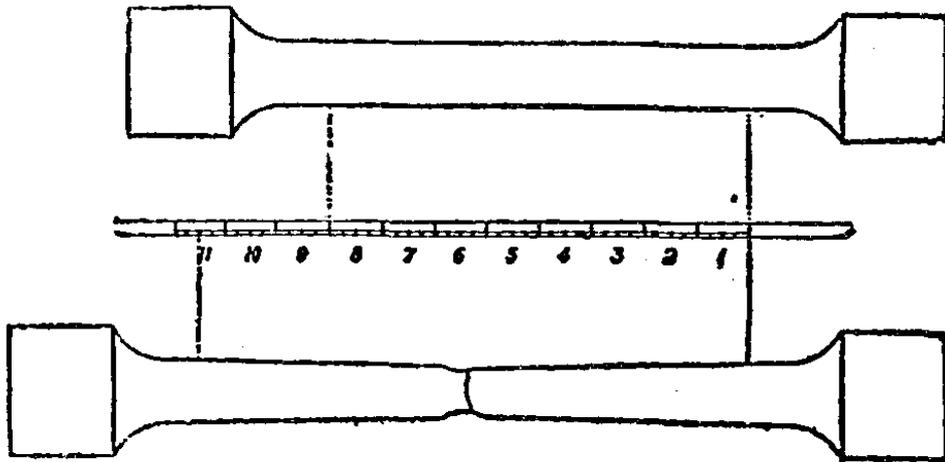
金屬絲之製法 取穿有圓錐形之孔若干箇之鋼板一塊,孔之大小不一,先用錘將金屬棒之一端錘尖,由最大之孔之粗端穿入,自細端伸出,用鉗夾而引之,則棒過板孔而變細增長,如法穿過他孔而愈細愈長,至達於所需之度爲止。

7. 韌性(Tenacity)

金屬有反抗其分子爲張應力 (tensile stress) 所分開之性,謂之韌性,此乃金屬之最要性質,而與工業製造及建築等有關者也。試驗韌性之法,將欲試之金屬製成通體均勻之或方或圓之棒,長逾一呎,於其中央刻兩記號,相距八吋或十吋許,計其切斷面積若干,送至試機上試之,棒漸引漸長,終裂爲二段,所用之力,謂之斷裂應力 (breaking stress), 每平方吋切斷面積所受之斷裂應力,謂之張強 (tensile-strength)。棒既斷裂,近裂處必變細而增長,記其增長若干,用百分法計算之,可以驗棒之適用與否。大凡張強大,棒之增長必少,張強小,棒之增長必多。經抽絲 (wire-drawing) 或重壓者性變硬,故張強加強,曾經煨燒者性變軟,故張強減弱。他如熱度愈高,韌性愈弱,雜質愈多,韌性愈改,皆不可不研究者也。今順列數種金

屬之張強如下:

鋼	10-100	噸	鋅	2.0	噸
熟鐵	20-40	”	錫	1.3	”
生鐵	7-12	”	鉛	1.0	”
銅	12-20	”			



第 1 圖

鋼條張強 = 24 噸。

未試之先兩記號相距 8 吋，

既試之後兩記號相距 10.5 吋，

伸長數 = 10.5 - 8 = 2.5 吋。

$$\frac{2.5}{8} \times 100 = 31.25 \%。$$

8. 彈力(Elasticity)

金屬物體因受外力而變形,力去後仍能恢復原狀者,謂之有彈力,彈力以復原時所生之力計之,亦即與變形時所施之力相等,試取長 10 吋,切斷面積 1 平方吋之熟鋼條,用 1 噸(= 2240 磅)之力引之或壓之,必稍變形,應

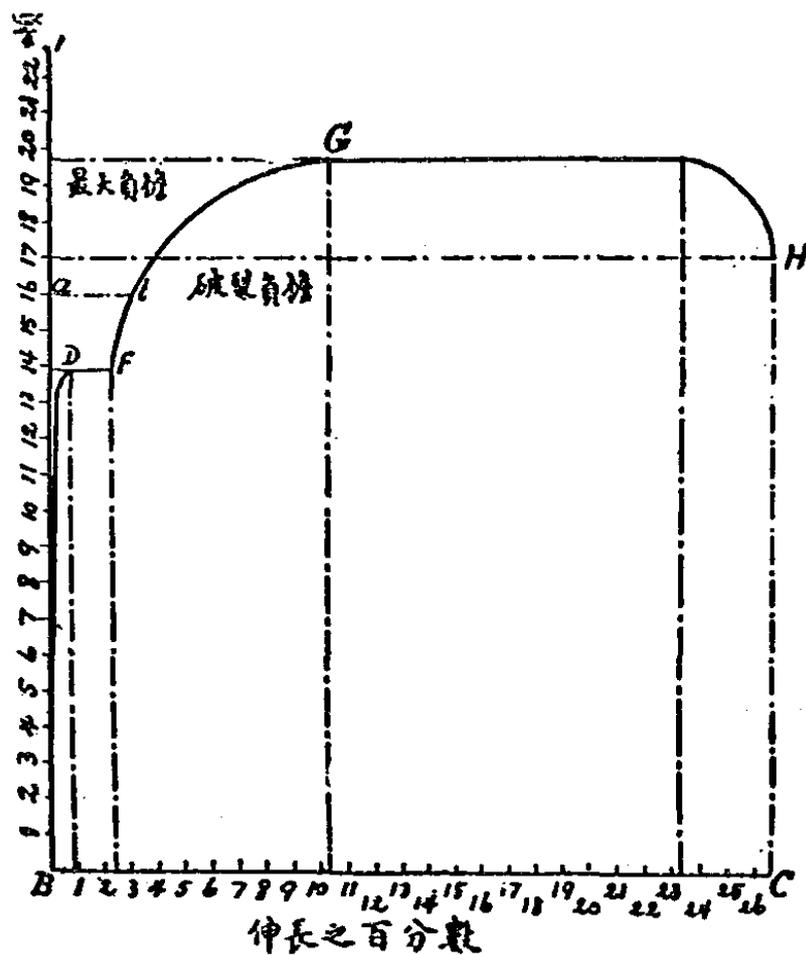
力加一倍,變形亦加一倍.設鋼條無斷脫之虞,則應力漸增,鋼條必能伸長一倍或壓短至於零.設此時鋼條仍能恢復原狀,則所施之力,謂之倍彈力(modulus of elasticity or Young's modulus).倍彈力與試條原長之比,同於變形所受之應力與變形之長之比.就上鋼條言之,設應力為1噸,變形之長為0.00075吋,則由下比例式,可推得倍彈力 $x = 29.9 \times 10^6$ 磅. $0.00075 : 10 :: 2240 : x$.

按之實際,金屬條未有引長一倍或能壓短至零,而尚能恢復原狀者,蓋未達此程度時久已失其還原之性.彈力與應力恰相平衡之點,名曰彈性限度(limit of elasticity).應力在彈力限內,各物體皆能復其原形.若應力超過彈性限度,則各物體必失其還原性,即發生永久變形(permanent set).

金屬之力所應考定者,有下之五事:

1. 金屬在彈力限內所能受之最大應力(greatest stress).
2. 彈力限內之變形(strain).
3. 當斷脫之前,變形之全量.
4. 金屬不致斷脫所能受之極度張強或極大應力(ultimate tensile strength or maximum stress).
5. 斷脫處面積之減小.

若自開始試驗迄於斷脫，將試條之變形繪為橫線，應力繪為縱線，則二者相交之諸點，必聯成一曲線。第 2 圖為試驗熱鋼所得之應力變形曲線 (stress-strain curve)。彈性限度為 13.5 噸， D 為屈撓點 (yield point)， F 至 G 為屈撓點與極大應力間之變形曲線。 G 為極大應力，約 19.86 噸。 H 為斷裂應力，約 17 噸。由弧線上之 D, F, G 或 H 點畫垂直線至底線，可知各力所生相當之變形。例如在

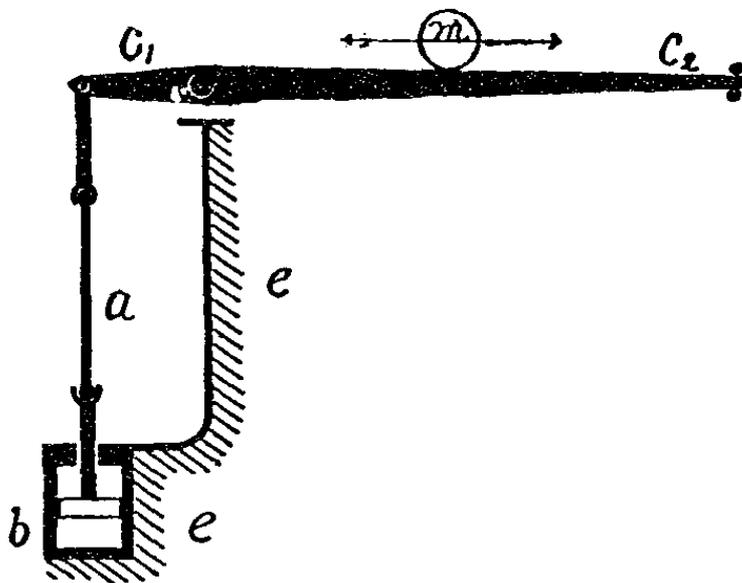


第 2 圖 熱鋼之應力變形曲線

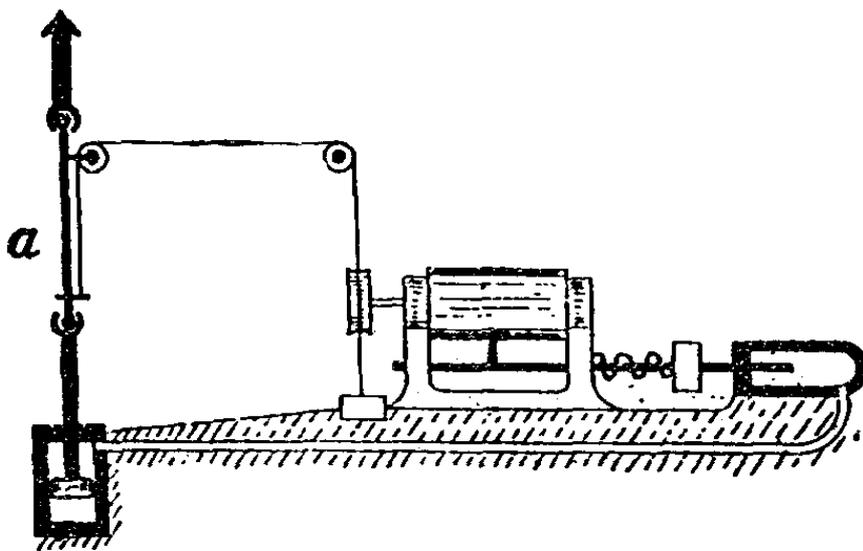
D , 變形不及 1%; 在 F , 變形恰在 2.5% 之下; 在 G , 變形得 10.25%; 在 H , 變形得 26.65%. 反之由曲線作垂直線至縱線, 則可知各點所受之應力.

9. 試機 (Testing Machines)

金屬力量須用試機始足定之, 試機之種類甚多, 茲



第 3 圖 試 機



第 4 圖 試 機 上 之 繪 圖 器

將韋克司梯德機 (Wicksteed's machine) 述之。 c_1c_2 爲槓桿, m 爲可移動之砝碼, a 爲試條, b 爲活塞, 以螺旋或水壓下按之。百噸之機, m 之重爲一噸, c_2 與 c_1 成 50 與 1 之比, 卽 m 在 c_2 杪端時, 足以支 c_1 杪端 50 噸之下壓力也。若所試之下壓力在 50 噸以上, 則另懸 1 噸重之物於 c_2 之杪而將 m 用螺旋退回, 恰使槓桿水平, m 進退 3 吋, c_1 杪端卽增減 1 噸, m 之上另有副尺, 可以表示噸之 $\frac{1}{100}$ 數。

試機上有附設繪畫應力變形圖機械者, 此物亦有數種, 第 4 圖卽韋克司梯德氏所用者也。繪圖筆之運動, 由水壓機之壓力爲之, 其進退與壓力成一定之比例, 試條上栓有金屬絲, 轉動圓鼓, 試條之伸長, 與圓鼓之轉動, 亦成一定之比例, 故試驗後圓鼓上繪出應力變形圖。

10. 硬度 (Hardness)

物之不易刮傷者謂之硬, 物之極硬者足以傷他物, 又難爲他物所傷, 今有兩物於此, 欲定其硬度之強弱, 則必互相刻畫, 其被傷者弱, 而傷之者強, 或各以刀剉刻之, 驗其傷否, 察其難易, 而定其高下, 今將普通金屬之硬度, 按莫氏表 (Moh's scale) 順列如下:

水銀 液體。

鉀,鈉 質軟如蠟,硬度(1).

鉛 可以指甲傷之,硬度(2).

白金,黃金,銅,錫,銀 易用刀刻傷,硬度(2-3).

鈷,鎳,鐵,鋅,銻 易用玻璃刻傷,硬度(3-6).

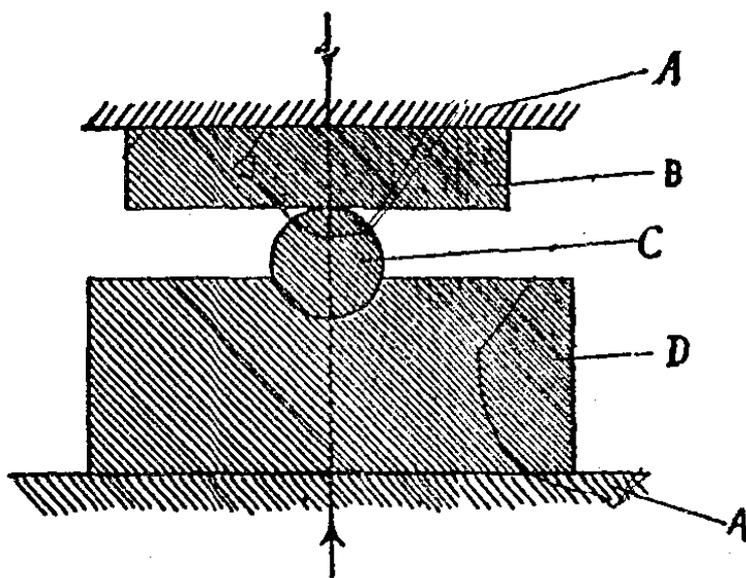
極硬之鋼 能刻傷玻璃,硬度在(6)以上.

布林雷爾 (Brinell) 之硬度試驗法,近世多通用之。法將欲試之物,用鋼球壓一印痕,以印痕之球面積,除壓時所用最大之力,所得之商,即為硬度數,今列由此法所求得之數種金屬及合金之硬度數如下:

滾過之銅	74	磷青銅	130
銀	59	鐘銅	124
銻	55	黃銅	63
金	45	磷錫	19.7
鋅	46	熟鋼(含碳 0.1%)	100
鋁	38	中等鋼(含碳 0.45%)	200
錫	14.5	高碳鋼(含碳 1.25%)	300
鉛	5.7		

11. 金屬之流動(Flow of Metals)

封蠟固體也,如支其兩端,經若干日,其中腰必下彎。薄片之鉛,同樣支之,現象亦同是即金屬分子亦能流動,如膠狀物故也,他如由銅板,銀板截下製泉幣之圓片,常



第5圖 布林雷爾試法
 AA' 道壓塊 C 最硬之鋼球
 B 所試之物 D 鋼塊

較原來之板為薄，用顯微鏡窺視，證明有若干金屬，橫流至原來之板中。再置此圓片於有花紋之模型之間，加以大壓，則因金屬流動，填滿模型之凹處，而幣以成。此外金屬細末（例如鉛末，錫末）在平常氣壓時，不能黏結為一，如施以巨壓，則併成一體，與熔解所得者無異。是亦以金屬能流動故也。

12. 顏色

金屬之顏色，視其純淨之度為轉移。顏色稍有變更，常可察出雜質之存在。例如銅色若似紅靛，即可知其含一氧化二銅；鋅之斷面現灰色斑點，即可知其含過量之

鐵是也,普通金屬可由其顏色類別如下:

(1) 白色 { 銀白 銀,
近於銀白 白金,鋁,錫,鎳,
白中帶藍 銻,鉛,鋅,
白中帶紅 銻.

(2) 灰色 生鐵,砷.

(3) 黃色 黃金及若干種合金.

(4) 紅色 銅.

13. 光澤 (Lustre)

金屬之表面愈滑,反射之光愈多,故光澤亦愈強,其種類視物體之性質為轉移,金屬特有之光澤,名曰金屬光澤,礦物如方鉛礦,黃鐵礦,亦有金屬光澤.

14. 可溶性 (Fusibility)

金屬除水銀外,平時俱為固體,熱之則熔,各金屬熔解之溫度,謂之熔點 (melting point),其高低知下表:

水銀	-39° C.	黃金	1064° C.
鉀	62° "	銅	1084° "
鈉	95° "	鎳	1427° "
錫	232° "	鈷	1462° "
銻	266° "	鐵	1505° "
鎘	322° "	鈮	1035° "

鉛	327° C.	白金	1745° C.
錳	419° „	鈦	1950° „
砷	450° „ (在壓力下)	銻	2500° „
銻	632° „		
鎂	633° „		
鋁	657° „		
銀	962° „		

又金屬可按其可熔性類別之如下。

焰色未紅即熔者	錫, 鈷, 鎳, 鉛, 銻, 銻, 鋁。
平常爐火可熔者	銀, 黃金, 銅。
平常爐火最烈時可熔者	鎳, 鈷, 鐵, 鈦。
平常爐火最烈時亦不能熔者	白金, 鈦, 銻。

浦耶氏爐火溫度表(Pouillet's Scale)

焰 色	C.	F.
微紅	525°	977°
暗紅	700°	1292°
淺櫻桃紅	800°	1472°
櫻桃紅	900°	1652°
全紅	1000°	1832°
深橙	1100°	2012°
亮橙	1200°	2192°
白或亮黃	1300°	2372°
亮白	1400°	2552°
眩目白	1500°	2732°
藍白	1500° 以上	2732° 以上

15. 硬燬,強燬,及韌燬 (Hardening, Tempering, and Annealing)

金屬之機械性質,大半視所受之熱處理為轉移.熱處理之主要方法有三,即硬燬,強燬,及韌燬是也.三者之意義不容含混,茲以鋼為例,解釋之如下.

將鋼強熱,急速退冷,其結果為硬燬.已硬燬之鋼,再行燒之,其溫度遠在硬燬時所用之溫度之下,旋即退冷(可緩可急),則鋼之硬度必然減低,是為強燬.將鋼燒紅,熱度達強燬之熱度以上,從容退冷,是為韌燬.金屬因退冷或機械處理所生之變形,可以韌燬之法免除之.

如欲實驗以資佐證,可取冷時能彎曲之鋼一片,分為三塊.將第一塊燒紅,沒入冷水退冷,性必變硬,折之即斷.將第二塊行第一塊同樣處理之後,再行燒之,熱度約等於鉛之熔點,嗣行退冷,則見其易於折彎,力去仍然伸直.將第三塊燒至明紅熱,從容退冷,性亦易於折彎,但力去不能伸直.

16. 高熱對於金屬性質之影響

鋼鐵在 80° 左右時,伸長之度減小,在 240° 左右時,張強之力加大,鐵遇振撞所生之脆性,以 300° 時為最甚,但其抵抗從容增加之縱應力及張力,亦以此時為最強.其

他之普通金屬,溫度漸增,張強漸減,如下表所示:

金屬名	每平方吋張強之磅數		
	0° C.	100° C.	200° C.
黃金	26,208	21,662	18,332
白金	32,144	27,440	24,528
銅	35,728	31,136	26,000
銀	40,320	33,040	26,432
鈮	51,856	46,144	38,528

17. 低溫對於金屬性質之影響

純鐵在平常溫度時,性較富有延性,若以液體空氣冷卻之,則變脆性,延性全失,硬度數由 88 增至 263. 若再達平常溫度,其延性仍然恢復. 鎳在液體空氣之低溫時,韌性由 29 噸增至 46 噸,硬度數由 100 增至 150, 延性由 43% 增至 51%. 銅及鋁在此低溫,其作用與鎳相彷彿,惟前者之延性無增加耳. 錳之作用與鎳大異,在低溫時,其性變脆. 低溫對於延性之比較,以鉛錫為最顯,在平常溫度時,二者裂斷之前,伸長約相等. 冷至 -182° , 錫不待伸長而已斷,鉛之伸長與 15° 時無殊. 今將平常溫度數種金屬之極度張強表列如下:

金屬名	每平方吋之極度張強(磅)	金屬名	每平方吋之極度張強(磅)
生銅	19,000	鉛皮	3,200
煅柔之銅	29,100	錫	3,400
生鐵(弱)	13,400	純金錠	15,680
生鐵(強)	27,300	抽長之金	38,000
生鐵(強弱適中)	16,500	抽長之銀	40,000
熟鐵板	49,000	白金	35,000
熟鐵條	55,000	白金絲	44,000
熟鋼	50,000	鋁錠	10,976
中等鋼	88,000	鋁條	16,128
高碳鋼	132,000	鋁板	20,160

18. 金屬之揮發 (Volatility)

金屬在熔點以下,似乎全不揮發,而其實不然,蓋其爲量太微,常人不能覺察耳.苟細心試驗,則知凝固之水銀,其周圍亦包有水銀蒸氣,與冰之周圍,包有水蒸氣之理相同.金屬在真空中揮發,較在平常氣壓中爲多.若溫度甚高,白金族之金屬亦能揮發,以減輕其重量.金屬之利用其易於揮發而提取之者,有砷,銻,鋅,鎢,鉀,鈉,水銀等.

19. 金屬之瀰散 (Diffusion)

昔人謂固體物有瀰散作用,徵之下述二例而益信,

今分述之。

(1) 核焙 (kernel-roasting) 將含銅之黃鐵礦砂,通以空氣而從容焙之,則硫化銅團聚於礦砂之中央,構成一核,裹於三氧化二鐵之內,而礦砂原含之銀,則趨向於外,成一明亮之殼,夫烘焙所用之熱,既未曾將礦砂熔解,則此種變動,實同於瀰散作用無疑。

(2) 合煉法或歲門特法 (cementation process) 置熟鐵於炭中而強熱之,不使熔解,則積久能變成鋼,然此時之碳,究係固體狀透入,抑係成 CO 之氣體狀透入鐵內,不可不有試驗以證明之,亞諾爾特氏 (Arnold) 及威廉氏 (M'William), 取實心小鐵筒,於其中央穿一直孔,另取小生鐵棒,將其外表鑿光,使其徑恰與筒孔之徑相等,先將筒燒至 150°, 使孔因熱稍膨,然後塞入鐵棒,棒之上面穿有一孔,安插熱偶線,線既安好,將鐵筒鐵棒盛入瓷管,移至真空中燒之,熱度在 950° 與 1050° 之間,經過 10 小時,取出退冷,鑿下圓筒內面之鐵,細心分析,確定碳及金屬均能成固體瀰散,今列分析之結果如下:

元素	鐵筒中原來之%	鐵棒中原來之%	試驗後鐵筒內面厚 $\frac{1}{25}$ 吋之處之%	10小時中瀰散之%
碳	0.05	1.78	0.55	0.50
硫	0.02	0.97	0.12	0.10
磷	0.015	1.36	0.11	0.095

鎳	0.00	1.51	0.11	0.11
錳	0.05	1.29	0.04	無
硅	0.027	1.94	0.028	”
鉻	0.00	1.10	0.00	”
鋁	0.02	1.85	0.02	”
鎵	0.00	1.41	0.00	”
砷	0.02	1.57	0.012	”
銅	微量	1.81	微量	”

20. 傳熱傳電(Heat and Electricity Conductivity)

金屬多善於傳熱傳電,然二者之程度各異,今分列之如下:

傳熱	銀	1000	傳電 (0° C. 時)	銀	1000
	銅	736		銅	999
	黃金	532		黃金	806
	鎂	343		鋁	551
	鋁	313		鋅	302
	鋅	281		白金	167
	鎳	201		鈮	164
	錫	152		鐵	164
	鐵	119		錫	152
	鉛	85		鉛	88
	白金	84		鎳	79
	銻	40		銻	42
	鉍	18		水銀	25
水銀	12	鉍	13		

傳電力與溫度成反比例,溫度愈高,電抵抗愈大,故

傳電力愈小。例如鐵之電抵抗，在 180°C .時增一倍， 430°C .時增四倍， 860°C .時增九倍，即其傳電力亦必因之而減小相當之倍數無疑。

21. 磁性

金屬對於磁之性質，可分為向磁 (paramagnetic) 及背磁 (diamagnetic) 二種。向磁性之物體，如係棒狀，持近磁之北極，則其近端感應成南極，有趨於磁場強部之傾向，故其結果兩相吸引；背磁性之物體反是，持近磁場之北極，其近端亦成北極，有趨於磁場弱部之傾向，故其結果互相推拒。此外向磁性之物體，於其中心自由懸之，置磁極間，其位置必與兩極之連結線平行；背磁性之物體，則與兩極之連結線成直角。鐵、鎳、鈷，向磁性者也；銅與鋁，背磁性者也。前數者之透磁 (magnetic permeability)，較空氣為大；後數者之透磁，較空氣為小。物體在磁場內能感應而生磁，移出磁場，仍能保守其大部分之磁，謂之留磁性 (retentivity)。鋼鐵在紅熱時，不能感應而生磁。曾經留磁之鋼鐵，燒至紅熱，即失其磁。各金屬失磁之熱度，謂之臨界點 (critical point)。鋼鐵之臨界點，約 770° ，而鎳約 300° 。

22. 比熱 (Specific Heat)

某物質 1 克升高 1°C . 所需之熱，謂之該物質之比

熱。大凡熱度愈高，金屬比熱之值愈大，愈低則愈小。就鐵言之， 0° 與 200° 之間，其平均比熱為 0.1175。自 0° 至 850° ，平均為 0.1647。然過此以往，其值不再增加，故 0° 與 1100° 間之平均值，僅得 0.1534，此鐵之特性也。今將 15° 與 100° 間普通金屬之比熱，列舉如下：

鉍	0.031	鈮	0.059
黃金	0.031	砷	0.081
鉛	0.031	鋅	0.094
銻	0.031	銅	0.098
白金	0.032	鈷	0.103
水銀	0.032	鎳	0.108
銩	0.033	鐵	0.110
銻	0.051	鉀	0.170
錫	0.055	鋁	0.218
銀	0.056	鎂	0.250
鎳	0.056	鈉	0.290

22. 結晶

金屬熔汁退冷時常常結晶，由氣體凝結之金屬，及由溶液用電解法沉澱之金屬，亦復如此。金屬之晶形，以立方系為最多，如白金，黃金，銀，銅，鉛，銩，錫，及鋅皆是也。然錫又能結正方系之晶，鋅又能結六方系之晶，是為有二形性 (dimorphous)。碳化鐵錳結斜方系之晶，銻及鉍結

六方系之晶，鈹之晶形常爲斜方六面體，與立方體頗相似，不細辨之，不能分別也。結晶形可以極冷及時常振盪生之，又可以輓壓及抽絲滅之。總之富於結晶性之金屬，脆弱而乏力，工業上無價值也。

24. 晶形組織 (Crystalline Structure)

當考驗金屬，未行採用顯微鏡之先，所謂晶形組織，不過指斷面之形狀耳。緻密者謂之細粒狀 (fine grained) 粗大者謂之粗粒狀 (coarse grained)；光澤如纖維者謂之纖維狀 (fibrous)；性硬而脆之金屬斷面如玻璃者謂之玻璃狀 (vitreous)。凡此名目，至今日均不免有浮泛之譏。今之研究晶形組織，須將金屬之表面磨光，用化學溶液加以適當侵蝕，然後考察其異同。其顆粒太密，人目所不能辨別者，且借助於顯微鏡，於是真正之晶形組織出焉。夫構成金屬之質量者，固爲顆粒，而構成顆粒者，尙有微晶，每顆粒中微晶按一定之方向而排列。金屬或合金經熱度之變遷，不僅其顆粒之大小有改變，即微晶排列亦有改變。例如輓鋼軋煅，其相鄰顆粒中之微晶，變爲互相吻合，遂致顆粒長大，鋼性變柔。推之凡熱處理或機械處理足以改變金屬之晶形組織者，亦必改變其機械性質。

第二篇

燃燒及熱力

25. 熱之來源

冶金之事多賴熱而後成，故熱為冶金學者所必講。熱多由燃料 (fuels) 而生，亦可由電力日光而得。

26. 燃燒 (Combustion)

兩物互相化合則生熱，熱之甚者乃發光，謂之燃燒。平時之燃燒，多起於燃料與空氣中養氣之化合，即燃料自燃，養氣助燃也。然自燃非專屬於燃料，助燃亦非專屬於養氣。大凡燃燒時兩者皆可視為自燃，亦可視為助燃，其變化恰兩相等。其指燃料為自燃物，養氣為助燃物者，特便於研究而已。

燃燒時必需之境遇 燃燒為化學變化，苟所處之境遇有妨其變化，則不燃燒。今將燃燒時必需之境遇，分列於下：

- (1) 燃料與空氣必兩相密接，否則不能燃燒，此為

人人所習見，毋庸詳述。

(2) 熱度宜達充分之高 燃料達一定熱度而始燃，謂之燃點 (ignition point)。不及乎此，則不燃燒。試將煤氣一縷放入空氣中，毫無變化，若以燭火引之，即著火發光，蓋因引燃時所生之熱，在煤氣燃點以上，故能燃燒。煤氣既燃，其變化所生之熱，足以保此熱度不降，故又能燃燒不熄也。各燃料之燃點，高低不同，有甚低者，例如黃磷，易燃於平常溫度，有甚高者，如煤，須燒至紅熱而始燃；如鐵，須達白熱而後燃也。反之設將已燃之物散去其熱，令至燃點以下，其燃燒必止。水之能滅火者，以火熱為水所吸收，熱度降至燃點以下故耳。利用此理，於燈火外包絡鐵網，分散其熱，使火燄不能外溢者，是為德斐氏安全燈 (Davy safety lamp)，煤礦中用之。

(3) 燃料宜碎 燃料愈碎，則與空氣相接之處愈多，燃燒亦愈熾。大塊之物與空氣相接之處甚少，故難於燃燒。試觀失火之後，零星小件化成灰燼，而大塊能燃之物，有僅燒焦其外面者，以與空氣相接之處有多寡之不同也。據此凡成堆之煤，不用風箱，則空氣不入，燃燒必不盛。鉛鐵雖為不燃之物，苟分成為極細之粉，灑入空氣中，亦能著火發光。夫物之最疏鬆者，莫如可燃性之氣體，故燃燒極速，若預和空氣而後引火，竟爆發有聲。

27. 火燄 (Flame).

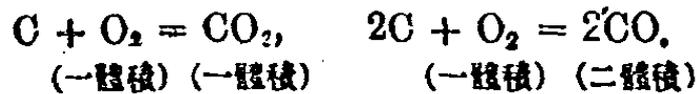
燃燒之現象，各物不同，有生火燄者，有不生火燄者。不生火燄之物，例如木炭，雖燒於純淨氧氣中，仍無火燄，苟使成堆燃之，以風箱扇之，則灰藍色之燄生焉。再取輕氣一縷燃之，其管端黑暗之部爲未燃之輕氣，最外爲空氣，燄居輕氣與空氣間，卽二物變化所生之結果也。由此觀之，火燄爲氣體燃燒所成，非固體物所有。木炭之有燄，實燃燒所生之一氧化碳 (CO) 爲之，非木炭之本質如是也。於此可得一通例曰，固體物燃燒多無燄，氣體物皆有燄。

有光之燄 (Luminous Flame) 輕氣之燄，烈而無光。煤氣燄之光甚強，氣質不同，故燃燒之現象亦異。考煤氣爲輕氣，碳氫化合物，及別種氣體所成，當燃燒時，與空氣中氧氣化合成水蒸氣及炭酸氣 (炭酐)。設此時空氣極足，火勢熾而變化全，則其燄無光，可於本生燈 (Bunsen's burner) 之燃燒見之。至平常煤氣燈，則其燄有光。煤氣初出管時，其體甚冷，是爲燈火中黑暗之部。居於此部之外，空氣之內者，爲混合氣體，燃燒有燄。燄之中央空氣不足，故燃燒不甚完全，然所生之熱，能使碳氫化合物中析出碳素，著火甚明，是卽燄之光也。過此與四周空氣相遇，發完全氧化，其光反弱，是爲燄外淡色之部。

煙 (Smoke) 當煤氣燃燒時,以冷物散去其熱,或減少其空氣,則碳素分析而出,未經氧化,逃散為煙,凡含碳素之物,燃燒不完全時,皆有此現象,如欲免除之,須將燃燒之煤氣,於其熱度未降至碳素燃點以下時,預和多量空氣而調勻之。

家用煤火 燃燒之現象,可就家用煤火說明之。當煤盛燃時,煤中碳素與竈底上昇之空氣化合而成碳酸氣及一氧化碳: $C + 2O = CO_2$, $C + O = CO$ 。前者上遇熾煤,亦變為一氧化碳: $CO_2 + C = 2CO$ 。出竈面時,燃成灰藍色之燄,仍變為碳酸氣而逃: $CO + O = CO_2$ 。設此時添入生煤,灰藍色之燄立滅,迨後生煤焮熱,濃煙滾滾而出,亦不能燃,苟將煤鬆動或以火引之,則濃煙與一氧化碳始同時著火,色紅多煙。蓋因生煤甚冷,竈內之一氧化碳及生煤中之可燃氣體與之相觸,均冷至燃點以下,苟不以火引之,則熱度不增故也。嚮使不以火引之,而俟生煤之漸燃,則下方之熱,傳達上面,亦能將一氧化碳及可燃氣體著火燃燒,然而熱之損失不少矣。

氣流 (Draught) 薪炭燃燒,化氣上昇,而冷空氣隨之流動,所化之氣維何?即碳酸氣與一氧化碳是也。碳酸氣之體積與空氣中所用去之養氣等,而一氧化碳倍之,如下式所示,在平常熱度時:



兩氣混合所占之體積較耗去之空氣略多，而重量倍之，然則何以能上昇乎？蓋二氣之混合物雖較空氣爲重，而以其熱度甚高，體積必脹，通例溫度高 1°C ，氣體增加原來體積 $\frac{1}{273}$ ，溫度高 273°C ，氣體之體積必增多一倍無疑，體積多一倍，比重即減小一倍，故得上昇煙突中，而冷空氣流動隨之焉，由是推知氣體流動之遲速，與煙突內熱氣與煙突外冷氣重量之較有關，煙突愈高，燃氣愈熱，與空氣重量之差愈大，故流動亦愈速，反之突內侵入冷風，燃氣之熱復減，氣不流動，而燃燒反燬者，蓋未之前聞也。

28. 燃燒所生之熱

工師以一磅之水增高 1°C 所需之熱，爲熱之單位，凡物氧化所生之熱皆有一定，與氧化之緩急無關，考碳素一磅燃燒成碳酸氣，所生之熱爲8080單位，故常言曰，碳素化生碳酸氣，其熱力 (calorific power) 爲8080，苟碳素燃燒時空氣不足，則所成者非碳酸氣，乃一氧化碳，所生之熱力僅有2400單位，視前者僅得三分之一，損失不少，又輕氣一磅燃燒成水蒸氣，發生熱力34462單位，然欲構成水蒸氣及保其不凝爲水，需熱甚多，故輕氣熱力

之可利用者,僅有 29162 云。

以下計算式中,輕氣之熱力均略作 34000, 以求簡便。

29. 燃料之熱力

燃料多係碳氫二者所構成,苟二元素之化合物燃燒時所生之熱,等於其單質燃燒時所生之熱之和,則若知燃料之成分,即不難推算其熱力,然此實罕有之事也。其故因碳氫化合物之原來構成,有放熱與吸熱之不同。前者燃燒所生之熱必較碳氫之單質燃燒時為少,其相差之數,即碳氫化合物原來之構成熱,吾人不能確知燃料中碳氫化合物之構成熱,即不能推算其實在之熱力。今姑設碳氫化合物燃燒時之熱,等於碳氫之單質燃燒時所生之熱之和,以便計算燃料熱力之近似數,若欲作實際上之正式測定,則仍有賴於後述之卡計。

設燃料全由碳素所成,已知每磅中碳素之重為 C' , 則由計算上言之,其熱力必為 $C' \times 8080$ 。若燃料含碳氫二物,每磅中之碳素重 C' , 氫重 H' , 其熱力必為 $C' \times 8080 + H' \times 34000$ 。

設題 今有燃料於此,碳占 70%, 氫占 30%, 試推算其熱力。

$$\begin{aligned}
 CP(\text{熱力}) &= 0.7 \times 8080 + 0.3 \times 34000 \\
 &= 5656 + 10200 = 15856,
 \end{aligned}$$

若燃料含氧,其計算之式略繁,因氧常與氫或碳併成化合物,存在於燃料中也.今設氧與氫化合成水,水中之氫之重量等於氧之 $\frac{1}{8}$,此一部分之氫既與氧化合,其不能燃燒發生熱力可知.若已知每磅燃料中氧重 O' ,碳重 C' ,氫重 H' ,則得公式如下:

$$CP = C' \times 8080 + \left(H' - \frac{1}{8} O' \right) \times 34000.$$

設題 今有一燃料,含碳60%,氫24%,氧16%,試求其熱力.

$$\begin{aligned}
 CP &= 0.6 \times 8080 + \left(0.24 - \frac{0.16}{8} \right) \times 34000 \\
 &= 4848 + 7480 = 12328.
 \end{aligned}$$

燃料中之氫除與氧化合成水者外,其餘稱為可用氫(available hydrogen, $= H' - \frac{1}{8} O'$).此外尚含有灰屑,氮等物,與燃料之熱力無妨,故略之.

90. 蒸發熱力 (Evaporative Power)

計算燃料之熱力,工師不以單位熱計之,常將 100° C.之水,蒸之成汽,以蒸發之水之重,而計燃料之熱力,是謂蒸發熱力.例如 100° C.之水一磅,蒸之成汽,需單位熱537,此537為蒸汽之潛熱(latent heat).若燃料純含碳

素,其蒸發熱力必等於 $\frac{C' \times 8080}{537} = C' \times 15.05$ 磅。

設燃料為輕氣,每燃燒 1 磅輕氣後,必生成 9 磅之水,此 9 磅之水,需熱之使成蒸汽,又燃料多由零度起算,每磅之水,須先熱至百度,然後化汽,則是零度之水,化為蒸汽,每磅共需單位熱 637 矣,算式如下:

$$EP \text{ (蒸發熱力)} = \frac{34000 - (100 + 537) \times 9}{537} = 52.6 \text{ 磅。}$$

若燃料含氫,碳,氧三物,以 W' 代每磅燃料中所含之水,則

$$EP = \frac{C' \times 8080 + \left\{ (H' - \frac{1}{8}O') \times 34000 \right\} - (9H' + W') \times 637}{537} \text{ 磅。}$$

31. 熱力試測法

先計燃料之重,嗣混和硝酸鉀 (KNO_3) 及氯酸鉀 ($KClO_3$), 盛以銅筒,上插引線,點燃後隨即蓋合,沒入水中,水之熱度及重量,均試驗前測之,燃料著火,即與硝酸鉀及氯酸鉀分解所生之氧相化合成氣體,由筒底小孔逃出上騰,昇其熱於水,水之熱度遂增,由增加之度數,可計燃料之熱力。

設

水重 = 2000 克,

燃料重 = 2 克,

試驗前水之熱度 = 15° ,

試驗後水之熱度 = 23.5°,

增加之熱度 = 8.5°,

另加 10% 彌補所失之熱度 = $\frac{0.85^\circ}{9.35^\circ}$.

$$CP = \frac{9.35 \times 2000}{2} = 9350.$$

若所用之水重 1074 (= 537 × 2) 克, 燃料重 2 克, 則水之增高之度數, 亦即等於燃料蒸發熱力之磅數。

上法測熱力之銅筒, 名湯姆生氏卡計 (Thomson's calorimeter), 使用甚便, 惟得數嫌低, 故另加 10% 彌補其缺。嗣邵益爾氏 (Scheurer) 以 10% 猶有不足, 乃用 15% 代之, 其得數更近於真確云。

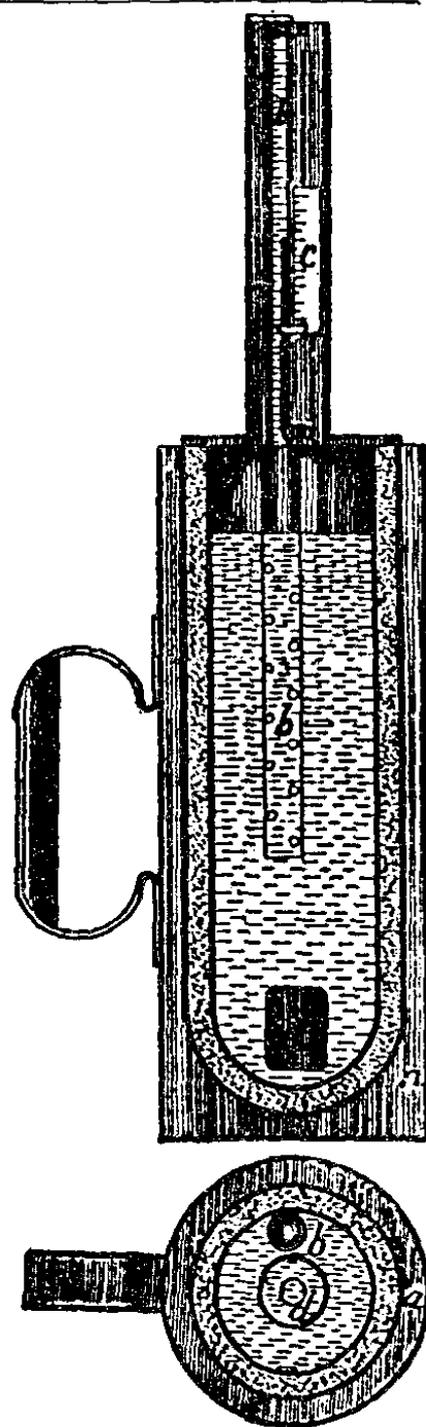
32. 馬勒柏德樓卡計 (Mahler-Berthelot Bomb Calorimeter)

此物係鋼所製, 內胎金箔, 將所試之燃料裝於其內, 放置水中, 壓送養氣助其燃燒, 引火用電而不用引線, 所生之氣, 密閉不令外洩, 至器之熱度等於周圍之水為止。此法測熱, 較湯姆生法為準確, 然手續較繁, 不求精細時不用之。

33. 高熱測定法

測定煉爐熱度之器甚多, 其構造之原理亦異, 茲且略述其二種如下:

(1) 西門子水高溫度計(Siemens' Water Pyrometer) 其形如第 6 圖,有大小兩銅筒,大居外而小居內,小者盛水,係兩層銅片所成,其間實以氈絨等物,以保熱之不外散,浸於水中,與小筒內面相切者,為水銀溫度計,上端突出圓筒之外,刻有百度或華氏度.其旁另附活動之黃銅尺,亦畫分為若干度.測熱之法,先注水一品脫 (pint = 20 噶)於小筒之內,經若干時,推動黃銅尺,令其零度與溫度計所指之熱度相齊.另以紅銅,熟鐵,鎳,或白金,製成短圓管,其輕重以自零度至百度間吸熱之量,小於小圓筒及其所盛之水之 50 倍為標準,送入煉爐中燒之,經數分時,捷速取出,放入小圓筒之水內,水之溫度必增高.將黃銅尺所記增高之數,以 50 乘



第 6 圖 西門子水高溫度計

- a 大小兩筒間之空處
- b 水銀溫度計
- c 黃銅尺
- d 圓管

之,更加上試驗後水之溫度,即煉爐之溫度也。

(2) 卡倫達電高溫計 (Callendar's Pyrometer) 此物之構造極繁,其熱偶線 (thermo-couple),以白金絲及白金與銻所成之合金絲爲之。兩者接合爲一,置接口於爐火內,其外之兩端,用冰覆之,聯於極靈敏之電流計上。接口處兩金屬,因彼此電位之差,故遇熱發生電流,其強度與熱度成正比例。由電流計上之反射鏡,可驗光點之偏差,即可知電流之強弱,溫度之高低焉。苟於計側安設攝影片,令與光點相對,以特別之機件移動之,則凡溫度之變遷,皆按時記載其上,其運用之妙,蓋有如此者。

34. 百度計與華氏計之變換法

溫度有以華氏計計之者,按水 1 磅增高華氏計 1 度之熱,等於百度計單位熱之 $\frac{5}{9}$, 因百度計五度抵華氏計九度也。

設

$$n^{\circ} = \text{度數,}$$

$$c \text{ 及 } C. = \text{百度計,}$$

$$f \text{ 及 } F. = \text{華氏計,}$$

$$CP = \text{熱力.}$$

則

$$n^{\circ} \text{C.} = \left(\frac{9}{5} n^{\circ} + 32^{\circ}\right) \text{F.},$$

$$n^{\circ} \text{F.} = \frac{5}{9} (n^{\circ} - 32^{\circ}) \text{C.},$$

$$CP' = \frac{9}{5} CP^{\circ},$$

$$CP^{\circ} = \frac{5}{9} CP'.$$

百度計與華氏計之相當溫度表

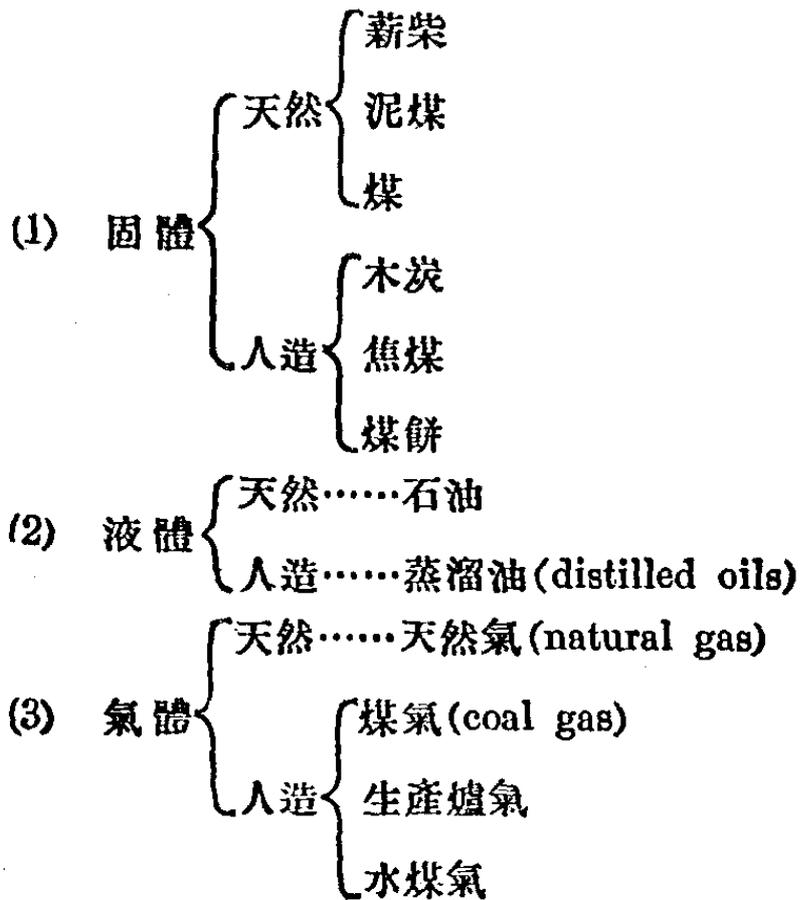
C.	F.	C.	F.	C.	F.
0	32	500	932	1050	1922
100	212	538	1000	1093	2000
121	250	593	1100	1149	2100
150	302	625	1159	1200	2192
204	400	649	1200	1260	2300
232	450	700	1292	1300	2372
250	482	750	1382	1400	2552
260	500	760	1400	1450	2642
266	511	800	1472	1500	2732
300	572	816	1500	1600	2912
316	600	871	1600	1949	3000
327	621	900	1652	1775	3227
371	700	927	1700	1800	3272
400	752	950	1742	1900	3452
417	783	982	1800	2000	3632
427	800	1000	1832	2204	4000
482	900	1038	1900	2500	4532

第三篇

燃 料

35. 燃料之分類

常用之燃料 (fuels), 除石油外, 多由植物構成. 由形態上言之, 可分為固體, 液體, 氣體三類, 每類又別為天然, 人造二種. 今示之如下:



薪 柴

36. 薪柴 (Wood)

薪柴爲昔人獨一無二之燃料,用之者數千年,近人於樹木叢生之處,間有燒成木炭以供冶煉之用者,然文明各國,多以他種燃料代之,考薪柴係樹木之根幹枝葉所成,中含纖維質 (cellulose),植物漸老,纖維質漸硬,物之含碳,氫,氮者,遂漸積其中,此外尙含有水,因樹木生長時,枝幹中之水流行不息,如人之血脈然,其多寡視樹之種類,年代,及砍伐之期以爲差,春季最多,冬令最少,既伐之後,水仍不失,新伐者含水約 50-60%,若剝去其皮,風乾於空氣中,則所含之水漸少,餘者不過 20% 左右耳。

37. 木之成分

木材之纖維質含碳約44.44%,氫6.17%,氧49.39%,含氧既多,故木中可用之氫絕少,茲將其成分平均計算之於下:

	極乾之木柴	風乾之木柴
碳	50	40
氫	6	4.8
氧	41	32.8
氮		0.8

灰	2	1.6
水	—	20
	100	100

木柴內含無機物,燒後成灰,灰之多寡,因樹而異同。一樹中,各部亦不相同,皮葉較多於枝,枝復多於幹,平均約 1-2%。其質大部為碳酸鈣,氧化鉀,氧化鈉,而氧化鐵,氧化硅,硫酸,磷酸等次之,於冶煉上無重大關係。

88. 木之性質

木似輕於水,因體多微隙之故,究其所構成之物,皆較水為重,設微隙中有水浸入,木必下沉,風乾之木,比重自 0.39 至 1 以上,平均為 0.6,橡樹 (oak) 之比重,約為 0.7,木之堅實少微隙者,比重常為 1.25。

用木為燃料,其害有數端:

(1) 木中含水,不獨令可燃成分減少,且燃燒時吸收熱力,蒸發為汽。

(2) 含氧甚多,故可用之氫甚少,熱力遂低。

試取前表中極乾之木計算之:

$$AH(\text{可用氫}) = (H' - \frac{1}{8}O') = 0.06 - \frac{0.41}{8} = 0.009.$$

$$\therefore CP = 0.5 \times 8080 + \left(0.06 - \frac{0.41}{8}\right) \times 34000$$

$$= 4040 + 306 = 4346.$$

$$EP = \frac{0.5 \times 8080 + \left(0.06 - \frac{0.41}{8}\right) \times 34000 - (637 \times 9 \times 0.06)}{537}$$

$$= \frac{4040 + 306 - 344}{537} = 7.4 \text{ 磅.}$$

再取風乾之木計算之:

$$AH = \left(H' - \frac{1}{8}O'\right) = 0.048 - \frac{0.328}{8} = 0.007.$$

$$\therefore CP = 0.4 \times 8080 + \left(0.048 - \frac{0.328}{8}\right) \times 34000$$

$$= 3232 + 238 = 3470.$$

$$EP = \frac{0.4 \times 8080 + \left(0.048 - \frac{0.328}{8}\right) \times 34000}{537}$$

$$- \frac{\{0.20 + (0.048 \times 9)\} \times 637}{537}$$

$$= \frac{3232 + 238 - 402}{537} = 5.7 \text{ 磅.}$$

(3) 占地甚多,非極大之火坑 (fire place), 不能容之

其害有三,其利亦有三:

- (1) 易燃.
- (2) 燃時火燄甚長.
- (3) 灰少,比較上不含有害之物.

泥煤

39. 泥煤(Peat)

青苔蘆荻之屬,多生於濕地,既死,化成沃壤,後來者復叢生其上,日積月累,漸次改變,質漸堅而色漸黑,其原來之植物形狀,幾不可辨識,成分以年代為判,含水甚多,曬乾之後,仍復不少,比重自 0.1 至 1.0 不等,體多微隙,頗占地位,除薪柴三害之外,燒時易分裂,灰屑復多,蓋成於卑濕之地,纖維中雜入泥土故也,今取兩種分析之,以比較其成分:

	1.	2.
碳	61.04	54.02
氫	6.67	5.21
氧,氮	30.46	30.38
灰	1.83	9.73
	100.00	100.00

泥煤之缺點既多,非經人力改作,不適於用,改作之法,各處不同,今舉於下:

(1) 緊壓泥煤,去其潮濕,然後風乾.

含泥多者,不可以此法處理之,因壓機之濾器 (filtering medium),易為泥土所窒塞也.

(2) 將已乾之泥煤緊壓成塊,每立方呎約重 80 磅

(3) 將已乾之泥煤,用篩機 (bolting machine) 分作

粗細二種，取粗者爲燃料以熟細者至百度，緊壓爲塊。

(4) 將篩過之濕泥煤，磨細爲粉，卽入池內，閱一星期，漸行坼裂，頻使工人行走其上，踏之使緊，一星期後，直切成條，再閱一星期，橫切成甌，然後以火烘乾。

煤

40. 煤(Coal)

煤在冶金術中最關重要，溯其來源，實爲上古樹木所化成，當太古之時，森林茂密，前者死，後者生，漸積漸厚。經地質之變動，其上覆有泥沙，不爲風霜雨日所侵，免於朽腐，若干萬年後，遂礦化(mineralized)而成煤，其質之優劣，視所經年代之多寡，及所受地質變動之程度以爲差。柏息氏 (Percy) 乃立一定義曰，煤也者，堅硬成層之礦物也，其色或櫻或黑，可利用之以爲燃料。夫煤旣以年代分優劣，故其類別也甚難，準常例言之，約分四種：

- (1) 褐煤 (lignite or brown coal).
- (2) 煙煤 (bituminous or true coal).
- (3) 燭煤 (cannel coal).
- (4) 無煙煤 (anthracite).

41. 褐煤

此爲礦化不完全之煤,居於木與煙煤之間。色褐,有時深黑,其原來之植物組織,多可辨識。就地質年代計之,約成於漸新紀 (oligocene),故含氧甚多,不適於冶煉之用。柏息氏就不列顛波尾 (Bovey) 地方所產之褐煤,分析其成分如下:

碳	66.31
氫	5.63
氧	22.86
灰屑	2.27

42. 煙煤

不列顛所用之煤多屬此種。色黑,燃時燄中有煙。以地質年代計之,約成於石炭紀 (carboniferous)。與頁岩 (shale) 相間成層。年代既較褐煤爲老,故碳素亦較褐煤爲多。若隔絕空氣而蒸溜之,其所含之氣體,及凡能揮發之物,皆逐一散去,餘者爲焦煤及灰屑。煙煤難於分類,一因其種類甚繁,二因其名稱不定,下列之表,僅就蒸溜後所得焦煤之多寡而區別之者也。

焦煤之百分數

- | | |
|---------------------------------------|--------|
| (1) 散煤 (non-caking coals, long flame) | 50-60% |
| (2) 氣煤 (caking, long flame gas-coal) | 60-68% |

- | | |
|-------------------------------------|--------|
| (3) 爐煤 (bituminous or furnace coal) | 68-74% |
| (4) 短燄煤 (caking coals, short flame) | 74-80% |
| (5) 蒸汽煤 (anthracitic or steam coal) | 80-90% |

(1) 散煤 散煤在英之蘇格蘭斯脫福州 (Staffordshire) 等處,多用爲鼓風爐燃料,質硬,色褐或黑,略似頁岩,比重居 1.25 左右,燃時燄長有煙,餘灰不少,熱力在 8000 與 8500 之間,所含之氧與氫之比,約 4:1 至 3:1,煉成焦煤,質不堅結。

(2) 氣煤 氣煤之色黑,比重約 1.3,火燄長有光,熱力在 8500 與 8800 之間,氧與氫之比,約 3:1 至 2:1,每噸中約可取煤氣 10000 立方呎,煉成焦煤,質疏易碎。

(3) 爐煤 爐煤色黑有光澤,熱力自 8800 至 9300,所含氣質,占全體之 15-16%,氧與氫相等,用火蒸溜,則熔結爲膠,旋膨脹而成堅結之焦煤。

(4) 短燄煤 此煤色黑有光澤,燃時火燄甚短,含氣質 12-15%,氧之量與氫不相上下,熱力自 9300 至 9600,入焦爐蒸溜,則膨脹而成堅實之焦煤。

(5) 蒸汽煤 此種煤色黑有光澤,質堅幾不污指,比重約 1.35 至 1.4,燃時燄短少煙,熱力自 9200 至 9500,含氣質 8-12%,氧之含量甚少,入焦爐煉之,則成易碎之焦煤。

43. 燭煤

燭煤之結構與他種煤異,質堅不污指,斷面作貝殼狀,光澤甚暗,含易燃有光之氣質甚多,計每噸自8000至12000立方呎,故名燭煤,煉之不成焦,立裂為碎塊,發聲鏗鏘,故又名鸚鵡煤(parrot coal). 沼煤(boghead cannel or torbanite)亦屬燭煤中之一,每噸可取氣15000立方呎,夫燭煤非煤也,其本質原為頁岩,漸為煤質所填塞,遂成今日之燭煤,苟再俟若干萬年,必漸成石油岩無疑,在冶金術中,多取其氣質以為用,若其本體,則罕有用為燃料者矣。

44. 無煙煤

無煙煤色黑有金屬光澤,質堅不污指,為煤中之最老且變化最完全者,結構純勻,斷面狀如貝殼,惟不易引燃,著火後裂成小塊,發氣極少,生熱極多,入爐火煉,變成焦煤,其重量抵未煉時之90-98%。

煤灰 煤燒後皆遺灰屑,係無機物所成,大部分為氧化硅,氧化鋁,氧化鐵,而硫酸鈣,磷酸鈣次之,其成分殊異於薪柴之所遺者,此外煤層中又常雜黃鐵礦,渾圓如卵,或綿互成層,煤出地時不免混有少許,此物遇火,變成三氧化二鐵: $2\text{FeS}_2 + 11\text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$. 煤灰之色帶

紅,即由於此。

茲取十一種燃料化分之,將其成分列表於下:

十一種燃料成分表

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
水分	20	15	49.45	7.18	8.11	1.35	33.7	2.32	10.06		0.54
揮發質	52	58		35.12	33.94	31.95		15.01		50.8	66.54
焦 煤	28	27	50.55	57.7	57.95	66.7	66.3	82.67	89.94	49.2	32.92
碳素(固定)	25	22	36.30	54.6	53.98	64.63	64.98	78.77	85.48	47.76	12.17
灰	3	5	14.15	2.8	3.97	2.07	1.32	3.96	3.46	1.45	20.73
硫	-	-	2.61	0.88	1.15	0.74	0.88	0.50	0.83	1.76	0.69

1.樺木 2.愛爾蘭之泥煤 3.波尾之弱煤 4.散煤 5.散煤 6.散煤 7.爐煤及短碎煤 8.蒸汽煤

9.無煙煤 10.燭煤 11.沼煤

格魯涅氏 (Grüner) 生煤成分表

	有機物之成分 (以百分數計)			氧之重於氫 之倍數(以 氫為單位)	生煤之成分 (以百分數計)	生煤之性質 及其外觀
	碳	氫	氧			
散煤或乾煤 (dry coal) 燃時發長	75-80	4.5-5.5	15-19.5	3-4	50-60	鬆散或成碎塊
氣煤或肥煤 (fat coal) 燃時發長	80-85	5-5.8	10-14.2	2-3	60-68	成餅但性甚肥
健煤為肥煤之一種	84-89	5-5.5	5.5-11	1-2	68-74	成餅質較上稍堅結
短煤為肥煤之一 種	88-91	4.5-5.5	5.5-6.5	1	74-82	成餅質堅實但性略 肥
無煙煤或瘦煤 (lean coal or maigras)	90-93	4-4.5	3-3.5	1	82-90	鬆散或成碎塊

* 表中氧之數包括氮在內,其分量超過有機物 1% 者甚罕。

木炭

45. 木炭(Charcoal)

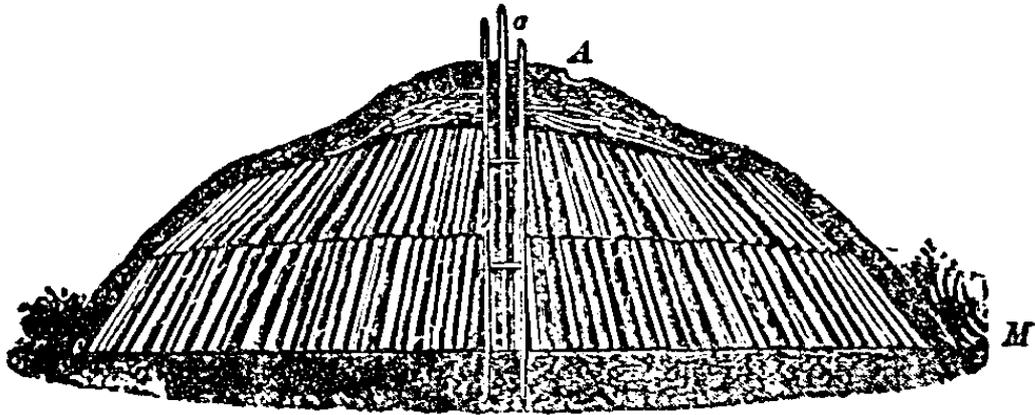
薪柴隔空氣燃燒,則氣體液體散去,所餘者為色黑質鬆之木炭,比重約 0.2,視樹木種類以為差,然所含之碳素,重倍於水,燃燒時無火燄,灰屑甚白。說者謂木炭全含碳素,其實不然,蓋仍含氫,氧,及無機物之灰屑不少,平均計之,最乾之木炭,其成分於下為近:

碳	93
氧	1.5
氫	2.5
灰	3

木炭之佳者,斷口須現圓環,層層包覆,擊之則脫落,表示原來樹木每年生長之度,一經引火,宜長燃不熄,全化為灰。

46. 燒木炭法(Charcoal Burning)

燒木為炭之法,各地不同,茲將常用者略述之,法先擇平地一方,立柱三根,用小橫木聯之,此三柱所作之三角形空處,即烟突也,剝去木柴之皮,斷之長二尺有半,環列於烟突之四圍,內外成若干圓行,行之上端向中央略



第 7 圖 燒 木 爲 炭

A 堆頂之孔 M 堆脚樹極

斜,愈在外者其斜亦愈甚,蓋所以防其傾倒也。一層既成,復作第二層於其上,是爲柴堆,其頂用茅草枝葉蓋覆之,其脚則環立樹極,如第 7 圖之 M。極之上,架有橫枝,枝之上累積草根,直達於頂,是爲柴堆之圍牆。事畢,投著火之茅草於烟突內,引木燃燒,旋用草根蓋閉,不令空氣流通,防燃燒之過熾,則見蒸汽上騰,凝結於茅草下面,倒懸而流,由堆脚而出,此時俗名爲蒸汗時期 (sweating stage),約經一二日其汗始止,乃於茅草上面用棍按壓之,苟見有下陷之處,卽行撥開,另取茅草填塞,速卽蓋妥,且同時閉塞堆脚之缺口。數日後方遍開小孔於堆脚及近堆頂之處,如圖之 A,有黃色濃煙由頂孔蒸騰而出,繼而漸淡,終則僅有灰藍色火燄。斯時將堆頂之孔閉塞,於其稍下處,亦穿孔一行,所生之現象亦同,孔漸漸移下,至近堆脚時,

封閉上下諸孔，任其燃燒，閱數日而炭成，除去堆上草根，噴水滅火，惟出炭以黑夜為佳，未熄之餘燼，一望可見，無死灰復燃之患，又堆柴之法，各處不同，有平臥直立之分，堆形亦有方圓之別，然其理無少異焉。

47. 成炭之理

初出汗時，火勢不過在於煙突之附近，所生之熱，將木中水汽蒸出，迨火勢達於全堆，其汗遂止，開小孔於堆頂堆腳時，空氣由下穿入，由上散出，木柴雖互相密切，而因其下端展開，中留風道，其上端為火燭焦體亦縮小，空處亦多，故空氣得以流行無礙，孔中所出之黑煙，為木柴被燭所生，至通體變焦，始生藍燄，第二行之孔，現象相同，其理復一，特火勢漸趨漸下耳，此法若行之得當，則蒸溜時所需之熱，不取之木柴之固定碳素，而大半得之於木中氣質之燃燒，成炭後損失甚少，然此極難能之事也。

48. 甄窯燒炭 (Charcoal Burning in Kilns)

此為美國所通用法，以甄砌圓窯，徑27呎，高21呎，底旁開門，又有風穴三行，頂留缺口，為送入木柴之用，所燒之杉木，先剝去其皮，斷之約長4呎，先由側門送入，高過側門時，再由頂口送入，事畢，由側門入火引燃，即用泥封閉，空氣由風穴節制之，空氣由在下之穴入，煙由在上之

穴出,炭約八日可成。

49. 曲頸甌製炭

甌以鐵製,煉成之炭質多不佳,因所選之木柴,祇取其含木醋酸 (pyroligneous acid), 木醇 (wood spirit) 多者而煉之,不問其成炭之若何也,法裝木柴於鐵甌內,生火蒸溜,其木醋酸及木醇揮發而出,用冷物凝收之,氣止而炭成

50. 炭之收數

木炭收數之高低,視木柴之本質及其煉法而異,大約燒之愈緩,則收數愈高,通常成堆燒得者,以體積計,約60%;以重量計,約20%;用曲頸甌製成者,數不止此,又燒煉時之溫度,與炭之性質燃點有關,燒煉時之溫度愈高,則炭中之輕氣驅除愈盡,故其燃點亦愈高。

51. 燒煉泥煤

泥煤之缺處甚多,不適於用,入窯燒煉,亦可化為木炭,然質不堅結,用處仍不廣,苟於煉製之先,用水淘去其泥質,然後緊壓成甌,通以過熱之蒸汽 (superheated steam) 煉製之,其質較佳。

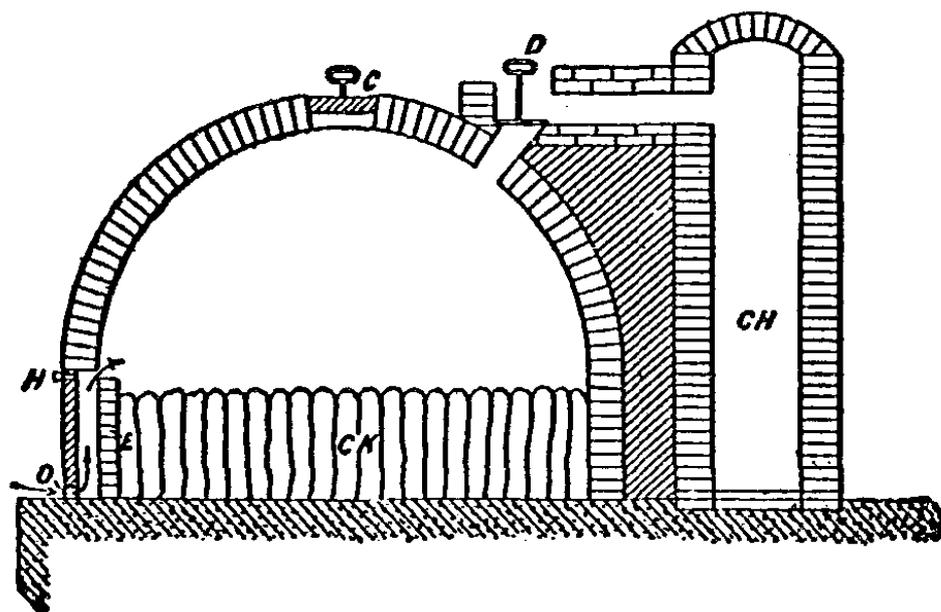
焦煤

52. 焦煤(Coke)

焦煤之於煤,亦猶木炭之於木也.其製法亦同.木炭有特製之者,有因取木醋酸木醇而得之者.焦煤亦有特製之者,亦有因取煤氣而得之者.近時製焦之法,與昔不同,蓋有所謂煉焦爐者,不似昔時成堆而煉之也.

53. 蜂窠煉焦爐 (Beehive Coke Oven)

爐式有數種,大小不同,工作法亦異.第 8 圖所示乃



第 8 圖 蜂窠煉焦爐

- | | |
|---------|-------|
| E 假門 | C 頂門 |
| O 空氣入孔 | CK 焦煤 |
| D 開門 | CH 煙道 |
| H 視火色之孔 | |

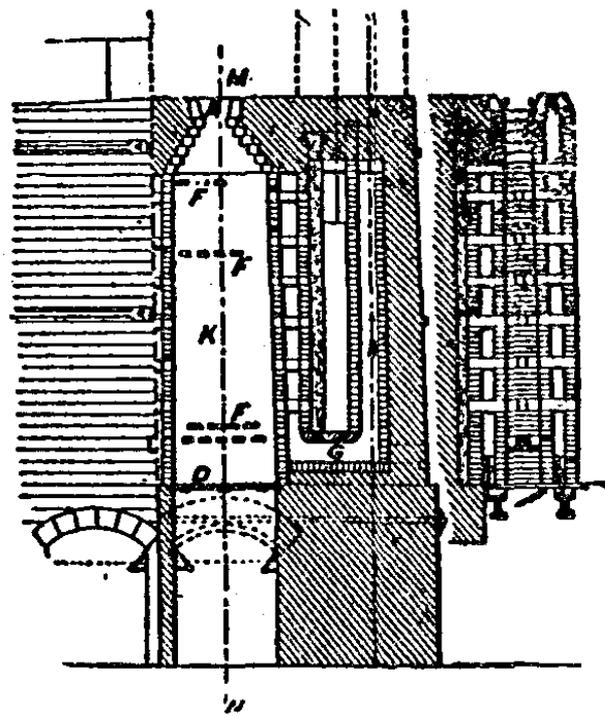
成效卓著者，形爲半圓，用火甌建築，頂有閘門 D ，可以關閉，又可令與 CH 煙道相通，爐上安設輕便鐵道，俾煤車得運煤入爐，前方有門，出焦煤者也。當上次焦煤初出爐時，壁尙紅熱，取火甌砌假門 E 於大門之內，車運碎煤 7 噸自頂門 C 送入，耙平後，卽行關閉，塗泥封之，移動 D 閘門，使爐與煙道相通，又築大門於假門之外，其上部穿 H 孔，以覘火色，不用時，亦以泥封。4 小時後，白煙上騰，啓閘門，截斷爐與煙道相通之路，俾煤氣穿閘門出，著火有光。斯時於大門下方，更穿 O 孔，放入空氣，由兩門間上達於煤，乾溜之勢下行，火燄暗紅多煙，爐中熱力漸猛，燄色漸紅，空氣之放入亦漸減，如是者 12 小時，過此以往，空氣更少，火燄轉白，經一日之久，循至於無，此爲焦煤將成之兆，須再送入極少之空氣煉之 6 小時，然後關閉閘門及諸缺口，封之以泥，更閱 12 小時，啓門出焦。出焦之法，先曳倒大門，噴入冷水，歷時 40 分，俟其稍冷，方曳倒假門耙出之。此爐煉焦，占時約 5 日，收數約 62%。焦煤質硬色灰，具有金屬光澤。另有一種焦煤，亦爲此爐所煉，質軟色黑，係火候未足於 12 小時成之者，俗稱爲鐵店焦 (smithy char) 云。

變化之循序，起於煤之上方，終於煤之下方，氣質著火，均在煤層上之空處，下方煤所生之碳氫化合物，穿上方紅煤，分解爲碳氫二質，輕氣質火燃燒，碳素則沉集於

煤內,至焦面之固定碳素 (fixed carbon),則常因火勢過烈,氧化成灰。

54. 阿顏爾特煉焦爐 (Appolt Oven)

蜂巢爐不能保煤面固定碳素之不成灰,欲去此弊,以用阿顏爾特爐為佳,蓋此爐煉焦之處,與氣體燃燒之處,兩相隔絕也。爐以火磚砌成,為室四十有八,分作兩行,諸室不相貼切,惟由輓牆聯之,求其堅固。室高16呎,長4呎,頂寬13吋,底寬18吋。頂有進煤之斗,爐底用雙閘門閉之,其下安設輕便鐵道,行車承接焦煤。當焦煤初出爐時,室中之熱猶烈,取碎煤一噸自進煤之斗注入,關閉乾溜之,發生之氣,從壁間三層之孔竄至室外空處,遇空氣而燃燒,所生之熱即資以煉焦,煤面之固定



第9圖 阿顏爾特煉焦爐

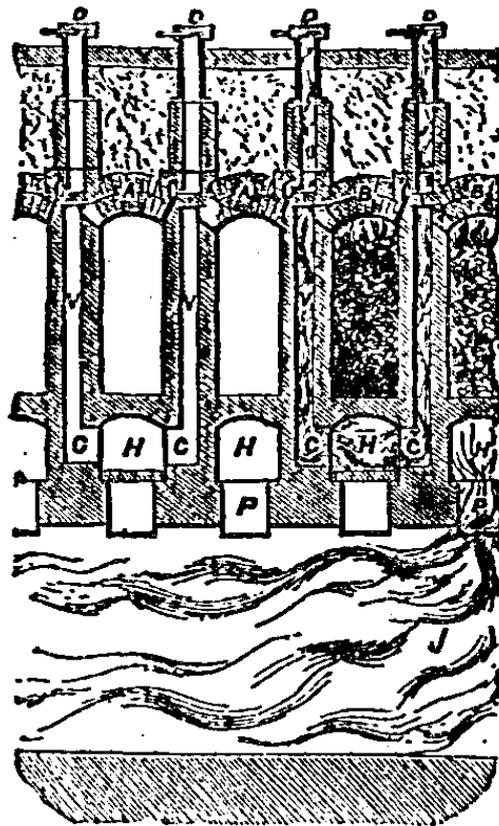
- | | |
|--------|---------|
| K 煉焦室 | D 鐵門 |
| F 壁間氣孔 | G 氣體燃燒室 |
| A 進煤之門 | M 進煤之盞 |

碳素,遂不致氧化成灰,約一晝夜而焦成,啓爐底之門,放瀉入鐵車中,噴水使冷,計每室每小時須輪流進煤出焦各二次,以便氣體發生不絕,生火熱爐,煉成之焦,堅實勻稱,收數較蜂巢爐增多10-15%。

55. 科佩煉焦爐(Coppée Oven)

此爐與阿頗爾特爐同理,惟爐室橫臥不直立耳,室長29呎,高4呎,寬18吋,後方略較前方爲寬,以便於出焦。

前後各安鐵門四扇,在下者高3呎,在上者高1呎,室頂有進煤之斗兩三個,兩室並肩而立,分列二十或三十行,彼此之間餘有空處,爲發生氣體燃燒之所,當焦初行出爐,甌壁猶紅,工人閉下方之門,啓斗進煤,從上方之門耙平之,事畢,將斗門及上方諸門一律關閉,任其燒煉,發出之氣體,由壁間之孔逃至壁外空處,遇空氣燃燒,下



第19圖 科佩煉焦爐

V 室間之空處 H 氣道

J 總氣道

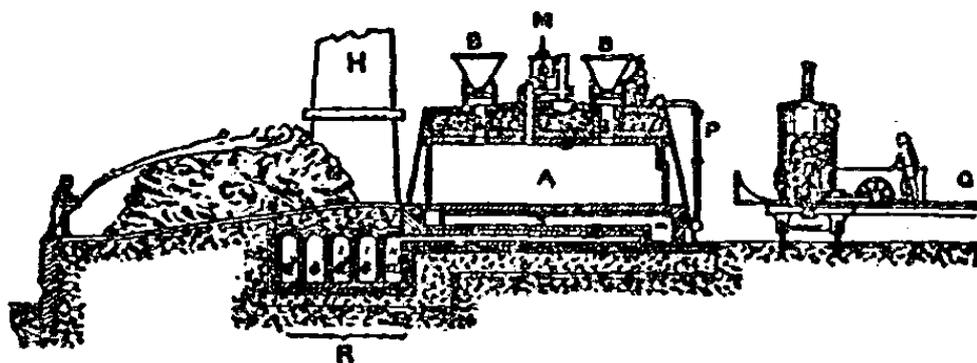
達爐底，循總氣道入於煙突之中，可利用之發生蒸汽，但甲爐裝煤之期，宜在乙爐焦煤半熟之時，則甲爐半熟之時，乙爐又值裝煤之期，爐中氣質，遂得發生不絕，焦約一兩日可成，啓爐後之門，用鐵挺塞 (ram) 推之出，噴水使熄，其質堅實，收數亦高。

56. 副產物之收集 (Recovery of By-products)

當蒸溜時所發生之氣體，含有礶精及煤焦油 (coal tar) 等物，若任其燃燒，殊為可惜，且經濟上亦不合算，是宜設法收集之，焦爐之形式，遂因之小有變更，若為蜂巢爐，則將底改砌夾層，一通空氣，一不通空氣，煉時所生之氣體，由爐底不通空氣處達於凝集機中，取其礶精液，煤焦油等，然後還於爐底通空氣處燃之，生火煉焦，如此，則變化起於煤之下方，終於煤之上方，煉成之焦，其質甚輕。

57. 西門卡偉爐 (Simon-Carvés Oven)

此與科佩爐相彷彿，為一行蒸溜甌所成，長25呎，高6或7呎，寬2呎，前後有門，煉焦時緊閉不令洩氣，碎煤自爐頂之斗注入，蒸溜甌所生之氣質不與空氣相接，由氣管引至凝集室取其礶精，煤焦油等，然後還於爐底，任其燃燒，經壁間之氣道，轉向煙突而去，惟爐底須置長明燈引火，以防氣質之猝然熄滅，焦成，啓前後兩門，用鐵挺



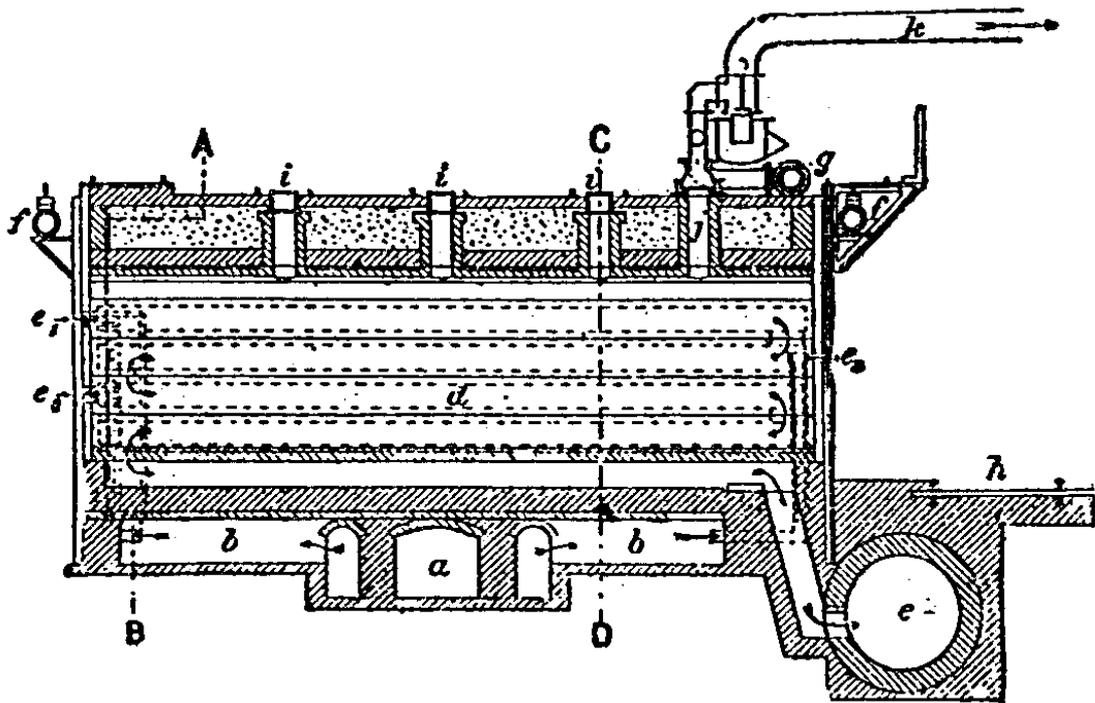
第 11 圖 西門卡偉爐

A 爐	P 回氣管	R 循環氣路
B 運煤之車	H 煙突	d d' d'' 空氣道
b 進煤之孔	C 焦煤	e e' 煙道
M 總氣道	G 鐵挺塞	

塞推出,噴水熄火,勿令氧化,其質甚佳,收數亦高,若煤先壓而後煉,其收數尤高。

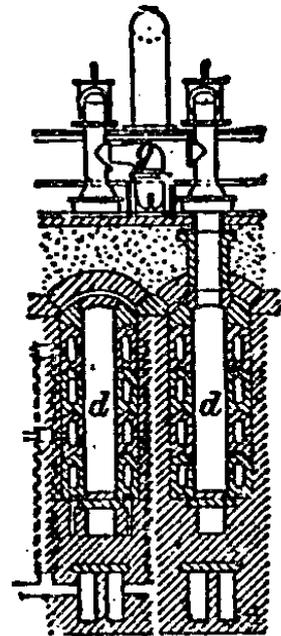
58. 宣美索爾未爐 (Semet-Solvay Oven)

觀第 12 及 13 圖, d 為長而狹之煉焦室,前後各有一門,左右有曲折之水平氣道,分列四層,聯通一氣,火氣由前達後,復由後達前,穿行其中,終達室尾之煙突道 e 而去,室頂承於堅固之砌工上,有三 i 孔以進生煤,煉時閉之煤中發出之氣,穿出氣孔 j ,入於總水管 k ,由是而達於水淋塔 (scrubber) 及清潔器 (purifier) 中,凝集其所含之煤焦油等物,然後用扇機送還至室前後兩面之 f 管中,再由枝管 e_1, e_2, e_3 入於曲折氣道,遇空氣燃燒,轉向煙



第 12 圖 宜美索爾未爐(其一)

突而去,燃燒所需之空氣,由室底 a, b 道引入,故為熱空氣,約煉 24 小時而成焦煤,大啓前後兩門,用鐵挺塞從室後推出,噴水熄之, h 為室後鐵道,所以行駛鐵挺塞者也,室長約 30 呎,高 5.5 呎,煉含有揮發質 15-17% 之煤者,寬 13 或 14 吋,煉含有揮發質 30% 之煤者,寬 16 或 17 吋,通常 25 室駢列成行。



第 13 圖 宜美索爾未爐(其二)

本爐之構造,與西門卡偉爐相彷彿,其大不同之處,即曲折氣道不

與支撐室頂之間壁相聯合也。爐之本身，遂得免於時常改造，而氣道之修理費，亦為之減輕。

59. 凝集機(Condensing Plant)

煉焦煤時所生之氣體，由氣管引入凝集機，以收集其副產物。機為一行之垂直管所成，排列於鐵箱之內，半露於外，其上端兩兩相聯。桶之中央，安橫隔板，務使氣體由此管之下端出，復由他管之上端入，循環不絕，至遍歷各管，而後上升於中實焦煤或燧石之高塔中，用水淋之，復穿入他塔，用油淋之。油所以吸取安息油 (benzol) 等，水所以吸取矽精也。此兩物既得，然後還氣於爐，任其燃燒。

60. 焦煤之性質

焦煤約分兩類，一鬆而輕者，一硬而重者。輕者易於引燃，燃燒甚速，鐵匠用之。硬者質堅而密，不易碎裂，又極耐火，鼓風爐及熔鐵爐用之。由蜂巢爐煉得之焦煤，遇水裂為圓柱，色銀灰，有金屬光澤。由西門卡偉爐煉得者，裂後成長方塊，亦有金屬光澤。其成分不全由碳素所成，仍含氫，氧，及無機物灰屑，又易吸收水分，與天時為轉移。今將兩爐所煉之焦煤，分析其成分如下：

	西門卡偉爐	蜂巢爐
碳	86.36	87.60
氫	0.51	0.25
氧及氮	1.77	1.20
硫	1.07	1.05
灰屑	7.94	8.52
水分	2.35	1.38
	100.00	100.00

61. 煤焦油及硃精液

二物之多寡,視煤之種類以爲差,平均計之 1 噸生煤,約可得硫酸銹 15 磅,煤焦油 4-6 加倫(gallon)。

62. 焦煤之去硫(Desulphurization)

煤煉爲焦,其中一部之硫,化爲硫化二氫(H₂S)及二硫化碳(CS₂),揮發而逃,其餘之大部分,仍存留爲硫化鐵,不再分解,含於焦煤中.近人壓蒸汽入其內,令硫與蒸汽中之氫化合,成硫化二氫而散去之: $Fe_2S_3 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 3H_2S$. 然其效不甚昭著,蓋因焦煤既多,蒸汽不能遍達,苟蒸汽過熱,又易使焦煤氧化,致招損失也。

63. 用散煤煉焦

散煤與煤焦油,樹脂(二物由煤中取去)等混合,壓成

整塊,入爐燒煉,亦可變成焦煤。

煤餅

64. 煤餅(Briquettes)

用水淘洗煤末,去其硫化鐵及頁岩泥土等質,然後和煤焦油,樹脂,澱粉,或別種膠黏之物,緊壓成餅,加熱烘乾,是謂煤餅。用途甚廣,因其質淨而大小合式也。

液體燃料

65. 液體燃料

燃料油產地甚夥,亦可自頁岩,煤焦油等蒸溜得之。其用法有二:一實於螺旋熱管內揮發成氣,而後引燃;一和空氣噴入煉爐而引燃之。然在近日冶金術中,用途尚不甚廣,故不詳述。

氣體燃料

66. 氣體燃料

燃氣體以冶金,其利不可勝數,約略計之,有五利焉:所用之煤,不分優劣,皆可造氣,一也;生產爐(gas producer)得因煤之便,任置何處,二也;造成之氣,易於輸送,三也;氣體著火,其多寡易於節制,四也;燃時變化完全,無煤煙灰

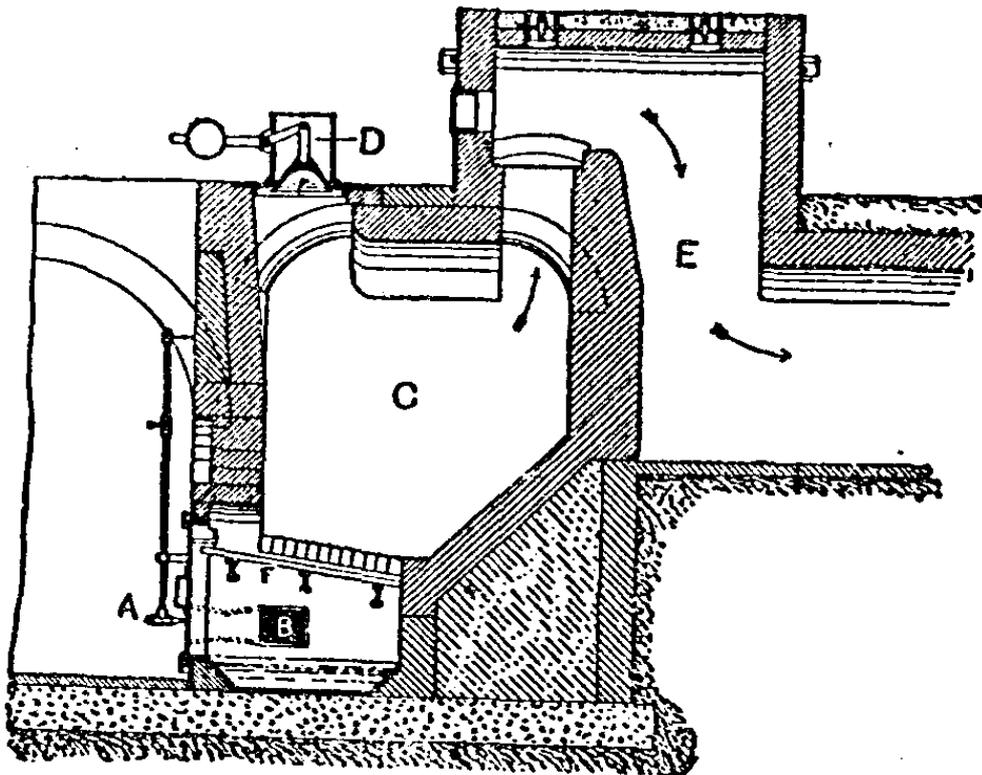
屑,且藉循環爐 (regenerative system) 之力,其熱度超過於固體燃料,五也。夫如是,故近日新發明之煉爐,多用氣體為燃料,奏效甚宏。至於天然氣,雖取之不盡,用之不竭,祇能於其附近利用之。平常點燈之煤氣,用以冶金絕佳,然所費過鉅,斯二者可不加意。

67. 生產爐氣 (Producer Gas)

空氣入過量熾紅之焦煤,則化合生一氧化碳: $C + O = CO$, 性能燃燒。考空氣含氧氣 21%, 與焦煤化合所生之一氧化碳,體積較多一倍,占氣體全體積之 34.7% ($\frac{21 \times 2}{100 + 21} = 0.347$)。因此生產爐氣之熱力甚低,性雖能燃於循環爐中,然仍須補救。補救之法有二: (1) 以生煤代焦煤,則燃燒發生煤氣,與已成之一氧化碳相併,則生產爐氣中能燃之物增多。(2) 送蒸汽入生產爐,與碳素化合,發生輕氣及一氧化碳: $C + H_2O = CO + H_2$, 二者與原來之一氧化碳相併,生產爐氣中之可燃物成分亦增。特送入之蒸汽,不可過多,否則變化時吸收煤中熱力太甚,後來之蒸汽,不能分解,已成之炭酸氣,復不能變為一氧化碳,害莫大焉。總之所造之氣,以含輕氣,煤氣,一氧化碳均甚多,炭酸氣絕無為妙。送入之蒸汽量,以恰能盡行分解,不害爐中熱度為上。有此三者,補救之能事畢矣。

68. 西門子生產爐(Siemens' Gas Producer)

此爐所造之氣,含可燃物極多,蓋兼用生煤及蒸汽者也。爐有方形之室,容納生煤,下為爐橋,頂上有入煤之斗,可以開閉,灰坑在爐橋下,其前面有門,兩旁又有空氣入爐之孔,空氣以蒸汽鼓送之,灰坑之底為鐵盤,其中盛水,以防煤屑膠結爐底,造成之氣,熱度約 $300^{\circ}\text{--}500^{\circ}\text{C}$., 由氣道引入煉爐用之。

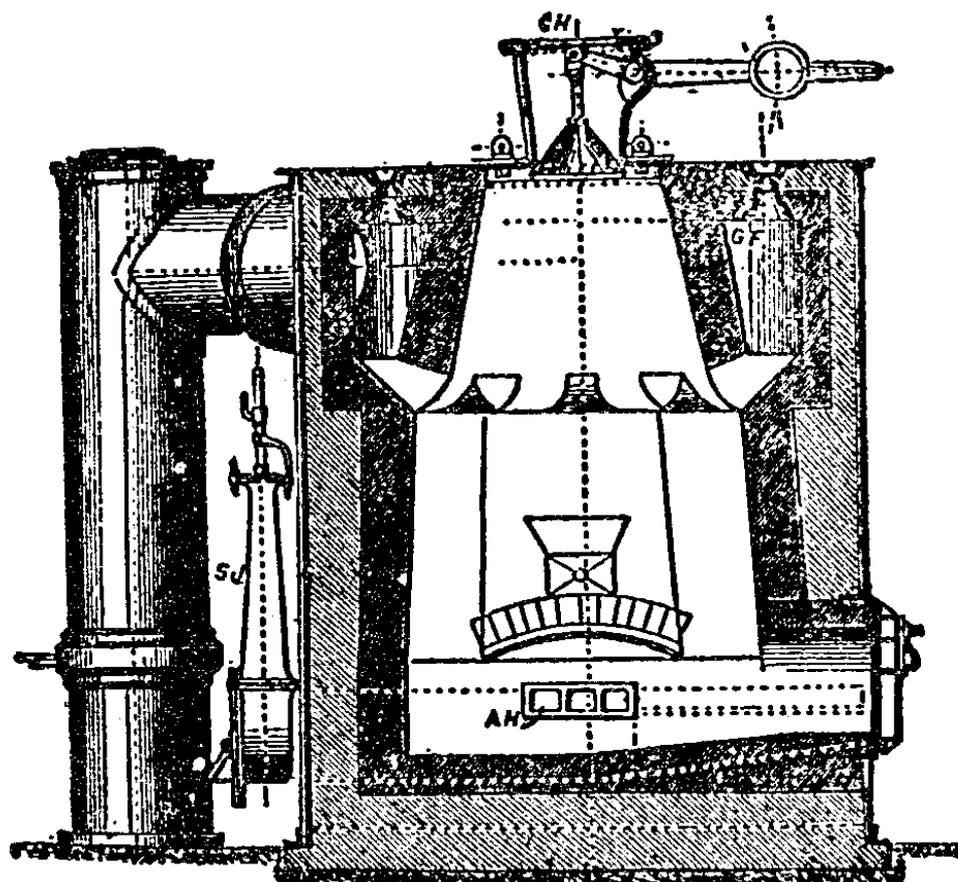


第 14 圖 西門子新式生產爐

- | | | |
|--------|--------|---------|
| C 方形之室 | D 入煤之斗 | A 蒸汽注射管 |
| F 爐橋 | E 氣道 | B 空氣孔 |

69. 威爾遜生產爐(Wilson's Gas Producer)

此與西門子爐大異,上部有軛造之氣道,其兩旁開門,通於生產室內,鼓送空氣蒸汽入於其中,每過12小時,



第 15 圖 威爾遜生產爐

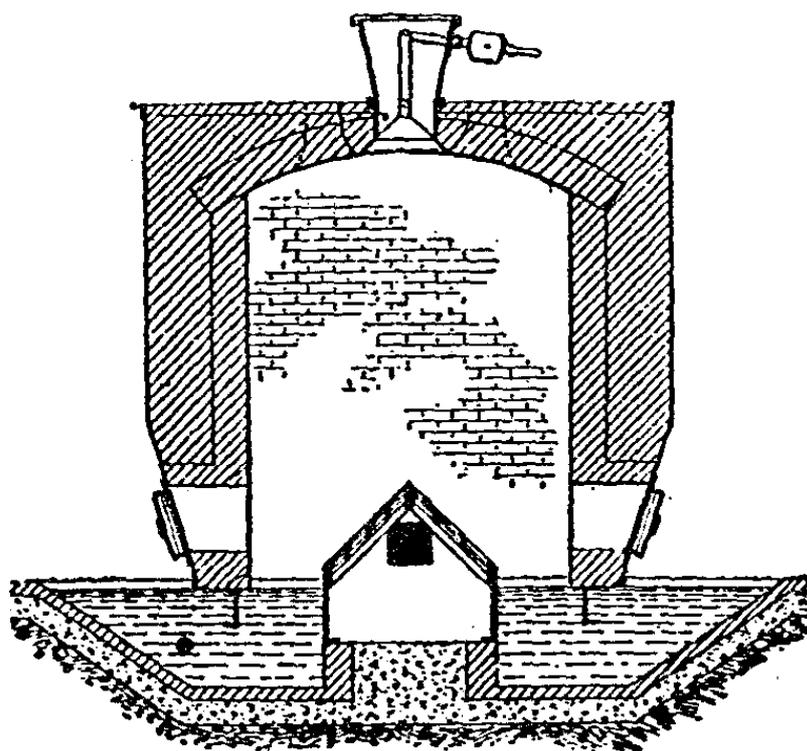
SJ 蒸汽注射管 AH 空氣孔
CH 入煤之斗 GF 氣道

將風管關閉,架設鐵條於爐之中央以承煤,掃灰再舉。

70. 達夫生產爐(Duff Producer)

爐壁深達水內,防氣外洩,其頂有入煤之斗,中央有

磚砌之凸橋，橋上排列人字形鐵條以承煤，灰屑從鐵條隙間落入水池內，空氣及蒸汽由鐵條下送入，上穿熾紅之煤，發生一氧化碳等可燃氣體，可以隨時掃灰，不致或作或輟。



第 16 圖 達夫 生產爐

71. 夢德氣 (Mond Gas)

注射二噸半之蒸汽於一噸之熾紅之煤，則化合而生所謂夢德氣者，其所含之輕氣，較生產爐氣增多，而一部之淡氣，又能化為碯精氣，計每噸煤可得硫酸鋁90磅云。

72. 生產爐氣之性質

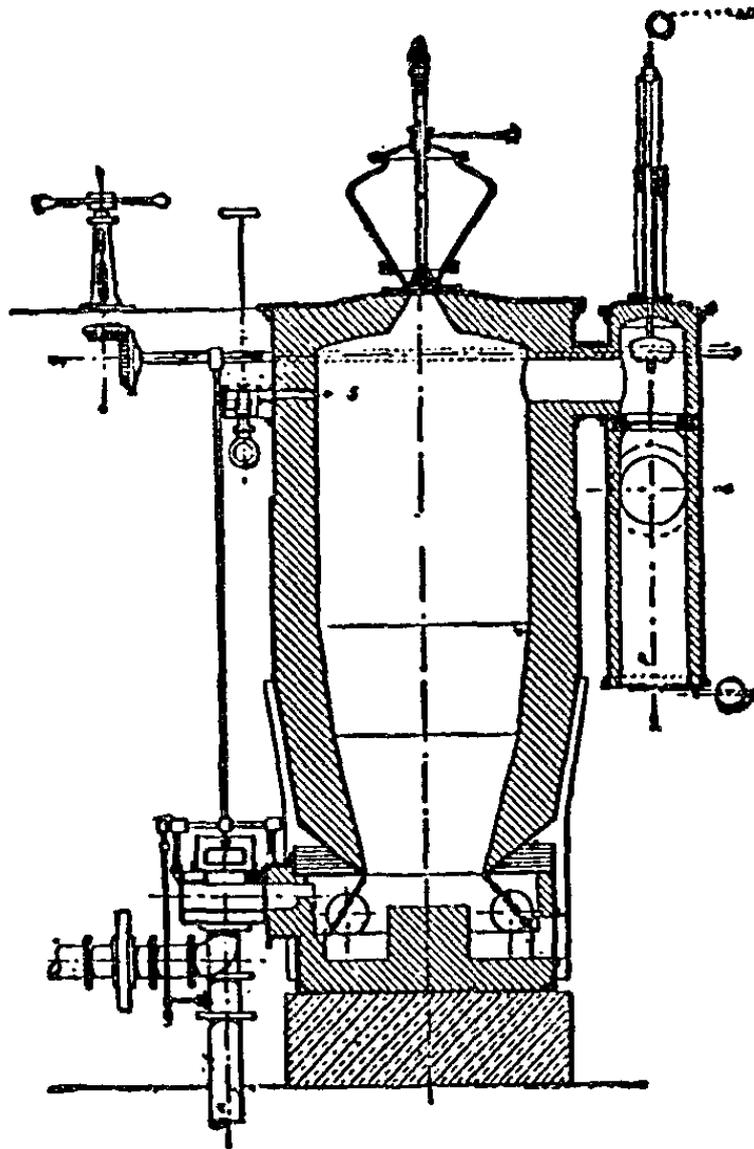
生產爐氣含可燃之氣體 34.7%，就中以一氧化碳占大部分，此物之熱力不高，故生產爐氣之熱力，因之薄弱。總計之，常較所耗之煤之熱為少，然長處甚多，足以護其短而有餘也。

73. 生產爐氣中之焦油

用煙煤以造氣，附生之焦油，多凝結於氣道內，殊為窒礙，須隨時去之。近人因焦油燒至亮紅熱，則分解為恆定氣體 (permanent gas)，遇冷不凝，故將爐式略行變更，將蒸汽從煤上送入，使造成之氣，下穿極熱紅煤，而後引入氣道，或將氣之出口，改在爐中極熱部分，分解油質，否則仿造煤氣之法，先用凝集機收取之。

74. 水煤氣 (Water Gas)

蒸汽遇燒紅之焦煤，則作用而生輕氣及一氧化碳氣二物，體積相等，熱力甚高，俗稱為水煤氣，冶金術中用之。然蒸汽之分解，與焦煤之變化，吸收熱力不少，前既言之矣。故製造水煤氣，須別置燃料，供給所需之熱，或在水煤氣爐內，或在水煤氣爐外，均無不可。水煤氣爐係磚砌成，形圓直立，外包鐵板，中實焦煤。空氣由底下送入，上穿紅煤，而生產爐氣生焉，或散於空中，或用為燃料。俟爐中



第 17 圖 水 煤 氣 爐

W 水煤氣 A 空氣
S 蒸氣 P 煤爐氣

煤燃燒極盛之時，閉塞空氣，以蒸汽代之，由上面鼓入，穿煤下行，而生水煤氣。至焦煤之熱不足以分解蒸汽時，將蒸汽閉塞，引至他水煤氣爐，復鼓空氣入爐，火勢復烈，又

以蒸汽代之,水煤氣爐數座,互相爲用,故水煤氣層出不窮,然熱爐所耗之煤,較水煤氣實用之數多三倍,附生之生產爐氣,較水煤氣多至四倍,則水煤氣之勞費,可概見矣。

75. 兌爾尾克夫萊瑟法 (Dellwik-Fleischer Process)

此法製水煤氣,後半部與普通之法同,其異點僅在前半部之熱煤,普通熱煤,空氣不十分充足,故所生者爲生產爐氣,可利用爲燃料,然此則空氣用高壓送入,爐中煤能氧化成炭酸氣,雖不能利用爲燃料,然所生之熱較常法多至三倍,熱煤之時間,因之大爲縮短,且無另建儲藏室以收容生產爐氣之繁,計燒煤1磅,足製水煤氣46.7立方呎,較常法之僅得21.7立方呎者,增多一倍有奇。

76. 鼓風爐氣 (Blast-Furnace Gas)

此與成分低之生產爐氣相似,百年前即有人用以燒石灰及烘焙礦砂,厥後用途漸廣,有用以預熱鼓風爐之風及發生蒸汽者;有用以運動煤氣機關 (gas engine) 以鼓風者,在大煉鋼廠,其鼓風爐放出之廢氣爲量甚巨,除運動煤氣機關以鼓風外,尚可運動其他之煤氣機關,以發生電流。

氣體燃料成分表

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
澆氣	—	—	67.4	56.11	46.8	3.7	57.06	55.35
輕氣	20.20	48.0	—	11.55	24.8	48.6	2.74	6.73
炭酸氣	0.89	—	3.9	4.00	12.9	3.3	28.61	25.97
一氧化碳	1.00	8.0	27.3	26.89	13.2	44.0	1.39	7.77
沼氣	72.18	36.0	1.4	1.45	2.3	0.4	0.20	3.75
他種碳氫化合物	4.30	3.8	—	—	—	—	—	0.43
養氣	1.10	—	—	—	40.3	—	—	—
可燃物之成分	98.10	95.8	28.7	39.89	85.9	93.0	31.35	36.88
每立方呎之熱力	404	385	51	77	—	162	—	—

1. 天然氣

2. 煤氣

3. 生產爐氣

4. 加鹽之生產爐氣

5. 夢德氣

6. 水煤氣

7. 鼓風爐火氣(用焦煤者)

8. 鼓風爐火氣(用生煤者)

第四篇

耐火材料

77. 耐火材料(Refractory Materials)

所謂耐火物者,即在高熱時不致熔解或變軟之物也.其種類甚多,約可別為酸性,中性,及鹽基性之三類,今分論之於下.

酸性材料(Acid Materials)

78. 火泥(Fire-Clay)

此為具高級耐火性之陶泥,普通雖指為中性,而其實不然,蓋因其含有未飽和之硅氧化物也.純淨之陶泥,名曰瓷泥(kaolinite, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$),含二氧化硅 46.33%,三氧化二鋁 39.77%,水 13.9%.若火泥中之二氧化硅常達 50-65%之多,而三氧化二鋁僅得 22-35%,故可視為純淨陶泥,與過量二氧化硅及他雜質之混合物.不列顛建爐所用之火泥,多成於石炭紀,內雜煤油質,色

暗晦而體滑膩，年代較稚者，質甚軟，富於可塑性 (plasticity)，亦可爲用。至日本所產之石炭紀火泥，耐火性太弱，則祇能用以建造煉爐之不關緊要之部分也。

79. 火泥中之雜質

常與火泥伴雜之物，爲鐵之氧化物，碳酸鈣，黃鐵礦，鹼性物，雲母，及沙等；均有減低其耐火性之趨向，就中以鹼性物爲害最烈，因其能與二氧化硅化合成易熔之硅酸鹽也。泥中含此物之量，愈少愈佳，以 2% 爲最大限度，過此不可爲用矣。三氧化二鐵遇還原性火氣，亦能與二氧化硅化合成易熔之硅酸鐵，其存在亦不可超過 2-3%。碳酸鈣成碎塊時，能使火磚起局部之腐蝕，黃鐵礦類亦然，燒泥成磚，則此物氧化爲三氧化二鐵，再與二氧化硅化合成硅酸鐵，浸入黃鐵礦類原占之孔，現黑色小環於磚面。

80. 火磚 (Fire-Brick)

將火泥風乾，研成細末，過一吋六孔之篩，混和適量之水，擠入木型，其上面用木片刮光，傾置木板上烘乾，熱度以 60° - 70° C. 爲宜，乾後成堆或用窯燒之，徐徐添火，直至白熱，漸漸退冷之即得。

81. 火磚應具之性質

(1)遇高熱不稍變軟,(2)驟冷驟熱不坼裂,(3)高熱時能載重壓而不崩碎,(4)不為所含之氧化鐵或他金屬氧化物之熔渣所侵蝕,然能兼具此四美者絕少,苟擇其對於建爐無大忌者而用之,似不致招意外之失敗.

82. 火星石(Ganister)

此物質堅而色深暗,為含陶泥之沙石所變成,有具可塑性者,和水即可造磚,若缺乏此性,則摻加少許火泥,使其膠黏,其普通成分如下:

	1.	2.	3.
二氧化硅	92.05	94.60	95.20
三氧化二鋁	2.70	1.40	0.50
氧化鐵	1.85	0.90	0.74
氧化鈣	0.60	0.48	0.40
氧化鎂	0.20	0.16	0.16
鹼性物	0.20	0.14	0.18
水	2.00	2.60	2.70

83. 狄納斯石(Dinas Rock)

此為大部分之二氧化硅與小部分之三氧化二鋁,氧化鐵,及石灰所成,有成整岩者,亦有崩碎如散沙者,性

不黏,故築爐底或胎柏塞麥迴轉爐 (Bessemer convertor) 時,須和少許之石灰或陶泥共研碎之。

84. 狄納斯磚(Dinas Brick)

此種磚又名硅氧磚 (silica brick), 造法將狄納斯石研成粗末,和入 1% 之石灰及少許之水,用槓桿壓機擠入鐵模,即載於模底之鐵板上,送至乾燥室內烘乾,然後轉入圓窯,以極高之熱燒之,約一星期可成。

狄納斯石之成分		狄納斯磚之成分	
SiO ₂	97.0-98.3	SiO ₂	96.80
Al ₂ O ₃	1.4-0.7	Al ₂ O ₃	0.92
FeO	0.5-0.2	Fe ₂ O ₃	0.50
CaO	0.2	CaO	1.20
鹼性物	0.2	鹼性物	0.20

85. 石英,燐石(Flint),及石英石(Quartzite)

此等物全係二氧化硅所成,爲造硅氧磚及煉爐沙最佳之品,惟其性不黏,造磚時須預和 1% 之石灰或火泥共研碎之。

鹽基性材料

86. 鹽基性材料(Basic Materials)

上節所論耐火諸物,均係酸性,因其含二氧化硅甚多,易與石灰,氧化鎂諸鹽基性氧化物化合成硅酸鹽故也,然煉爐有須以鹽基性耐火物造之者,此類以石灰石,白雲石 (dolomite), 及菱苦土 (magnesite) 爲最重要,三物經火焙燒,皆放出碳酸氣,變爲氧化物,缺乏黏性,須加和煤焦油使其膠黏,第一種熔解白金爐用之,第二種胎築鹽基性柏塞麥迴轉爐及鹽基性煉鋼爐用之,第三種經 1700° C. 高熱之燒製,即失其吸收潮濕之性,且不易與二氧化硅化合,故用於鹽基性煉鋼爐中白雲石與硅氧氈相接之處,亦有用以胎此種爐煉坑之全部者,然所費殊昂,似不若仍用白雲石之較爲合算也,又近日胎築銅壘金鹽基性迴轉爐,亦多用之。

中性材料

87. 中性材料(Neutral Materials)

煉爐有須用中性物造之者,何謂中性物?即不與鹽基性氧化物化合,復不與二氧化硅化合之物也,例如石墨,骨灰,及鉻鐵礦(chromite, $\text{Cr}_2\text{O}_3\cdot\text{FeO}$)是已,石墨用以製造坩堝,骨灰可以築骨灰爐之煉坑,提取鉛中之銀,鉻鐵礦則磨細加和石灰及適量之水,仿製硅氧氈之法燒之成氈,用於鹽基性煉鋼爐中硅氧氈與鹽基性氈接界之

處,亦有用以胎築鼓風爐之煉坑以熔煉頑梗之鉛礦砂者。

鉻鐵礦砂之成分

	<u>土耳其產</u>	<u>新卡里多尼亞產</u>	產地未詳
Cr ₂ O ₃	51.70	55.70	51.54
FeO	14.20	11.60	35.82
Al ₂ O ₃	14.10	18.20	3.01
MgO	14.30	9.80	2.60
SiO ₂	3.50	0.25	2.25
CaO	1.70	0.25	4.20
MnO	—	0.20	—
P ₂ O ₅	—	0.05	—
H ₂ O	0.30	1.05	—

88. 他種耐火材料

將熟鐵渣 (tap cinder, $x\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2$) 壓碎,入爐通空氣焙之,則氧化而成三氧化二鐵及二氧化硅之混合物: $2(x\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2) + x\text{O} = x\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$, 爲胎築攪鐵爐所必需,遇氧化能耐火,遇還原能復成易熔之硅酸鐵,此外有用鐵礦胎煉爐者,其種類須斟酌情形而取舍之。

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
二氧化硅及鋁酸	67.12	63.30	55.61	44.37	57.57	89.37	98.31	8
三氧化二鋁	21.18	23.30	27.50	38.59	26.35	6.36	0.72	} 4
氧化鐵	1.85	1.80	1.91	1.82	1.33	1.72	0.18	
石灰	9.32	0.73	0.32	0.51	0.60	0.70	0.22	52
氧化鎂	0.82	—	0.79	0.31	0.55	0.36	—	36
鹼性物	2.02	—	0.81	—	0.48	—	0.18	—
水及有機物	7.21	10.30	12.42	14.40	13.75	3.78	0.85	—

- 1.-5. 火泥
- 6. 火星石
- 7. 狄納斯石
- 8. 燒過之白雲石

坩堝

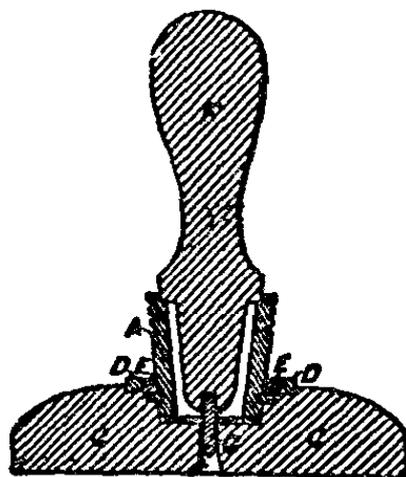
89. 坩堝(Crucible)

坩堝形若巨杯,所以使礦砂與燃料火氣相隔絕也。有陶泥製與石墨製之二種,今分論於下。

90. 陶泥坩堝(Clay Crucible)

用陶泥製坩堝,須加入燒過之陶泥,二氧化硅,或其他極耐火之物,以爲之骨骼,抵消其縮性,其造法甚多,茲將實驗室中陶泥坩堝製法約略言之,先將陶泥碾碎過篩,加和燒過之陶泥及水少許,揉作圓球,按捺於旋轉之陽模 (core) 上,至包覆模面爲止,塑成大概,用刀修飾之,倒持陽模,任其自落,按口沿向外少進,是卽坩堝之嘴,微

火烘乾，入窯燒之。至熔鋼廠所用之坩堝，製法略異，先置陰模於圓鐵板上，模底與板均穿一孔，互相適合，投適量之陶泥於陰模中，持陽模向下按捺之，則泥被擠，由兩模間空處上升，陽模之頂有釘，穿陰模而直入鐵板孔內，防其偏也。取出陽模，坩堝遂成，其底之孔，搓泥丸塞之。若用以熔鋼，則灑沙於軛面，上置坩堝，一遇高熱，沙即先鋼而熔，膠結坩堝於軛上，不須泥丸封塞。按此法製坩堝，與實驗室製小坩堝試鐵者同，惟彼處不灑沙於軛面，仍須用泥丸封塞坩堝底之孔耳。



第 18 圖

實驗室坩堝製造器

C 底板

D 黃銅環

A 黃銅陰模

F 陽模

G 陽模頂上之釘

91. 坩堝之形式

坩堝之形式，隨用法而異。坩堝不同，所用之泥土亦不同。今則一種泥土，徧製各種坩堝，一種坩堝，徧用各種泥土，誠便利也。倫敦莫根公司 (The Morgan Crucible Company)，以製試金坩堝著名於世界。

92. 陶泥坩堝應具之性質

(1) 遇高熱不熔，亦不稍軟，燒紅時用鉗夾取，不致

擠破。(2) 不為氧化鉛等物所蝕傷。(3) 驟冷驟熱,不稍坼裂。(4) 所構成之分子,不致與礦砂相化合。統此四端,不可缺一,視火甌尤加重焉。

下列之表,備載四種著名陶泥坩堝之成分,學者閱之,於陶泥之選擇,及混合物之預備,可得他山之助。

坩堝之分析

	1.	2.	3.	4.
SiO ₂	72.39	70.9	64.6	72.3
Al ₂ O ₃	25.32	24.8	34.4	19.5
Fe ₂ O ₃	1.07	3.8	1.0	3.9
CaO	0.38	—	—	—
K ₂ O	1.14	—	—	—
MgO	微量	微量	—	—

93. 石墨坩堝 (Plumbago Crucible)

石墨有晶狀與非晶狀二種,晶狀者宜於造坩堝,因其具片狀結構,燒時不生坼裂也,選擇時須注意以下四點:

- (1) 碳素之成分須高。
- (2) 須具片狀結構。
- (3) 鐵之成分須少。
- (4) 灰量須少,其構成物又不可與火泥化合,成易

熔之物。

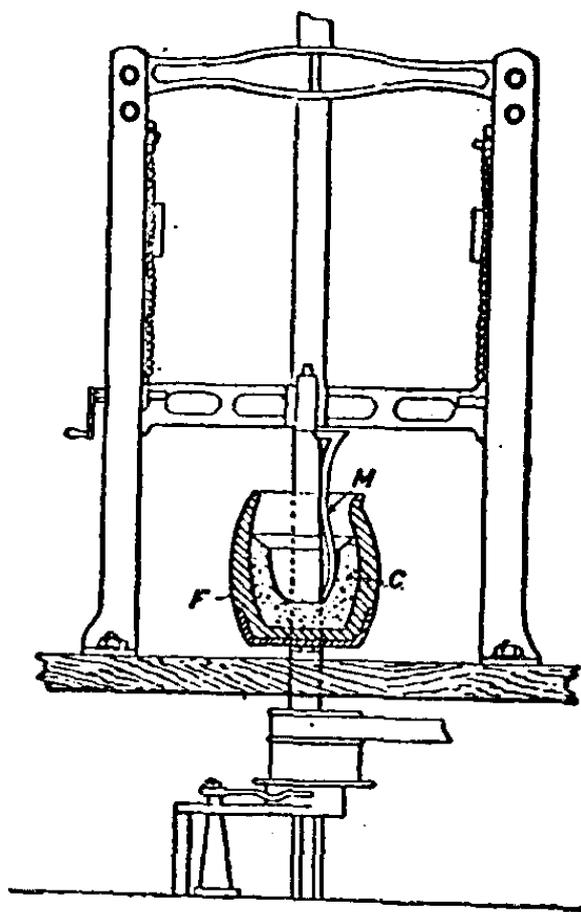
石墨缺乏可塑性，故須攪和陶泥，其配合約石墨50%，風乾之火泥45%，沙5%。製之者亦以莫根公司為著。該公司所用之機器有煨石膏製成之陰模，旋轉不已，其中置石墨、火泥及沙之混合物，開動上方木模，漸漸下落，擠入陰模之內，壓之成形，移置熱處，則煨石膏將坩堝表面之潮濕吸去，坩堝即脫離不黏，轉載泥箱中，入窯燒之，其應具之性質為：

(1) 遇高熱不稍變軟。

(2) 熱度猝然大變，不致坼裂。

(3) 內面光滑，熔解之金屬不致黏留。

新製之石墨坩堝，於使用之先須注意其韌煨，法投冷焦煤於工作既畢之煉爐內，其上



第 19 圖
坩 堝 製 造 機

F 陰模

C 石墨及火泥

M 木製陽模

倒置坩堝，坩堝之上加蓋焦煤，漸漸生火，俟其色紅，然後仰轉熔煉鋼鐵，然近日莫根公司塗釉其上，潮濕不能侵入，無韌煨之必要，若是者謂之火蛇坩堝 (salamander crucible)。

至坩堝內塗碳素法見後附錄實習 68，茲不具述。

第五篇

煉

94. 煉爐 (Furnace) 之分類

煉爐分類之法不一,下所列者雖不完全,然常用之爐,大略已備.

(1) 物品與燃料接觸者.

(a) 不需人力鼓風者……各種甄窯.

(b) 需人力鼓風者 { (1) 爐之高過於爐之徑者,謂之鼓風爐.
(2) 爐之高不及爐之徑者,謂之淺爐.

(2) 物品不與燃料接觸而與火氣接觸者(反餞爐).

(a) 用固體燃料者.

(b) 用氣體燃料者.

(3) 物品與燃料火氣均不接觸,而於另處以煉之者.

- (a) 物品不揮發者 { (1)不可移動者…… 骨灰杯爐.
 (2)可移動者…… 坩堝爐.
- (b) 物品能揮發者…… 各種蒸溜甌爐.

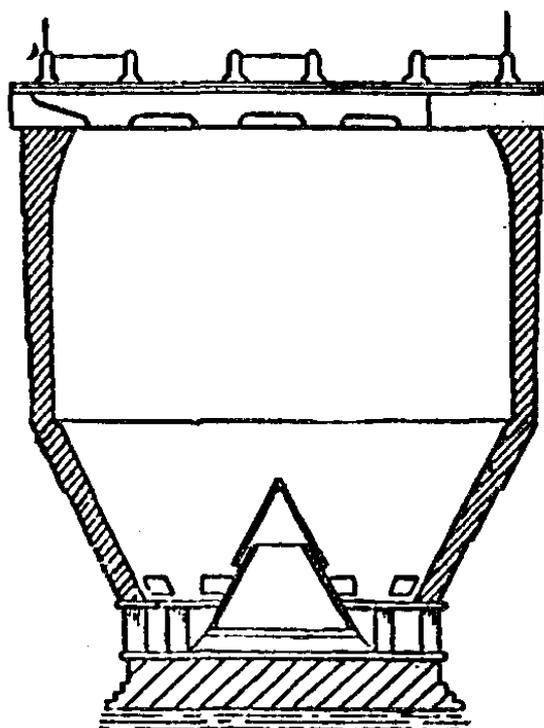
甌窯

95. 甌窯(Kiln)

甌窯專為焙礦砂及燒石灰等用,凡空氣不求甚足,熱度不求甚高時用之,茲舉數例於下.

96. 蘇格蘭窯 (Scotch Kiln)

形圓直立,內甌外鐵,高40呎,徑16呎,底部略小,左右各有凸門,架設人字形鐵板,引導焙過之礦砂出爐,生砂及燃料由頂上注入.每焙礦砂1噸,需煤48磅之譜.



第20圖 蘇格蘭窯

97. 基爾斯窯 (Gjers Kiln)

式最完善,外鐵內甌,上半段形若圓筒,下部似倒立之截錐,周圍有門,可

以啓開放入空氣,或插入鐵桿,撥動膠結之礦砂,全體載於巨鐵圈上,用中空之鐵柱承之,不使與地面相切,地面蓋鐵板,於其中央置生鐵圓錐,突入窯內,引導焙過之礦砂由其周圍落下,高33呎徑24呎之窯一座,每週可焙鐵礦砂1000噸,耗煤40噸,換言之,即煤1噸,可焙礦砂25噸。

98. 大衛斯窯(Davis-Colby Kiln)

係甌砌成,繚繞三匝,外層與中層相隔之空處少,中層與內層相隔之空處多,中內層之壁穿孔數行,礦砂即置於其間焙之,空氣及氣體燃料由外層中層送入,穿礦砂而達於內層,轉向煙道而去。

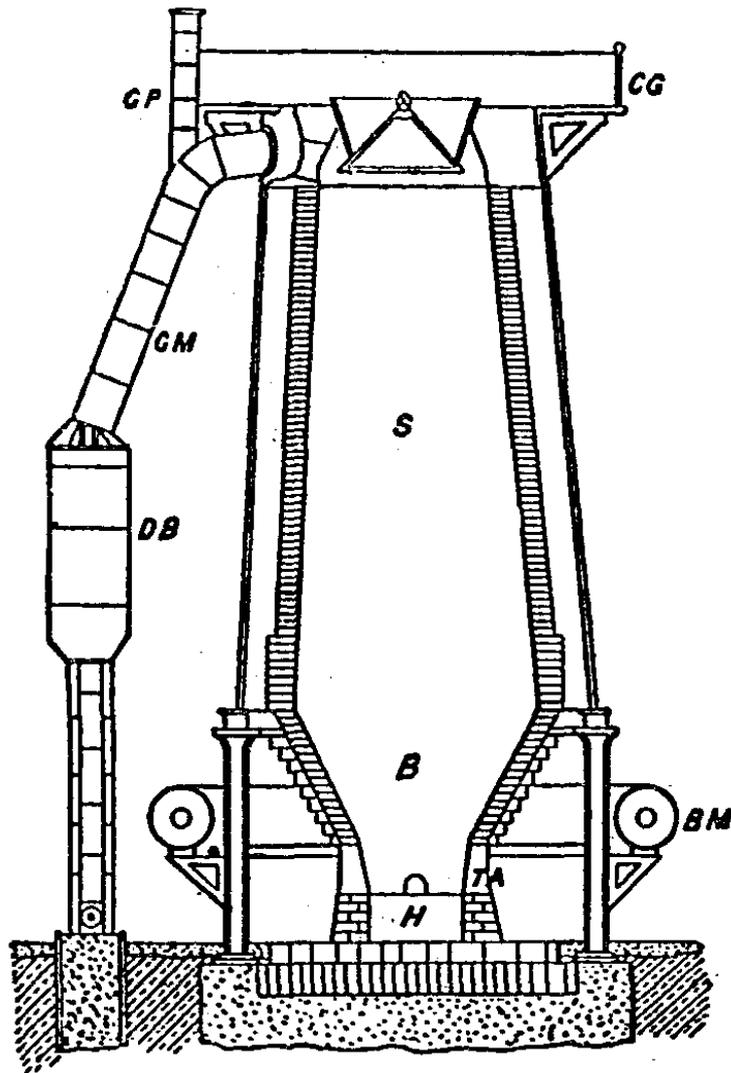
鼓風爐

99. 鼓風爐(Shaft or Blast Furnace)

鼓風爐與甌窯不同之處有二:(1)空氣常由機器壓入,用吸引或高煙道者甚少。(2)礦砂出爐時熔解成液體,不似甌窯之仍爲固體也,今將煉鐵鼓風爐示之如第21圖。

100. 鼓風爐中之反應

空氣由爐底送入,遇熾紅之焦煤,化合生一氧化碳及較少之炭酸氣: $C + O = CO$, $C + 2O = CO_2$ 。後者再與



第 21 圖 煉鐵鼓風爐

- | | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| <i>S</i> 爐身 (shaft) | <i>B</i> 爐腹 (boshes) |
| <i>H</i> 煉坑 (hearth) | <i>CG</i> 裝砂壑 (charging gallery) |
| <i>DB</i> 灰箱 (dust box) | <i>GM</i> 總氣道 (gas main) |
| <i>BM</i> 總風道 (blast main) | <i>TA</i> 空氣龍頭之凸橋 (tuyere arches) |
| <i>GP</i> 直立管 (stand pipe) | |

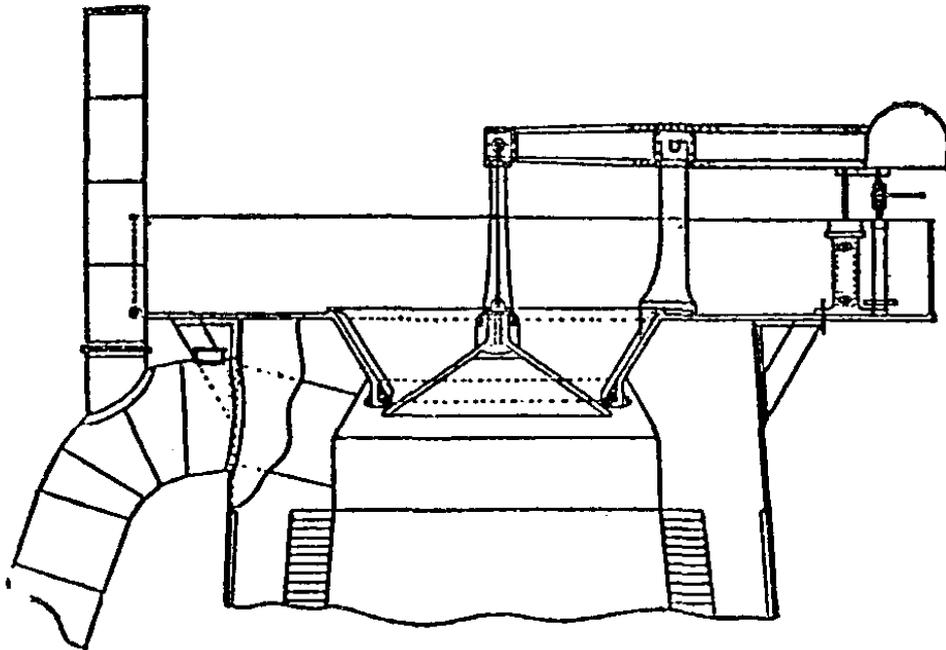
煤化合,亦變為一氧化碳: $\text{CO}_2 + \text{C} = 2\text{CO}$. 其體積較所耗之氧恰多一倍,與第三篇所論之生產爐氣同.若用生煤以代焦煤,則除一氧化碳外,尚有煤氣等可燃之物.當

空氣入爐之處，焦煤燃燒甚烈，一氧化碳之熱度甚高，上穿礦砂，熱度大減，因其富於還原性，凡含氧之化合物，與之相遇，即失其氧，漸趨於純。出爐時之熱，不過三百餘度耳。昔日多用露頂爐 (open topped)，任其散於空中，經濟上殊不合算；今則爐頂關閉 (closed topped)，與礦砂化合之後，穿入總氣道而出，可利用之以發生蒸汽。

101. 裝砂 (Charging)

礦砂由爐頂送入時，火氣外竄，有數法可防止之。今舉二例於下：

(1) 盂盤裝填機 (bell and cone charging apparatus) 爐頂備無底之仰盂，其邊恰與爐口合，盂下有尖底之生鐵覆盤，其邊緊切盂腳，以機器槓桿起落之。裝砂之法，先將總氣道關閉，令爐中火氣由直立管放出，然後傾礦砂，燃料，助熔劑等於盂盤之間，動槓桿落下覆盤，則礦砂等由間隙相繼入爐，同時煤煙礦灰俱向直立管衝出，不致竄入總氣道中。砂既裝滿，動槓桿仍將覆盤引上，且關閉直立管，引還火氣入總氣道中。苟盂盤之間有不相緊合處，則傾入磨細之紫砂 (purple ore) 填塞之。又近人於仰盂之上懸斗，中實熾紅之煤，洩出之氣，著火即燃。此法裝砂，占時甚少，歐美通行。



第 22 圖 盃 盤 裝 填 機

(2) 杯管裝填機 (cup and pipe charging apparatus)

於爐頂安圓管,其中實燃料礮砂等物,防止火氣外洩,是為圓管裝填機。若頂口過大,則管上裝杯,形如漏斗,是為杯管裝填機。

102. 形式及物料

爐之形式,視大小及用途而異。古式煉鐵爐,多係常甄砌築,高 40 至 45 呎,分為三部,即爐身,爐腹,煉坑是也。爐身載於石橋之上,部別甚明。新式爐形圓或橢圓,較古式者為高,自 50 呎至 100 呎以上,外以常甄建砌,加鐵板或鐵條護之,內胎火甄。爐腹煉坑,尤為最熱之處,全係含二

氧化硅極少之耐火磚砌成，爐身立於鐵柱之上，與爐腹煉坑相切而不相聯，後二者之內部，絕少隱僻隅角，處處可以直達，苟有損壞，又可以拆下修理，爐頂之徑甚小，裝砂機須另建鐵架承之。

103. 煉坑

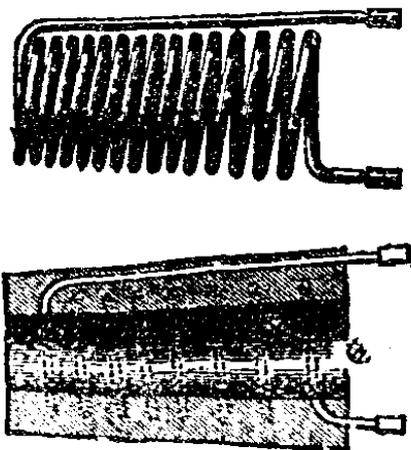
爐底熔砂集合之處，謂之煉坑，此處除放瀉孔 (tap holes) 外，餘均閉塞，開口於外者亦間有之，蓋因熔煉時渣滓有凝結者，可由此耙出也。古式煉鐵爐及近日煉銅煉鉛之爐，其煉坑前部常突出爐外少許，砌火磚為隄 (dam)，橫阻其前，護以鐵板，隄上有溝 (cinder notch)，凡熔解之渣滓，循溝及斜面 (cinder fall) 而流入模。至金屬熔汁，則由隄下之孔放出。

104. 水箱及水套 (Water Block and Water Jacket)

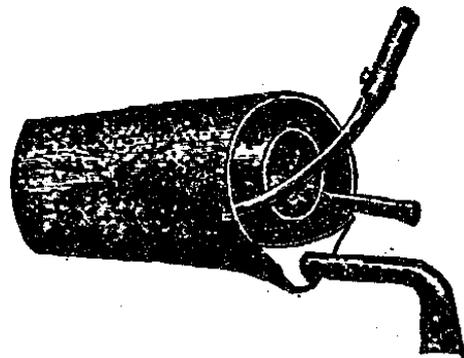
空氣由爐腹之下煉坑之上鼓入，恰當熔砂表面，此部之熱度既高，故磚壁易於損壞，防免之法，嵌鐵箱於爐腹之周圍，灌冷水，其內，川流不息，既不妨害爐火之熱，又能保磚壁之不傷，法甚善也。近人又考得煉銅鉛礦砂之爐，其中之氧化銅，氧化鉛最易傷損磚壁，保護之法，更須加詳。爐腹下部，遂純以生鐵製或熟鐵製之水套護之，套之表面，礦渣時結時熔，故得免於侵蝕。

105. 龍頭(Tuyere)

鼓風機所送之空氣,先入圍繞爐腹上部之總風道,繼穿下來管 (down comer),然後由龍頭達於爐中.送冷空氣時,龍頭與下來管用皮套聯之,名曰鵝頸 (goose-neck).若所送者為熱空氣,則皮套必被燬傷,須以鐵管代之.鐵管與下來管間有鐵球鐵窩 (ball and socket),為之樞紐.總風道之轉角處穿孔,蔽以雲母或滑動之門,工人由此察看火色焉.龍頭係金屬製,送熱空氣時,外加水龍頭 (water tuyere),其形與空氣龍頭相似而稍大,其內冷水流行不息,所以防其過熱而受傷也.此外有用中空之截錐形箱,灌入冷水,置空氣龍頭於其中央者,謂之斯脫福龍頭 (Staffordshire tuyere).有蟠熟鐵管成螺旋,嵌於生鐵塊內,其中通冷水,套於空氣龍頭上者,謂之蘇格蘭龍頭 (Scotch tuyere).以上二種,若偶然破裂,水即衝入爐



第 23 圖 蘇格蘭 龍頭

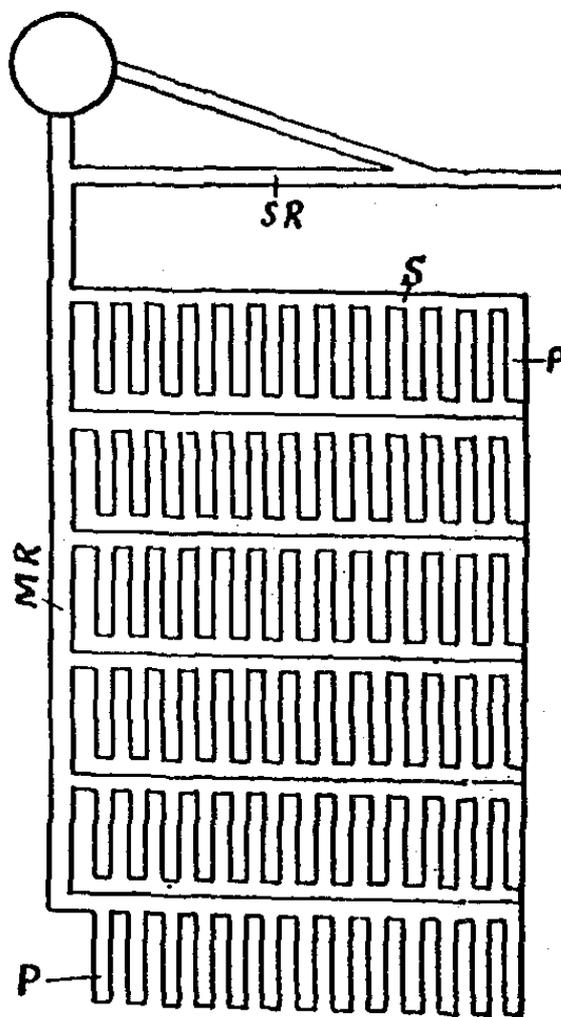


第 24 圖 魯意會 噴水龍頭

內,發生危險,能免此弊者,則有魯意會噴水龍頭(Lloyd's spray tuyere)。爲雙圓管所成,其形與斯脫福龍頭相似,冷水由上部之管噴入,由下部之管流出,不令積蓄多量,故危險減輕,惟所用之水,須先濾去泥沙,免其窒塞管路。

106. 坯模及熔渣模(Pig- and Slag-Moulds)

金屬出爐,多引入模內,鑄之成塊,模陷沙爲之,位於爐前,名曰坯牀(pig bed)。其原起於煉鐵,蓋鐵之熔汁循爐外之總溝,分流入若干較小之溝,而達於模,此模謂之坯模,鐵謂之坯鐵(pigs),小溝中之鐵謂之溝鐵(sow)。至同時流出之熔渣,有作溝容納之者,亦有引入鐵箱,用車運去之者。



第 25 圖

SR 熔渣溝 S 溝鐵溝
MR 總溝 P 坯

107. 捲揚機(Hoist)

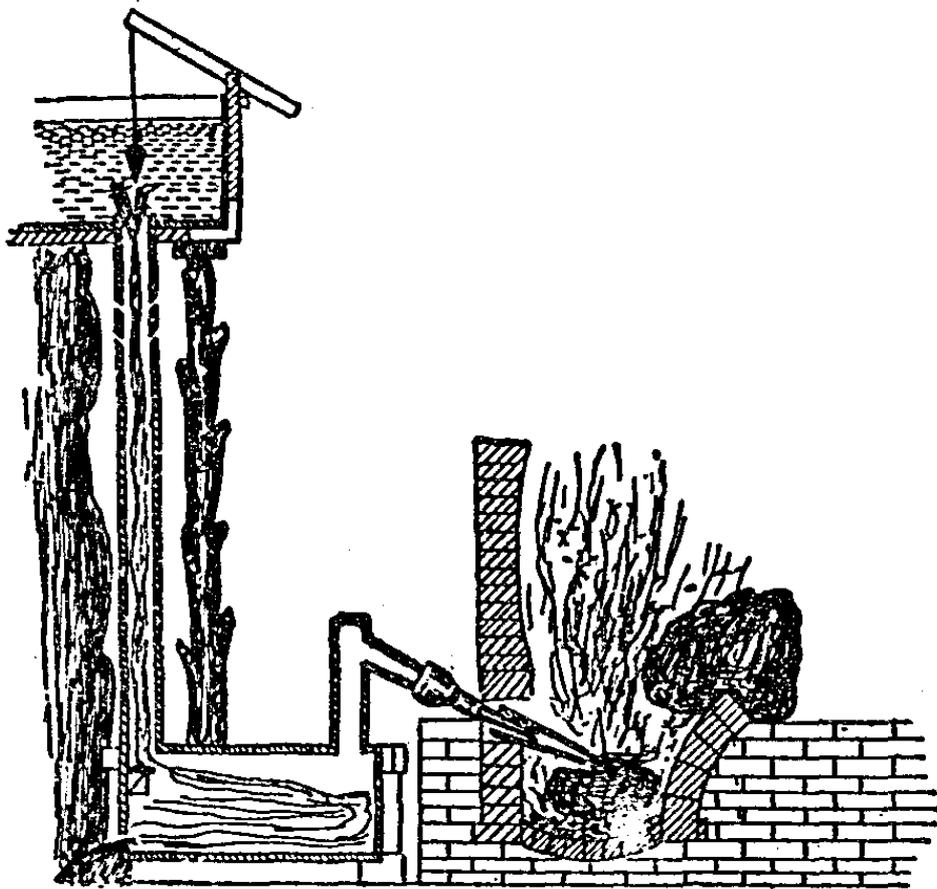
鼓風爐既高，則進砂進煤，非用捲揚機運上不可。法直立數鐵柱，高過於爐，其面有槽，運砂車上下時，受其輔導，不致搖擺。爐頂安圓鼓，捲揚繩之一端繞於其上，他端跨柱頂之巨滑車，而下繫於運砂之車，圓鼓用直接動之蒸汽機旋轉之。

按捲揚機形式甚多，除上法外，尚有用斜面，水力，或空氣力者，茲將基爾斯空氣捲揚機 (Gjers pneumatic hoist) 更述於下。植中空之鐵柱一根，其徑三尺，高過於爐，將鐵板穿於其上，板之四角各繫鐵繩，跨過柱頂四滑車，而下聯於柱內之氣塞，塞之重足以支持鐵板之重，以空氣壓力上下之。今設鐵板在上，活塞在下，自塞底壓入二磅壓力之空氣，則活塞被逼上昇，鐵板帶空車下降。抽出柱內空氣，活塞又被吸而下，鐵板載礦砂燃料等而上。用此法昇降砂車，無捲揚過甚 (overwinding) 之險，即令板角之繩，忽斷其一，該角僅能下垂，其餘之三繩，能將鐵板斜拗於柱上，運砂之車，仍不至於墜落也。

淺爐

108. 淺爐 (Shallow Hearth)

淺爐較鼓風爐矮小，而其需人力鼓風則同。世所稱之卡塔拉泥亞熟鐵爐 (Catalan forge)，係其一種。形為小



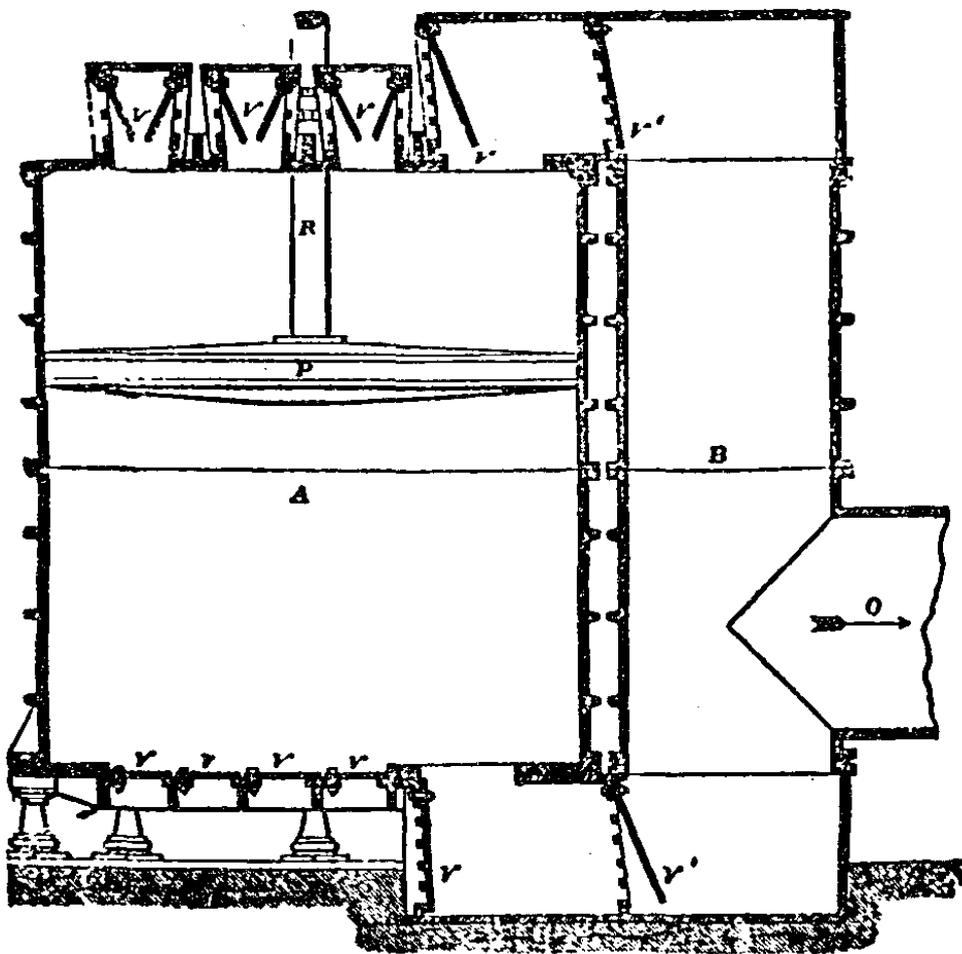
第 26 圖 卡塔拉泥亞淺爐

穴內胎耐火之石，空氣龍頭祇有一枚，安於爐頂近處，將礦砂混合木炭煉之，兩物化合，發生熟鐵及熔渣，集於爐底，放出渣滓，留鐵於爐，形若海棉，鉗出榨之。夫空氣既由混合物之上面鼓入，故熱度較高爐為低，下方之氣，具還原性，上方之氣，或又能具氧化性。凡礦砂須析去其氧，或還原與氧化兩事並行者，則用之。又鐵匠所用之熔鐵爐 (Smith's forge)，空氣由下方鼓入，亦屬此式之一。

109. 空氣之供給 (Air Supply)

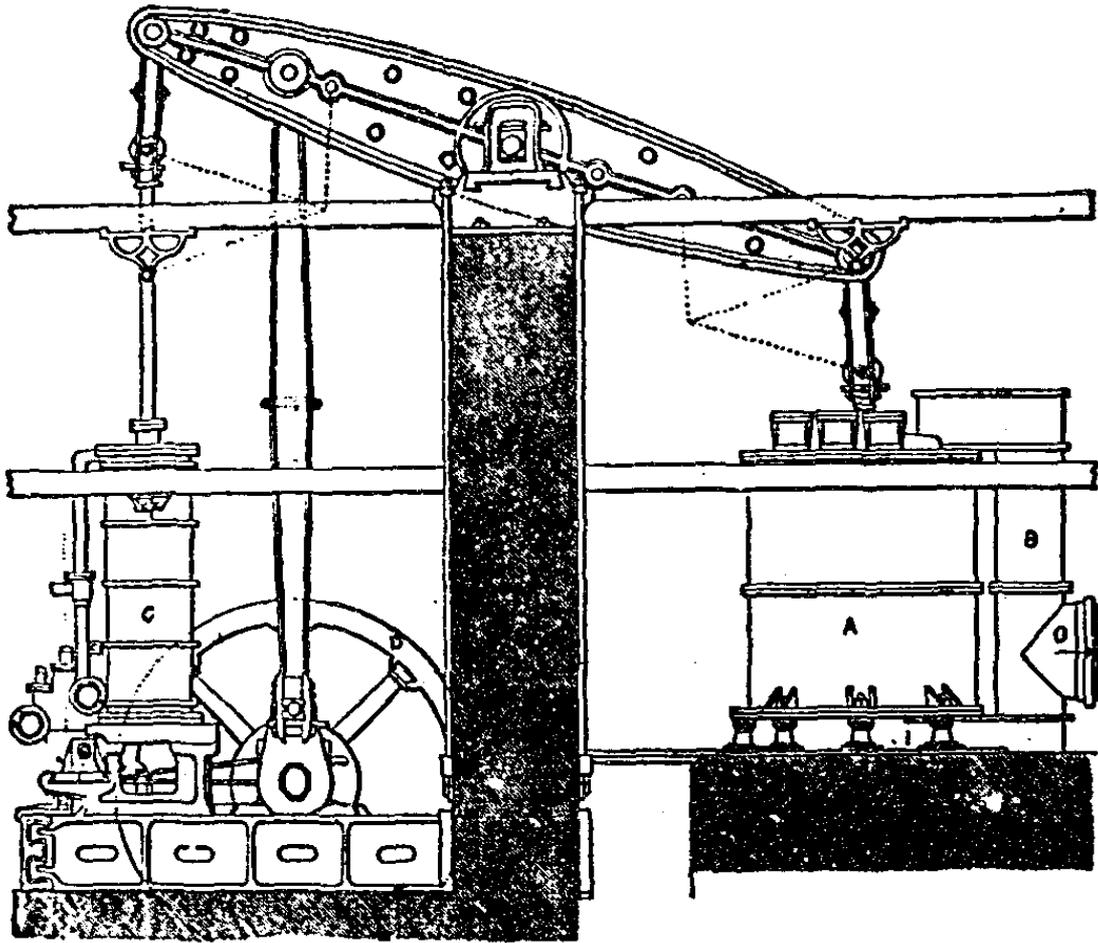
火賴空氣而後熾,故須人力鼓風,器之最簡者為單風箱,送出之風不能成線,鐵匠所用者為複風箱,所生之風陸續不絕,然力甚弱,二者皆不足以供大煉爐之用,故欲風力大而不斷,宜用鼓風機關或吹機。

110. 鼓風機關(Blowing Engine)



第 27 圖 鼓風機關之空氣筒

- | | | | |
|---|------|----|------|
| V | 入氣活瓣 | V' | 出氣活瓣 |
| P | 活塞 | R | 活塞桿 |
| A | 空氣筒 | B | 總風道 |

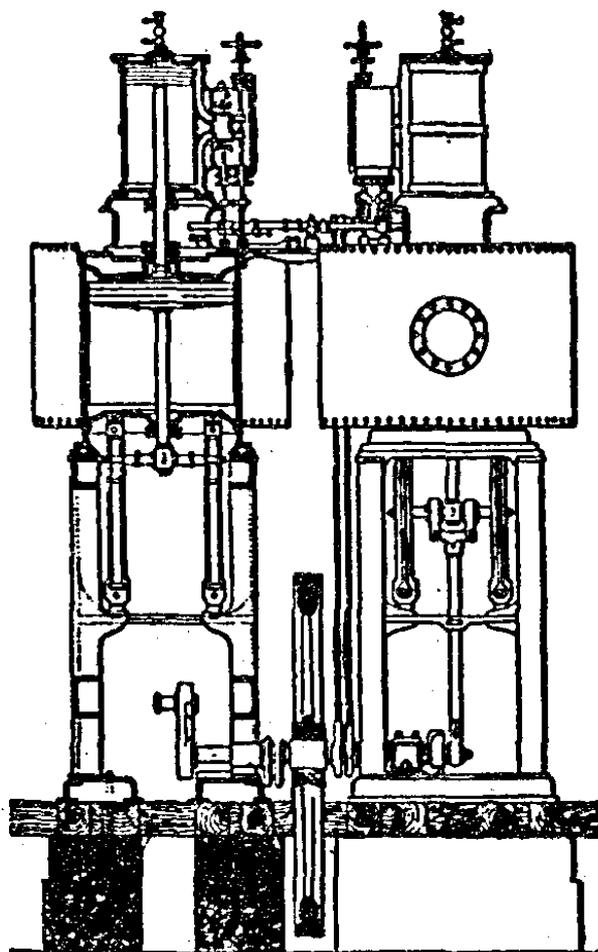


第 28 圖 複動鼓風機關

(1) 複動機關 (Double-acting Engine) 空氣筒甚大, 徑 12 呎, 衝程 (stroke) 亦如之, 筒中活塞 (piston) 之前後, 各安活瓣 (valve) 兩行, 一以入氣, 一以出氣, 均係金屬製成, 下墊橡皮等柔軟之物, 使關閉時不起振擾, 但活塞前移, 入筒之空氣發生阻力, 須將入氣活瓣加大, 其面積抵活塞之半, 然用一枚巨大活瓣, 勢所不能, 故用若干小活瓣代之, 分佈於空氣筒之上下兩面。

空氣筒與蒸汽筒聯絡之法不一, 常法將兩筒之活

塞桿各聯結於橫梁 (beam) 之一端,支其中而動之,此升則彼降,兩桿之衝程相等,特蒸汽活塞之面積,較空氣活塞為小耳. 蒸汽筒之側,常附設飛輪,由接續桿 (connecting-rod) 聯於橫梁引動之.



第 29 圖 直接動垂直機關

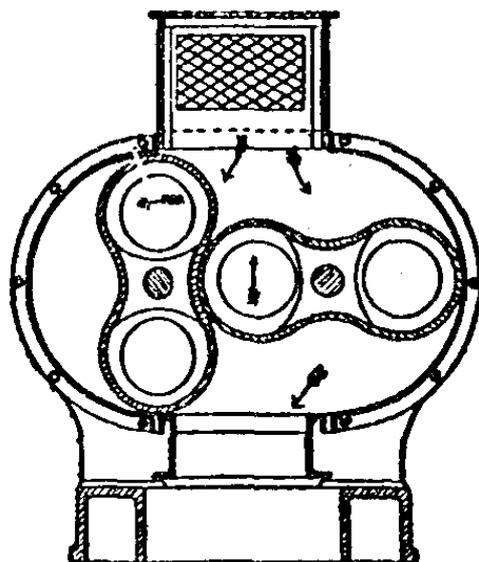
(2) 直接動垂直機關 (Direct-acting Vertical Engine) 亦有用之者,其空氣蒸汽兩筒,重疊而立,兩活塞以同一之桿引動之,外附飛輪.

(3) 煤氣機關或內燃機關 (Gas Engine or Internal Combustion Engine) 以鼓風爐放出之火氣發動之,其用亦廣.

111. 吹機 (Blower)

凡空氣不需甚多,或欲發生吸引力時,則用吹機,有

魯特及扇頁兩種：(1)魯特吹機 (Root's blower), 形爲鐵箱, 中安二臂, 轉動甚速, 彼此相切而不相撞, 逼出其前之空氣而生風。(2)扇頁吹機 (fan blower), 爲若干斜渦扇頁所成, 轉動極速, 空氣由近軸之缺口竄入, 循正切線飛散, 而生強氣流。



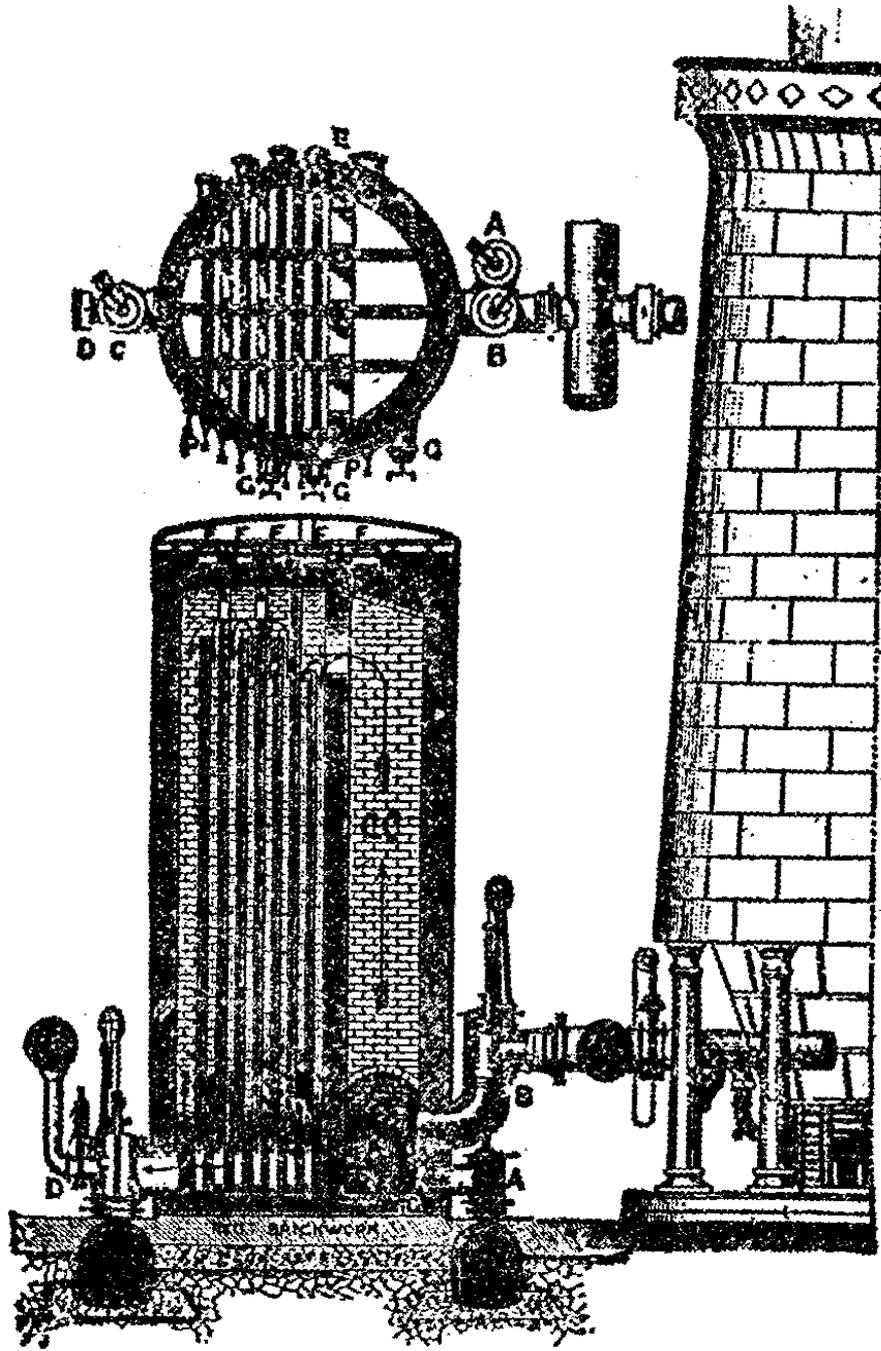
第 30 圖 魯特吹機

112. 壓力之調整

空氣由筒內送出時, 因活塞之速度不同, 其壓力時生差異, 調整之法, 先引入大鐵箱中, 利用其彈性, 均勻其壓力, 然後由總風道放出用之。

113. 氣壓之測量

測量氣壓, 用水銀氣壓計 (mercury manometer). 係 U 形管, 內盛水銀, 聯其一端於總風道, 他端與大氣相通. 機未開動時, 管內兩端之水銀面等高, 鼓動空氣, 則聯於風道一端之水銀面下降, 通於大氣一端之水銀面升高, 由彼此高下之差, 可推算氣壓之大小. 按大氣壓力, 約能支高 30 吋之水銀柱, 每平方吋壓力 15 磅, 今設兩水銀面相差 2 吋, 則每平方吋之壓力, 必爲 1 磅 ($\frac{15}{30} \times 2 = 1$) 無疑。



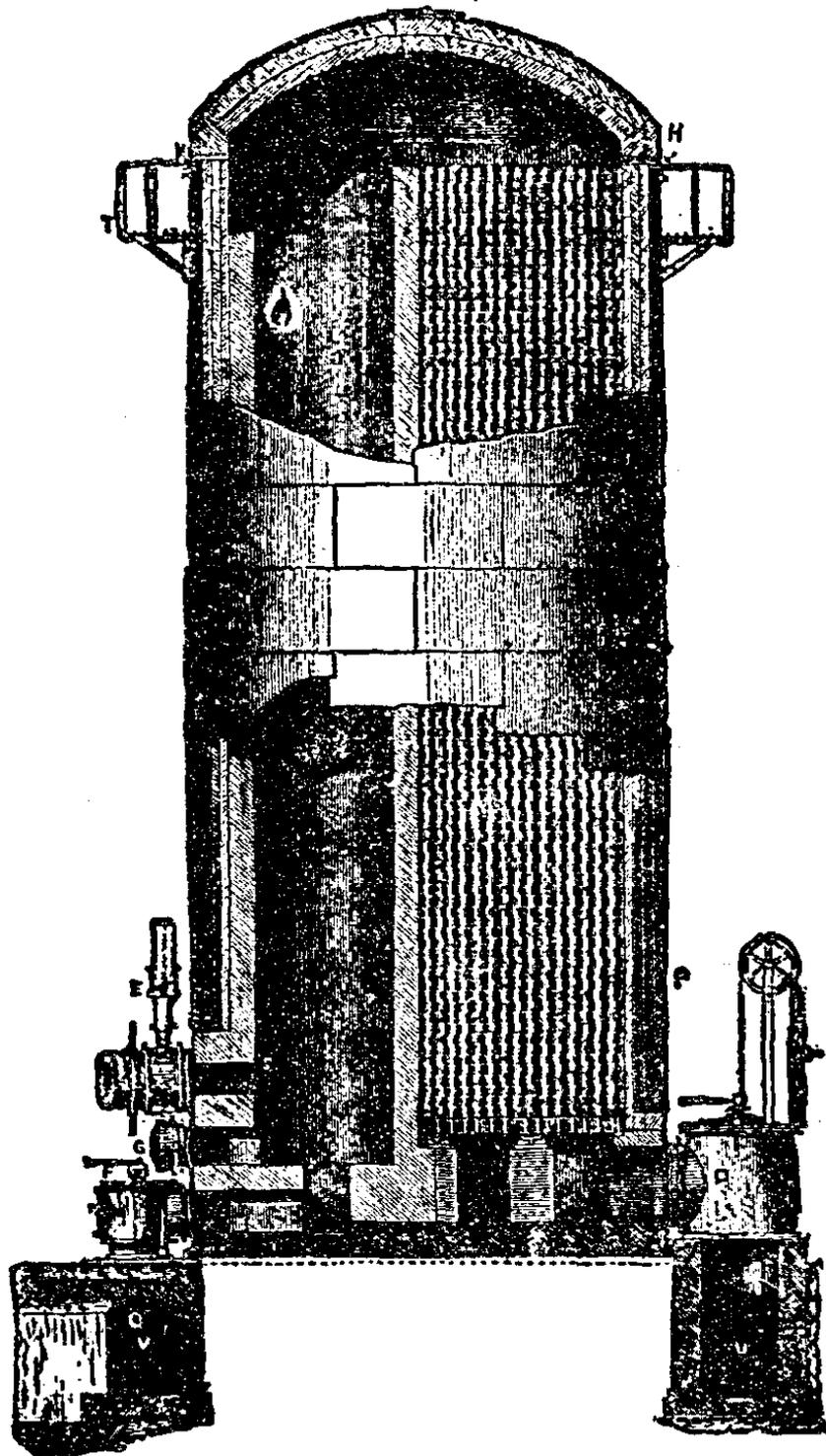
第 31 圖 賽特衛爾爐

- | | |
|----------------|--------------|
| <i>A</i> 火氣活瓣 | <i>B</i> 熱風管 |
| <i>C</i> 煙道活瓣 | <i>D</i> 冷風管 |
| <i>E</i> 出灰門 | <i>F</i> 清掃門 |
| <i>G</i> 空氣入口 | <i>CC</i> 火氣 |
| <i>P</i> 看火色之孔 | |

114. 循環爐

(1) 喜特衛爾爐 (Whitwell Stove) 形圓直立,係火甌所砌成,外包鐵甲,其中央稍偏處,為火甌所砌之火房,其高幾與爐等,火房與爐壁間有無數直立之甌管,其下彼此相通,通於火房者,為火氣,空氣,熱風三管,皆有活瓣以司啓閉,通於火房爐壁間之空隙,及直立甌管之下者,為煙道及冷風管,甲乙兩爐輪流用事,先啓甲爐之煙道,及火氣,空氣二管,引空氣及鼓風爐放出之火氣入火房內,任其燃燒,所生之熱氣由火房上升,下穿甌管,轉向煙道而去,惟經第一行第三行甌管時,須另入空氣以完成其變化,爐被火燄則紅,至極熱時,閉塞各管,引火氣於乙爐之內,開甲爐之冷熱風管,鼓入冷風,穿直立之甌管下入火房,再由熱風管直達煉爐,其道正與火氣空氣相反,一小時後,爐壁漸冷,復將煙道及火氣空氣二管齊開,引空氣及乙爐之火氣於其內,而乙爐遂為熱風之用,乙爐漸冷,復引入空氣及甲爐之火氣,而用甲爐熱風,二者互相為用焉,爐頂開有小門,便於清掃一切,底亦有門,所以出灰。

(2) 顧伯爐 (Cowper Stove) 熱風之理與喜特衛爾爐相同,但內部之構造畧異,直立之甌管,或相切似田字,或聯屬如蜂窠,火氣由氣道 V 上穿活瓣 F 入爐,空氣



第 32 圖 顧 伯 爐

- | | | |
|--------------------|------------------|-----------------|
| <i>F</i> 火氣入爐之活瓣 | <i>G</i> 空氣入爐之活瓣 | <i>E</i> 熱風出口 |
| <i>O</i> 火房 | <i>P</i> 熱風管 | <i>U</i> 熱氣之出路 |
| <i>D</i> 節制熱氣出爐之活瓣 | <i>V</i> 火氣道 | <i>S</i> 察看火色之孔 |

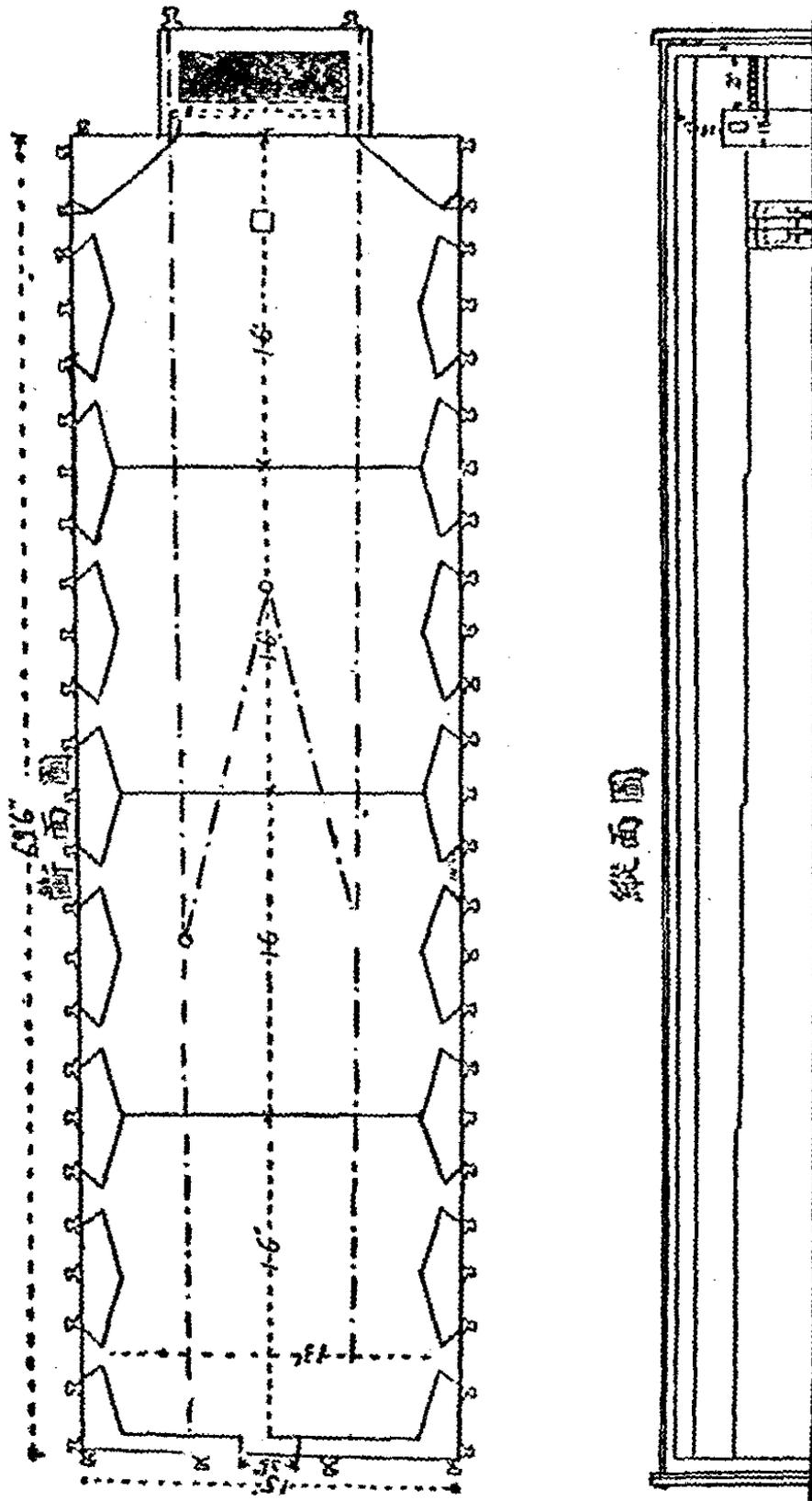
由活瓣 G 送入,兩相會合,燃燒於火房中,所生之熱氣穿熱風管下達氣道 U,轉向煙突而去,有活瓣節制之,爐至紅熱之時,將火氣空氣引入他爐,關閉煙突之活瓣,送冷風於熱風管下,循火房而達於活瓣 E,取之以爲用,其道正與火氣相反,火房下部有察看火色之孔,爐頂旁有注射火藥煙之孔,所以將熱風管中之灰屑吹向爐底,便於清掃者。

反 燄 爐

115. 反 燄 爐 (Reverberatory Furnace)

反燄爐與鼓風爐形式不同,原理亦異,生火處與煉坑間隔有火甓之橋,名曰火橋 (fire bridge), 爐頂最高部分,恰當生火處之上,漸迤而下,至煙道而止,其處另有一橋,名煙道橋 (flue bridge) 爐頂如人字形,恐其將爐壁向外撐倒,故壁間嵌鐵柱,上端用橫梁牽之,此等橫梁,不可固著,須能隨爐頂之熱脹冷縮爲佳,頂上有進砂之斗,煉坑之下有空洞,爐旁爐尾均開有工作門 (working doors), 以便照料一切,空氣常由高煙突引動之,按反燄爐有焙砂 (roasting) 及熔砂 (melting) 之二種,其構造彼此略異,今分述如下。

116. 焙砂反燄爐



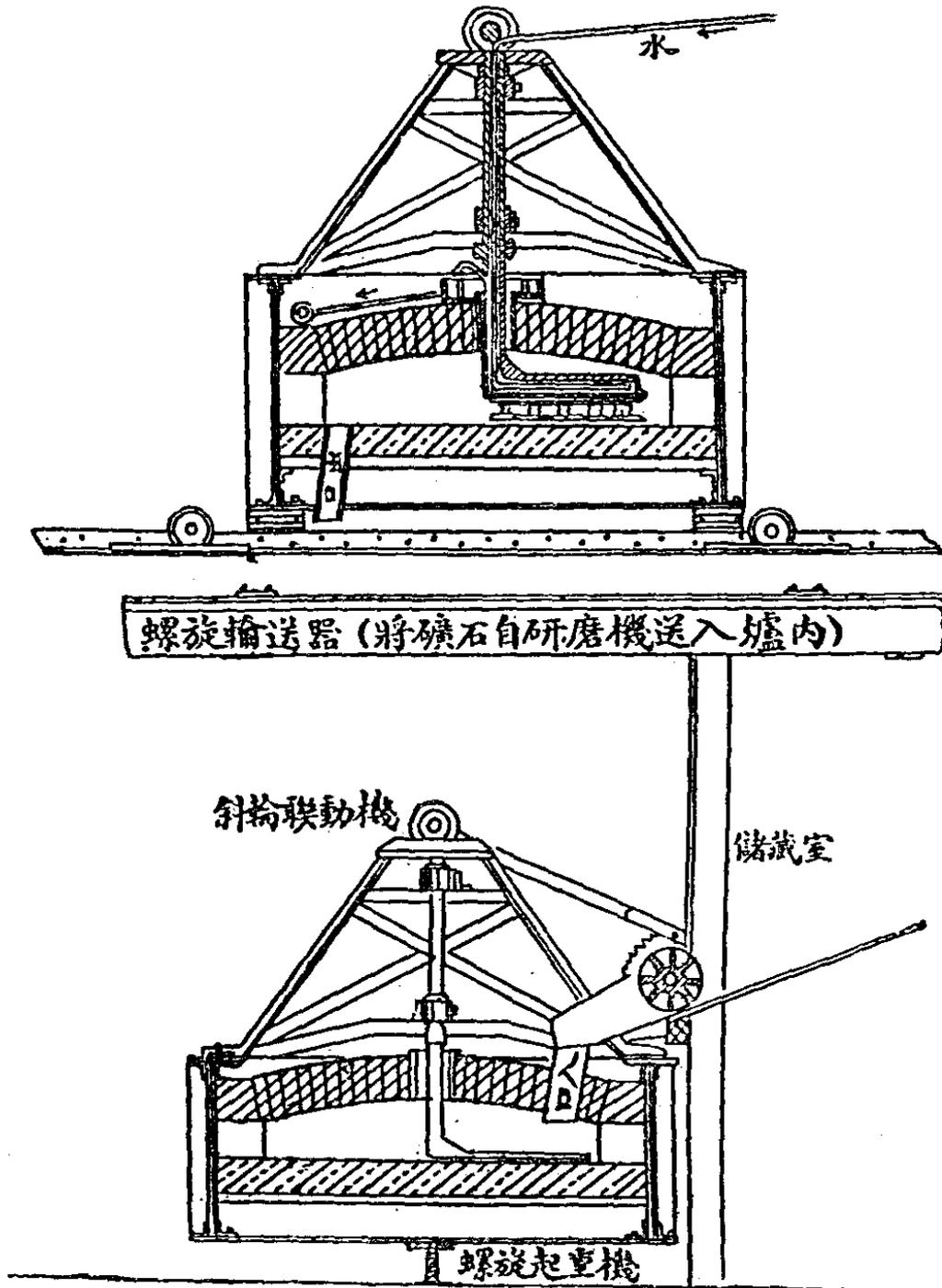
縱面圖

第33及34圖 四排坑之烘磚爐

此種爐煉坑甚平，便於耙動礦砂，熱度不需甚高，故火坑不大，惟需空氣甚多，故火橋上及其附近，均開缺口以進風。體之長短不一，舊式者甚短，每旁祇有工作門三四處，門較煉坑略高，各門附近開有缺口，與爐底之空洞通，所以爲出砂之用，烘焙時有鐵板閉之。無缺口者，礦砂由工作門耙出，堆於爐外之平地。嗣因短爐耗費燃料人力太多，且熱度難於節制，遂將爐體加長，煉坑分爲數級，每級自成一煉坑，彼此高下相差 2 吋，以切近火坑者爲最低。每坑之大小，視爐之大小以爲差，巨爐之煉坑，長闊各 16 呎，然亦有僅 12 呎者。坑數之多寡，視礦砂烘焙時所能生之熱以爲差，即視礦砂中所含之硫以爲定。大約礦砂含硫在 25% 以上者，用四煉坑之爐；20% 者，用三煉坑；15% 用二煉坑；然仍須視礦砂及雜質之性質如何，並無一定之限制也。每煉坑之兩旁，均闢二門，以能移動之鐵板閉之。接近於火坑之煉坑，開有一孔，焙過之砂由此落入下方之車中，當烘焙時，亦用生鐵板關閉。此煉坑之砂既出，即將鄰近煉坑中之砂耙入補之，其餘兩煉坑之砂，亦均挨次前移。於是添注生砂於最遠之煉坑，該坑離火最遠，熱度最低，愈近火坑，烘焙之火候愈足，故礦砂可免膠結之弊。有 16 呎煉坑四枚之爐，其火坑不得小於 $8 \times 2.5 \times 2$ 呎。

117. 愛德華咨爐(Edwards Furnace)

此為單煉坑之長反餞爐,外包鐵甲,用機械耙動礦



第 35 及 36 圖 愛德華咨爐

砂。第36圖表示其進砂端之形，第35圖表示其出砂端之形。進砂端裝有刻槽圓筒，長3呎，徑10吋，周圍刻V形槽八枚，位於礦砂倉之前面，一部分沒於礦砂之中，當轉時輸送礦砂入爐。礦砂之耙動，以機械耙爲之，十五耙列成一行，其軸直貫爐頂，每耙之下面裝有五齒，消磨過甚，可以更換。每相鄰之兩耙，以相反之方向旋轉，故礦砂在爐中作「之」字形前進，達於出砂之端。接近火坑之五耙，其體中空，有冷水流行不息，保其不致過熱。爐之進砂端較出砂端略高，其斜度可由機械隨意更動，俾適合於所烘焙之礦砂。例如含硫甚多之砂，爐之斜度宜小，俾礦砂在爐中之時間加長，少者反是。爐中砂層厚約2-3吋，由進砂端耙至出砂端，普通約需二小時。

118. 熔砂反燄爐

熔爐之火坑較焙爐爲大，煉坑不平，係各部向一處窪下者，其名曰井(well)，內墊耐火之熔渣，以防礦砂之侵蝕，位置常居中門之下，有孔通於外，煉成之砂由此流入容受罐或模內焉。爐旁工作門不及焙爐之多，熔煉時常緊密關閉，隔絕空氣，其形式參看後第56及72諸圖。

119. 反燄爐火氣之性質

爐中火氣可具氧化性，亦可具還原性。若燃料層薄，

空氣多，則空氣中之氧有未化盡者，火氣遂具氧化性，啓門放入空氣，其氧化之性愈強。反之，燃料層厚，空氣少，則空氣與碳全化合爲一氧化碳，火氣遂具還原性，閉門減少空氣，一氧化碳之成分愈增，火氣之還原性亦愈烈。夫火氣之性質雖可以人力轉移之，然熱易逃散，故猶未足言盡善也。

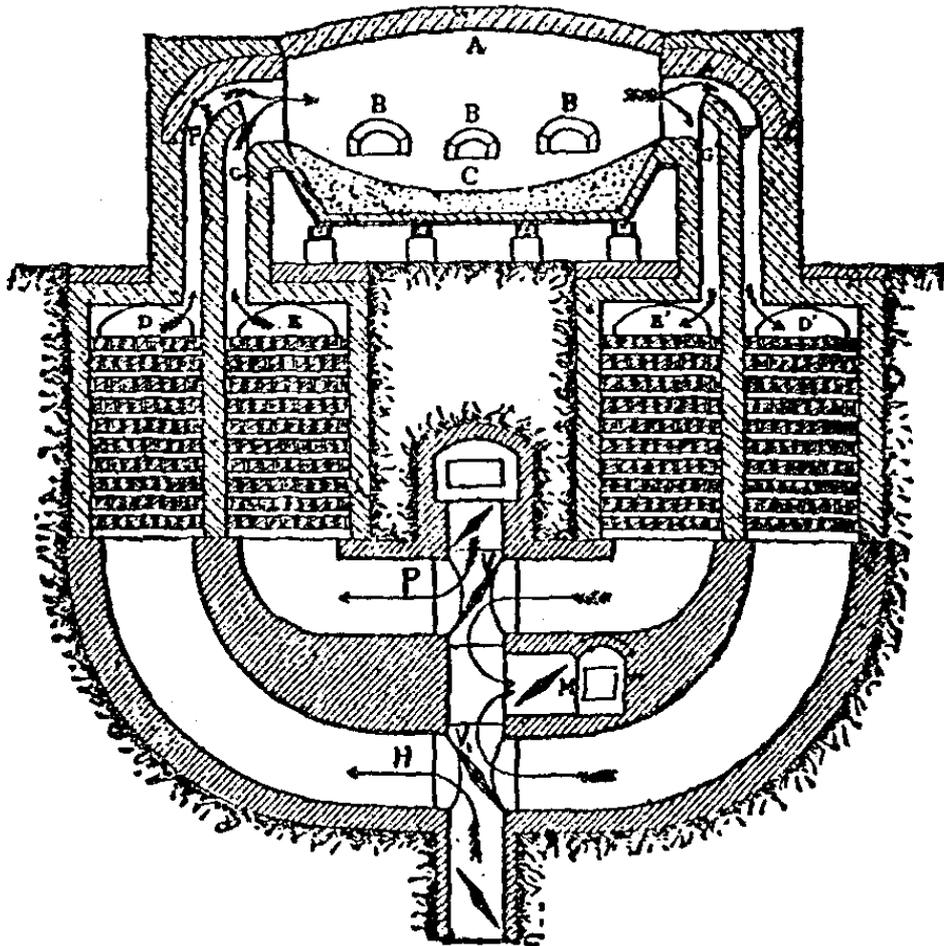
120. 氣體爐(Gas Furnace)

反燄爐易於使用氣體燃料，生產爐可直接附於煉爐以當火坑。然近日用燃氣之煉爐，多不築火坑，仍置生產爐於其外，以便先熱於循環爐而後用之。煉爐之兩端，各穿孔二層，居上者進空氣，居下者進生產爐氣，兩氣會合而燃燒，其分量易於節制，火氣之性質，可以人力轉移之。

121. 西門子煉鋼循環爐 (Siemens Regenerative Steel-melting Furnace)

爐以極耐火之磚砌成，其原理及用法與前節所述之喜特衛爾爐及顧伯爐相同，分爲四部，兩兩用之。先引反燄爐之火氣入兩甲部之內，燒之使紅，旋換轉活瓣，送入生產爐氣及空氣，分道而行，至反燄爐會合燃燒以煉鋼。所生之火氣，轉入兩乙部中，俟紅熱時，又可爲熱空氣，

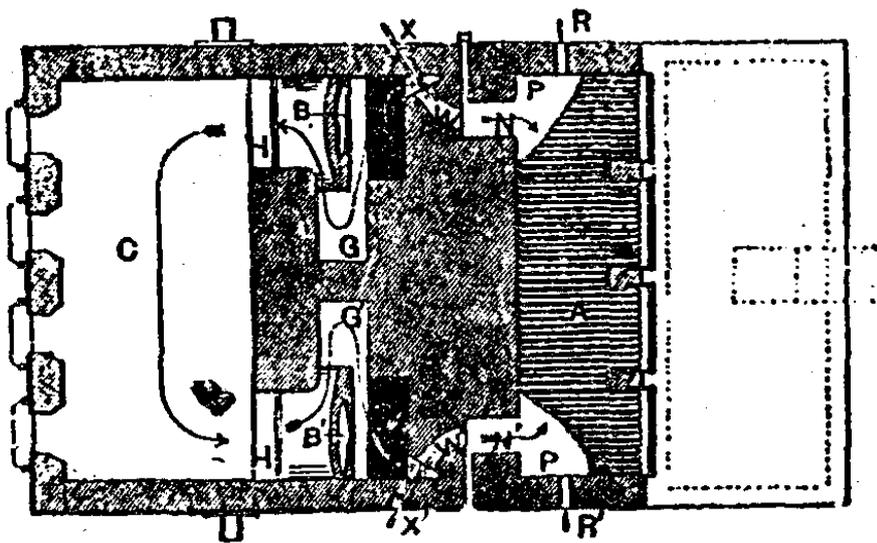
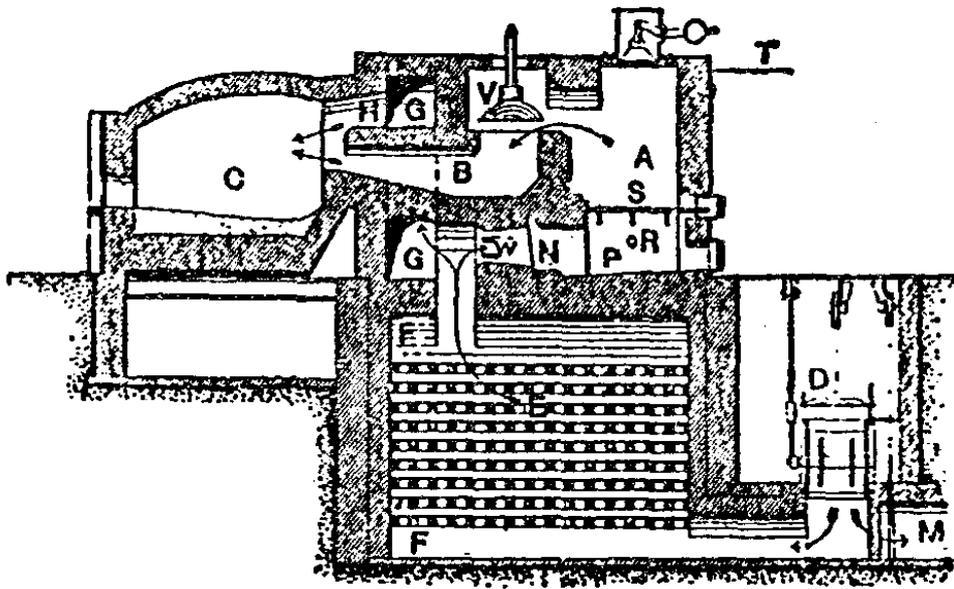
生產爐氣之用，四部循環用事，煉鋼爐之熱，可高至百度計千度以上，其構造如第37圖。



第 37 圖 西 門 子 煉 鋼 循 環 爐

- | | |
|--------------|------------------------|
| E 生產爐氣經過之部 | F'G' 煉鋼爐火氣出路 |
| D 空氣經過之部 | E'D' 火氣經過之房 |
| P 生產爐氣之入口 | M 煙道 |
| H 空氣之入口 | B 工作門 |
| A 煉鋼反熱爐 | V 生產爐氣改道之活瓣 |
| C 鋼 | V ₁ 空氣改道之活瓣 |
| G 生產爐氣入煉鋼爐之道 | |
| F 空氣入煉鋼爐之道 | |

122. 西門子新式循環爐



第 38 及 39 圖 西 門 子 新 式 循 環 爐

- | | |
|-------------------|------------------------------------|
| A 生產爐 | P 生產爐之灰坑蒸汽鼓送之熱風及火氣由此入爐 |
| B 生產爐氣道 | RR' 注射冷風入生產爐之嘴間常用之 |
| C 反酸爐 | V (圖中未載) } 啓閉生產爐氣道之活瓣 |
| D 活瓣 | V ₁ (圖中未載) } 啓閉生產爐氣道之活瓣 |
| F 熱風爐之一 | W (火泥管) } 蒸汽送熱風入生產爐之道 |
| G 熱風道 | N (火泥管) } 蒸汽送火氣入生產爐之道 |
| H 生產爐氣與熱風會合入反酸爐之口 | W' (火泥管) } 蒸汽送火氣入生產爐之道 |
| H' 反酸爐火氣之出口 | X 蒸汽送熱風入生產爐之注射嘴 |
| M 煙道 | X' 蒸汽送火氣入生產爐之注射嘴 |

生產爐與反燄爐聯絡，循環爐僅用以熱風，反燄爐放出之火氣，一部分入循環爐，一部分以蒸汽送還入生產爐，俾所含之炭酸氣分解為一氧化碳，與生產爐氣併合，復入反燄爐，會合熱風而燃燒，即利用之以煉礦砂，其構造如第38及39圖。

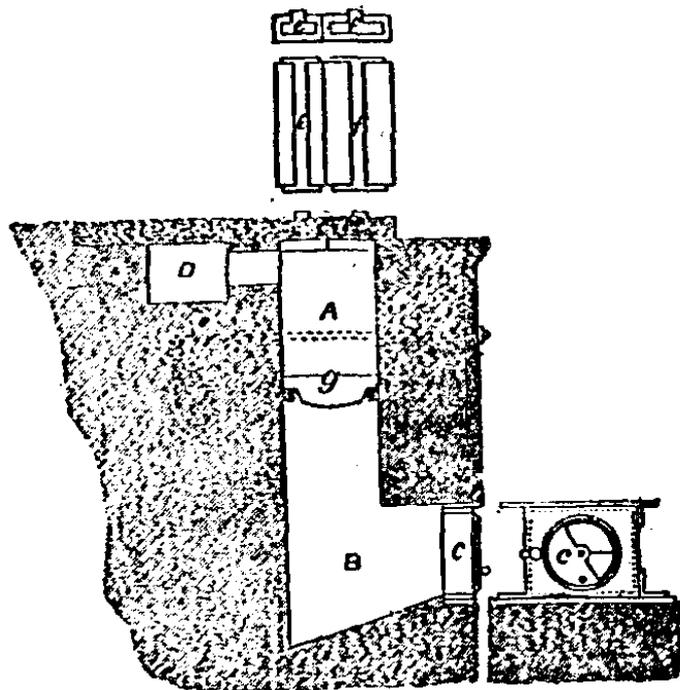
123. 反燄爐之熱力

反燄爐之火坑既與煉坑相隔，故火燄須倒注於礦砂之表面而煉之，因此對於爐頂不可不加以注意，而令其易反熱也，西門子考得熱度過高，爐頂易壞，不若改用高爐，擴其容積，使燃燒之氣質增多，即利用其火燄及爐壁輻射之熱以煉礦砂，其功效尤偉云。

坩埚爐

124. 坩埚爐(Crucible Furnace)

坩埚爐為熔解金屬之用，其形式如後之第69及第124諸圖，實驗室中之試金爐，為其一種，不過形體較小耳。其形如第40圖，係用火磚砌成，中為火坑，下安爐橋，橋之下為灰坑，有門啓閉之，節制風路。用焦煤或石炭為燃料，燃燒時大半變成一氧化碳，熱度雖高，然效力不十分卓著，空氣賴高煙突流動之。



第 40 圖 試 金 爐

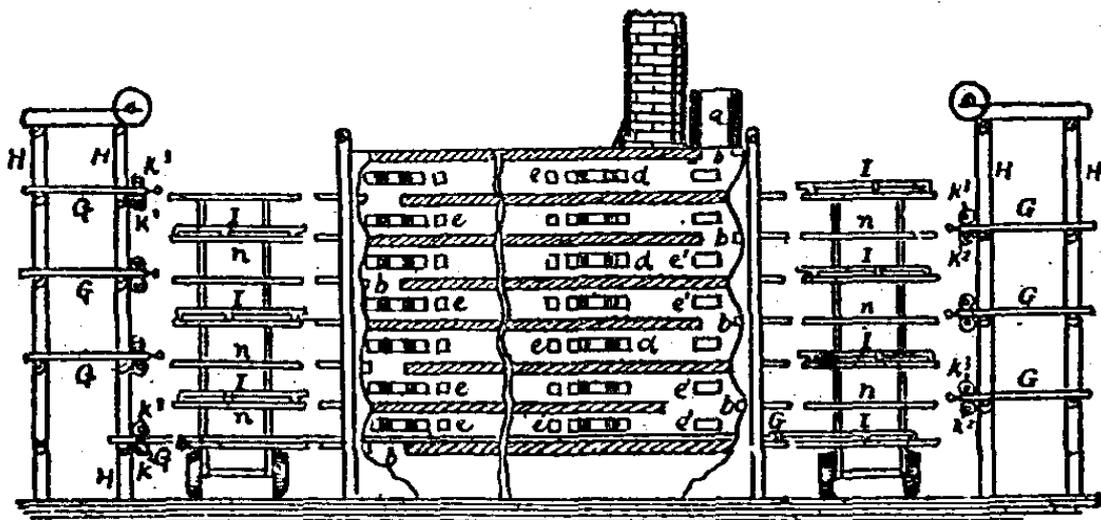
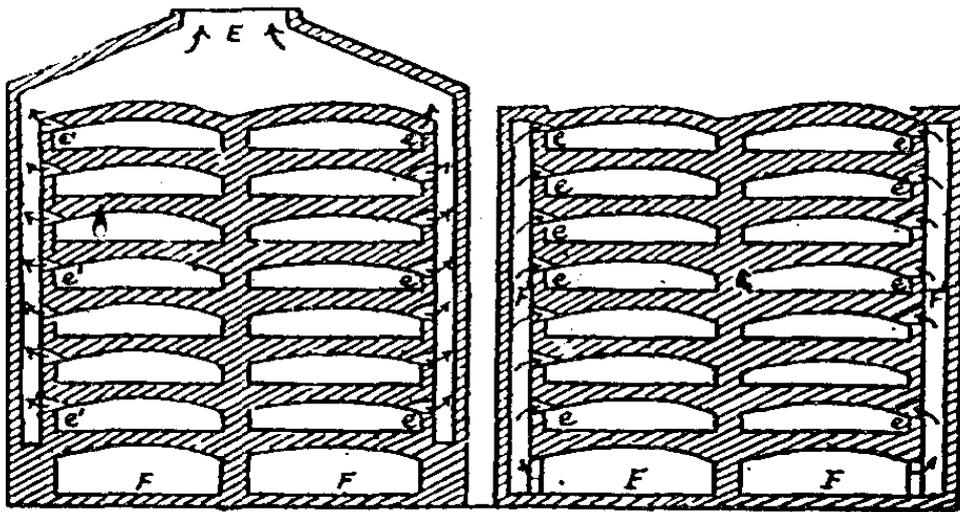
- | | |
|----------|-------|
| A 火坑 | B 灰坑 |
| C 節制風路之門 | D 煙道 |
| g 爐橋 | ef 爐蓋 |

焙 爐

125. 焙爐(Muffle Furnace)

焙爐與他種爐用處不同,形式亦因之大異,其特異之點,即所煉之物品,置於袖籠形之火泥室中,不與燃料及火氣相接觸也,其種類甚多,第41及42圖名海格勒爐(Hegeler furnace), 近人多用以烘焙硫鋅礦砂,發出之 SO_2 , 可利用之以製硫酸,爐分七層,每層各為一袖籠,最下之三層,用生產爐氣燒之,火氣先燒其底,復繞上燒其

頂.礦砂以裝於鐵桿上之耙攪動之,由最上層,依次達於最下層,穿缺口出爐.75呎之爐一座,於24小時間,可焙硫銻礦砂48噸,至硫僅餘 1.25 %,所耗之煤約等於生砂之 20%,出爐之火氣,含 SO_2 4.75 %.



第 41 及 42 圖 海 格 勒 爐

蒸溜甌爐

126. 蒸溜甌爐 (Distilling or Retort Furnace)

爐之形式,視所煉之物品以爲差,有如坩堝爐者,有如熔爐者,所煉之物,一部分揮發成氣,通入凝集器收取之,一部分存留於甌中,提煉鋅鎳礦砂,及處理金銀之銻齊,均用此法,其形式參看後第94及第111諸圖。

第六篇

礦 砂

127. 礦砂 (Ores)

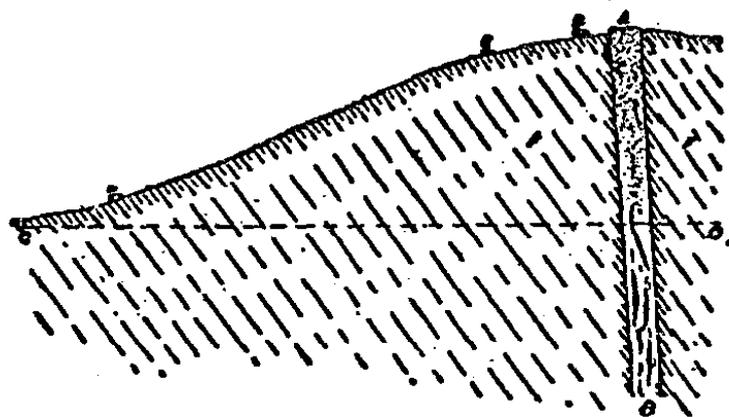
金屬成自然狀產出者甚少,多漫藏於礦石中,須加以淘煉,然後致爲人用,礦砂者,含金屬之礦物足以煉之而獲利者也,礦物足以當礦砂之名而無愧者,視所含金屬之時價,及礦物之性質以爲差,故礦物含鐵 10 % 者,不得謂之鐵礦砂;含銅 10 % 者,得謂之銅礦砂;含金 0.0028 % 者,亦得謂之金礦砂,礦物中無用之物,謂之廢料 (gangue or veinstuff).

128. 礦砂之產狀

(1) 沙礫等 (Gravels, etc.) 含金屬礦物之岩石,歲月侵尋,則腐解而成碎塊,隨雨水沖洗至低窪處,金屬礦物,隨洗積沙礫之中,此類礦砂,以金錫爲著,例如澳洲及舊金山之沙金 (alluvial gold),康瓦爾 (Cornwall) 及馬來半島之流水錫 (stream tin),皆有名於世界者也。

(2) 礦牀(Beds) 礦砂有時產於岩石之間,自成層片,與岩石平行者,謂之礦牀,例如煤區內之泥鐵石(clay-band ironstone),黑鐵石(blackband ironstone)是也,黃鐵礦有時亦成巨大之牀,與牀相似而形狀不整齊者,有赤鐵礦牀。

(3) 礦脈(Veins or Lodes) 岩石間成脈之礦物,常含有金屬礦砂,其先因岩石裂成罅隙,礦物漸次沈澱填塞其中,繇互成脈,勢多傾陡,有垂直者,亦竟有水平者,就一脈論之,各部之斜度,時有不同,其穿過各岩石也,所含金屬礦砂,或成層片,或與廢物混合,雜亂無章,常隨岩層之性質而為豐瘠至岩層則因閱歲月過多,或屈曲而作蜿蜒之形,或斷裂而成階級之狀,脈亦隨之,此種階級斷



第 43 圖 礦 脈

AB 礦脈,其中黑線為
礦砂,餘為廢料

F 母岩(country rock)

CD 放水平隆

EEE 由露頭崩下之碎

塊,英名鞋石 (sh. dstone)

A 露頭(outcrop)

層之裂縫,名曰錯縫 (faults).

(4) 荷包礦藏 (Pockets) 地中之空穴,充實礦物質者,謂之荷包礦藏,或聯於正脈,或離而孤立,其體龐然而大,於石灰岩中常見之。

129. 礦砂之形狀

(1) 自然金屬 (Native Metals) 金屬未與非金屬化合,或僅與他金屬化合者,皆得謂之自然,自然金屬中,常混雜他物。

(2) 硫化物礦砂 (Sulphide Ores) 礦砂之難於分解,及深藏地中者,多係硫化金屬及砷化金屬,二者之成分常極複雜。

(3) 氧化物礦砂 (Oxide Ores) 礦脈露於地面,為風雨所侵,常變其形狀,硫化金屬變為硫酸鹽,碳酸鹽,或變為氧化物,再變而成自然金屬,間有變為氯化物者,反其道以求之,若礦脈之露頭含氧化物或碳酸金屬,則向深處以求,必漸得硫化金屬,例外者甚少

130. 鐵 (Iron)

自然鐵見於火山岩及玄武岩 (basalt) 中者,分量極少,又與鎳相合存於隕石之內,其礦砂以氧化鐵為最重要,礦人於此三致意焉。

赤鐵礦 (hematite, Fe_2O_3) 爲最有價值之鐵礦砂,含硫磷及他種有妨害之物甚少,一煉成生鐵,再煉成鋼,其成圓塊者,謂之腎礦砂 (kidney ore),色黑具強光澤者,謂之輝鐵礦砂 (specular iron ore),質軟色紅者,謂之土紅礦砂 (red ochre, red raddle, or puddler's ore),成分皆同。

褐鐵礦 (brown hematite) 含硫磷甚多,不可以之製上等之鐵,惟產於畢爾巴鄂 (Bilbao) 及阿爾及利亞 (Algeria) 者甚純,三氧化二鐵所成之氫氧化物有數種,如普通褐鐵礦 (limonite, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$),針鐵礦 (göthite, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$),及水赤礦 (turgite, $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 等是,此數礦常混合一體,而成褐鐵礦。

磁鐵礦 (magnetite, Fe_3O_4) 不含硫磷雜質者甚多,爲第一良好鐵礦砂,盛產於北美洲及那威瑞典等處。

菱鐵礦 (siderite, FeCO_3) 內常含錳,可以製錳鐵,又爲構成泥鐵石,黑鐵石,及克利夫蘭鐵石 (Cleveland ironstone) 之主要成分,此三者含磷甚多,煉成之生鐵亦然。

硫化鐵及砷化鐵: 此等物不得以鐵礦砂稱之,黃鐵礦 (iron pyrite, FeS_2) 色若黃銅,質甚硬,刀不能刻傷,用以煉硫黃,其渣謂之焦砂 (burnt ore),有含銅者,取銅後所餘之渣謂之紫砂 (purple ore),此外有白鐵礦 (marcasite),成分與黃鐵礦同,有毒砂 (mispickel, FeAsS),爲砷,硫,鐵三

物化合而成。兩者內常含金。

131. 銅 (Copper)

自然銅成薄片或顆粒，漫佈於岩石之中，遇空氣則色漸暗。產地不多，足供開採者尤少，惟北美蘇必利爾湖 (Lake Superior) 之南，產之甚夥，塊大含銀，足供採取，故數世界之自然銅礦，該地實首屈一指焉。

赤銅礦 (cuprite, Cu_2O) 常不含砷及他有害之物，為最佳之銅礦砂，產地以澳洲為著。

黑銅礦 (tenorite and melaconite, CuO) 含銅 80%，產額甚少，故不重要。

綠銅礦 (malachite, $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 又名孔雀石，則環狀結構，深淺相間，除取以煉銅外，可供雕飾之用。

藍銅礦 (azurite, $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$) 性質與孔雀石相近，惟其色藍。兩者常共產一處，含有害之物絕少，可煉純銅。

硅孔雀石 (chrysocolla, $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 與孔雀石外貌相似，產於南美洲之智利國。

綠氯銅礦 (atacamite, $\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{CuO} \cdot \text{H}_2\text{O}$) 產於秘魯及智利二國，不甚重要。

輝銅礦 (copper glance, Cu_2S) 含銅 79%，為重要之銅

礦砂。

黃銅礦(copper pyrite, CuFeS_2)爲最常見最重要之銅礦砂。

斑銅礦(erubescite, Cu_3FeS_3)成分不一,色如紅銅,故又名馬肉礦砂(horse-flesh ore)。久置空氣中,變成藍色,現出虹彩,如孔雀之羽毛,此孔雀銅礦砂(peacock copper ore)之名所由來也。

灰銅礦(fahl ore, $4\text{Cu}_2\text{S}\cdot\text{Sb}_2\text{S}_3$)成分不一,常含鋅,鐵,銀,砷等物,性軟而脆,因其含銻與砷,故難於煉銅,然以其含銀,仍可提煉獲利也。

132. 鉛(Lead)

天然間之自然鉛甚爲罕見。

紅鉛礦(minium, Pb_3O_4)產額甚少,故不重要。

白鉛礦(cerussite, PbCO_3)產於地面,其量甚多,易於熔煉,色灰暗如泥土,昔人多誤作廢物拋棄之。

方鉛礦(galena, PbS)之結晶及劈紋皆爲立方形,一擊之下,卽成無數立方小顆,產地甚廣,產額亦多,實爲鉛礦砂中之第一。近世煉鉛之法,多隨此礦之性質而爲更張,內常含銀,成分高者,可當銀礦砂之名而無悞。

硫酸鉛礦(anglesite, PbSO_4)色白質重,產額不多,產

於澳洲者,內常含銀.

133. 鋅(Zinc)

自然鋅未見.

紅鋅礦(zincite, ZnO)成顆粒狀,散佈於鋅鐵礦內.

鋅鐵礦(franklinite, $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{ZnO}$)色黑,有金屬光澤,外貌與磁鐵礦相似,內常含錳.

菱鋅礦(calamine, ZnCO_3)色白易於提煉,爲有價值之鋅礦砂,帶櫻色者含鐵.

異極礦(hemimorphite, $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$)常與菱鋅礦同產一處,難於提煉,價值頗低.

威廉鋅礦(willemite, Zn_2SiO_4)與異極礦之成分同惟不含水,產額亦少.

硫鋅礦(zinc blende, ZnS)之於鋅,亦猶方鉛礦之於鉛也,其含銀亦同,兩者常共產一處,純者色白,黃者含銅,黑者含鐵.

134. 錫(Tin)

錫石(cassiterite or tinstone, SnO_2)產於花崗岩之礦脈中者,謂之脈錫(lode tin),具纖維狀結構者,謂之木錫(wood tin).崩碎成顆,沈積沙內者,謂之流水錫.流水錫質純而易提煉,爲最佳之錫礦砂.

黃錫礦 (stannine) 爲硫,銅,鐵,錫四物所成,產於康瓦爾,然該地不以錫礦砂視之。

135. 金 (Gold)

金之產地極廣,成自然狀者甚多,或爲薄皮,或成小顆,大塊者亦間有之,積於沙中者,謂之沙金 (alluvial gold),藏於石英脈中者,謂之脈金 (vein gold),內常含銀銅等物,不與黃鐵礦諸硫化物伴產時,可用水銀或綠氣直接處理;若混於黃鐵礦等物之內,則分解時金爲他物掩護,水銀綠氣無所施其力,非先行烘焙不可,又銅礦方鉛礦亦常含少許之金。

碲化金 (tellurides of gold) 有數種,產於奧國,西澳洲,及美國之科羅拉多 (Colorado)等處。

136. 銀 (Silver)

自然銀形如碎皮,或作結晶小顆,漫佈於他種銀礦砂內,其色銀白,露於空氣則變黑。

角銀礦 (horn silver, AgCl) 色常白,久遇空氣則黑,含銀 75%,價值甚高。

硫化銀與硫化銻或硫化砷合成之礦物甚多,其中重要者,爲深紅銀礦 (pyrargyrite, $3\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{Sb}_2\text{S}_3$),淺紅銀礦 (proustite, $3\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{As}_2\text{S}_3$),腦銀礦 (stephanite, $5\text{Ag}_2\text{S}\cdot\text{Sb}_2\text{S}_3$),

及條面礦 (polybasite, $8\text{Ag}_2\text{S} \cdot \text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{As}_2\text{S}_3$) 等。

輝銀礦 (silver glance, Ag_2S) 外貌與輝銅礦相似, 其色鉛灰。

銀散見於方鉛礦, 硫鋅礦, 灰銅礦, 及他種礦物之內, 價值甚高, 故少許即可提煉獲利。

137. 水銀 (Mercury)

自然水銀散佈於水銀礦砂內, 形如細珠。

辰砂 (cinnabar, HgS) 爲獨一無二之水銀礦砂, 碾之易成粉末, 產地甚廣, 沈積波羅洲河中者, 渾圓如卵形。

甘錄 (calomel, HgCl) 常與辰砂相混, 產額極微。

138. 鎳與鈷 (Nickel and Cobalt)

鎳鈷兩金屬, 性多相似, 礦砂亦同, 鎳礦砂中常含鈷, 鈷礦砂中亦常含鎳, 判而分之, 其事甚難, 茲並舉數種於下。

綠鎳礦 (garnierite, $\text{H}_2(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_4 + \text{水}$) 成分不定, 產於新喀利多尼亞 (New Caledonia) 者, 無砷, 硫, 鈷等雜質, 平均含鎳約 7-10 %。

磁硫鐵礦 (pyrrhotite) 盛產於坎拿大那威等處, 含鎳 2.5 %, 銅亦如之。

針形鎳礦 (millerite, NiS) 常含鐵, 銅, 鈷等物。

鎳石 (niccolite or copper nickel, $NiAs$) 常含鐵, 鈷, 銻, 硫等。

鈷錳土 (earthy cobalt) 含鈷 2-15 %, 產於新喀利多尼亞之變形蛇紋岩中。

砷鈷礦 (smaltine $CoAs_2$) 純者含鈷 26 %, 但常含鎳及鐵, 致鈷常不及 23 %。

輝鈷礦 (cobaltine, $CoS_2 \cdot CoAs_2$) 內常含鐵。

139. 白金 (Platinum)

白金成自然狀者甚多, 與黃金共產於沙礫之內, 形爲扁圓小顆, 色鋼灰, 大塊者絕少, 產地以烏拉山 (Ural) 爲最著, 近聞新疆之奇臺縣亦產之。

砷化白金礦 (sperrylite, $PtAs_2$) 含白金 50 % 以上, 與鎳礦伴合, 坎拿大產之。

140. 銥 (Iridium)

銥多混於白金之內, 又常與銻相合成合金, 謂之銥銻齊 (iridosmine)。質極堅硬, 王水不能溶之。

141. 鈀 (Palladium)

鈀多混於白金礦砂內, 其分量不過 1 %。昔日巴西國有鈀與黃金之自然合金, 現已探盡, 鈀之價遂大增。

142. 銻(Antimony)

自然銻為常見之礦物,產於德國哈子山(the Hartz)者,含有銀,鐵,砷等。

輝銻礦(stibnite, Sb_2S_3)為最重要之銻礦砂,純者含銻71.77%,質重易熔,常與方鉛礦,硫鋅礦,黃鐵礦,及石英,重晶石等伴產於青石或花崗石之礦脈中。

方銻礦(senarmontite, Sb_2O_3)產於輝銻礦藏之上部,蓋由氧化而成者也,阿基爾係其著名產地,法國熔煉之。

紅銻礦(red antimony)為氧化銻,硫化銻化合物所成,馬賽地方煉之。

143. 鉍(Bismuth)

自然鉍常雜於鎳鈷礦砂,銀礦砂,及銅礦砂之內,為鉍之主要礦砂。

輝鉍礦(bismuthine, Bi_2S_3)常含銅鐵少許。

鉍土(bismuth ochre, Bi_2O_3)及泡鉍礦(bismutite, $Bi_2O_3 \cdot CO_2 \cdot H_2O$)多為自然鉍及輝鉍礦變化所成,故常與之伴產。

以上各種鉍砂,盛產於波里維亞及薩克森尼。

144. 鋁(Aluminium)

鋁為構成泥土之要素,其礦砂以冰晶石(cryolite,

$\text{Al}_2\text{F}_6 \cdot 6\text{NaF}$) 爲重要,含鋁 13%,格林蘭產之。此外如法美兩國之鐵礬土(bauxite),含鋁約 33%,實近日之鋁所自出也。

145. 鎘(Cadmium)

硫鎘礦(greenockite, CdS) 產額甚少,不足以供提煉,近世之鎘多由鋅礦中取出,如硫鋅礦,菱鋅礦是。

146. 砷(Arsenic)

自然砷又名片砷,常含金,銀,鎳,鈷,及銻,鐵等物,又常與銀,鉛,鎳,鈷諸礦砂伴產,產地以那威,法,意諸國爲最。

毒砂爲煉砷最重要之礦砂,其中之鐵,間有爲鈷所換易者,可視作鈷礦砂煉之,常與銀,錫,銅,鉛,鎳,鈷諸礦砂伴產,有時內含金銀。

砷鐵礦(löllingite, FeAs_2 and leucopyrite, Fe_3As_4) 內常含金,產額亞於毒砂,亦爲重要之砷礦砂。

雄黃(orpiment, As_2S_3)雌黃(realgar, As_2S_2),湖南慈利縣產之甚多,煉冶上不關重要。

147. 鎂(Magnesium)

菱苦土(magnesite, $\text{M CO}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)及白雲石爲煉鎂之主要礦砂。

白鹵鹽(carnallite, $\text{KMgCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)亦為重要之鎂礦砂,產於薩克森尼石鹽牀上,為量甚多。

148. 鉀(Potassium)

氯化鉀礦(sylvine, KCl)盛產於德之斯塔斯佛特(Stassfurt)。

白鹵鹽產地與氯化鉀礦同。

149. 鈉(Sodium)

石鹽(rock-salt)產地甚多,以拆細耳(Cheshire)為最著。

智利硝石(Chili niter, NaNO_3)盛產於智利祕魯兩國。

第七篇

製砂

150. 製砂

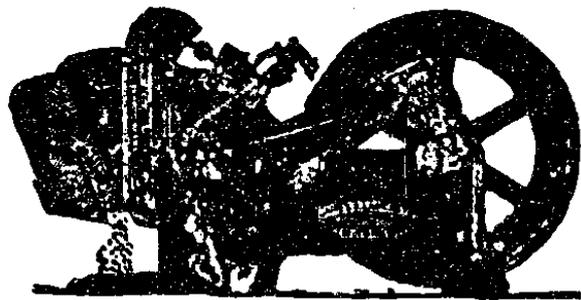
礦砂出自地中,常雜有泥土及他有妨害之物,且塊之粗細不一,不便提煉,須用機壓碎,設法揀選或烘焙之,凡此之事,皆屬於製砂。

151. 手選 (Hand Picking)

將不純淨之礦砂,用錘敲碎,察其無用者棄之。

152. 破石機 (Stone-breaker)

此物有直立之牙
牀二枚,一動一靜,動者
用偏心輪使之開闔,闔
時礦砂被壓而碎,開時
則碎砂紛紛下落入於
受器中,未碎者復由上

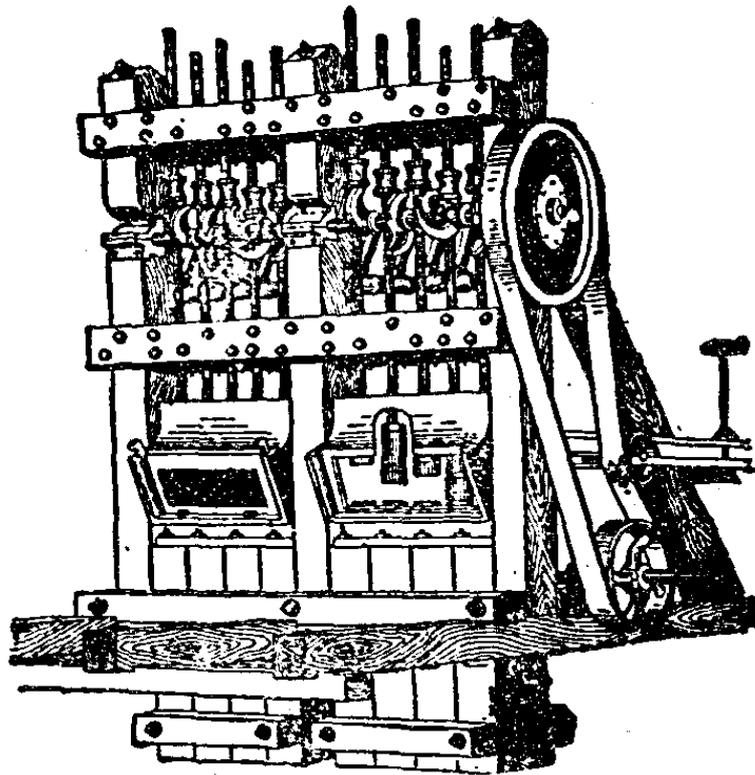


第 44 圖 破 石 機

注入,開闔不已,碎砂遂層出不窮.

153. 搗礦碓(Stamp Battery)

碓分杵臼二部,杵頭包鋼甲,臼中置鐵砧,水及礦砂由臼上送入,以杵舂之,則碎成粉末,隨水向臼旁篩孔流出,杵柄之上端有圓箍 (tappets), 與旋轉橫軸上之偏突輪 (cams) 相對,橫軸用機關旋轉之,初轉則偏突輪撥動圓箍而杵起,再轉則偏突輪離開圓箍而杵落,一臼之中,常置杵五枚左右成行.



第 45 圖 搗 礦 碓

154. 圓輥機 (Rolls)

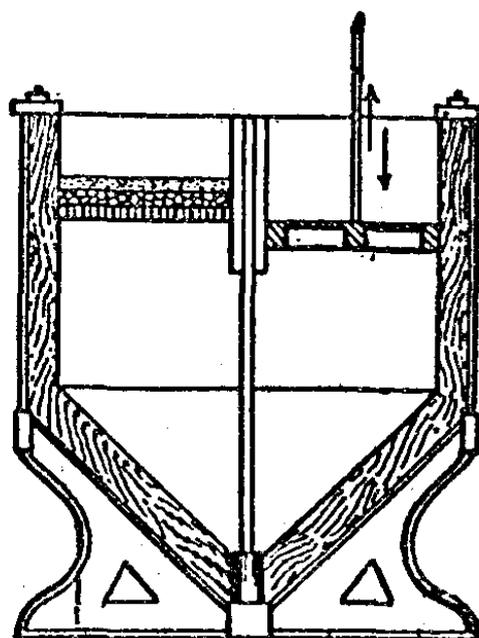
將圓輥一對，並肩而列，安於極堅固之架上，用彈簧擠攏，或以重物抵緊之，入礦砂於兩輥間，輥轉壓碎，其有過硬而未碎者，亦由兩輥之間，掀動彈簧而過。

155. 淘洗(Washing)

礦砂與泥土混雜，須用流水淘洗之。法以木製成一斜坡，在上者略狹，愈下則愈廣，礦砂和水由上端注入，向下直流，漸趨漸緩，重者先沈，較輕者次之，最輕者隨水流去，是即廢物也。惟所淘之礦砂，須先行過篩，使其粗細如一，否則大塊廢物仍存於箱中，碎顆重砂，反隨水流去也。

156. 水簸(Jigs)

簸有直角形之箱，直隔為二部，其下相通，一部裝有活塞，一部上置鐵篩，篩中鋪石礫一層，其上置礦砂，篩之孔較礦砂為大，而較石礫為小，貯水於箱，引活塞上下之。活塞下落時，排他部之水上穿石礫，激洗礦砂，重者積於下，輕者拋於上，最輕之廢物隨水流出箱外。迨活塞上升，

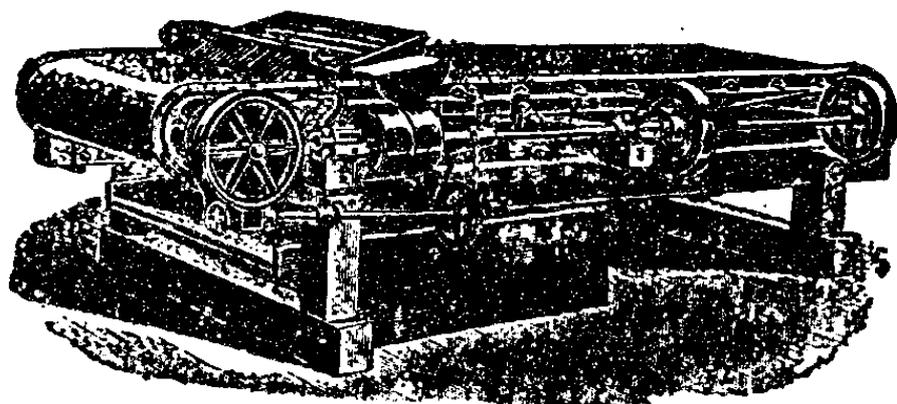


第 46 圖 水 簸

石礫上之重礦砂，遂穿篩孔入箱，活塞上下不息，礦砂與廢物漸判然不相合矣。

157. 無端帶(Frue Vanner)

帶以橡皮爲之，寬約 3 呎，聯合兩端爲圈，張於二圓輥上，輥一高一低，所以令皮帶面成斜坡也。輥向上方旋轉，而帶隨之，傾礦砂於帶面，引水衝洗，重砂隨帶而上，廢物隨水流下。此法選極細金砂，功效頗著，特水常繞砂而流，以致水砂兩不相混。當衝洗時，用偏心輪將帶搖撼，可以免之。



第 47 圖 無 端 帶

158. 適於淘洗之礦砂

礦砂有可用淘洗法選集之者，如金、鉛、錫等礦，熔煉時顯不妨細，故可利用淘洗，去其廢物，鐵礦入爐，其塊宜有適當之大，故不行淘洗之事，以手選之足矣。大凡淘洗之事，祇能就礦砂之重而性不甚脆者行之，不然則砂與

廢物等重,水亦無所施其力,或互相摩擦,碎成極細之粉,隨水逃去,非徒無益,且又有害,此凡事所以貴能變通也。

159. 煨燒(Calcination or Roasting)

礦砂有須先行煨燒然後方可提煉者,此事多於礦山行之,大凡經過淘洗之砂,其顆甚小,宜煨燒於反鹼爐中,未經淘洗者,其塊常大,或成堆煨之,或入窯煨之,均可。(按英文 *calcination* 及 *roasting* 二字,世人多混用之,然自有不同處,即前者僅需火熱,後者既需火熱,更需空氣也。)

(1) 砌堆煨燒(Calcination in Heaps) 鐵礦砂等之成大塊者,可砌堆煨之。其法先鋪煤或木柴一層於地,其上鋪礦砂,砂之上復鋪煤,兩兩相間,至高五呎或六呎而止,引火燃下層之煤,火勢上延,砂中之揮發質被驅而去,餘者乃可提煉若所煨者為黑鐵石或黃鐵礦,其中之碳及硫自能生火,故僅以少許之煤作引火用足矣,惟堆砂之處,須擇乾燥而又不當風者,否則火勢不勻,此部或未著火,而他部幾將熔解,不獨損壞礦砂,且必多費燃料也。

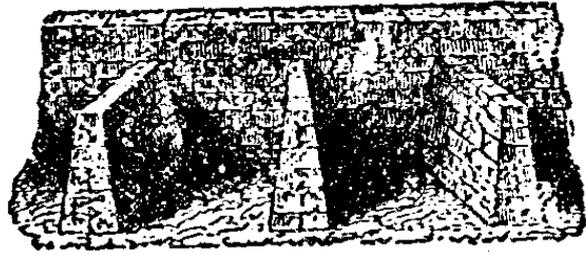
(2) 圍牆煨燒(Calcination in Stalls) 用普通磚砌長牆一道,又於其前後面各砌短牆若干,與之直角相交,構成三面有牆之室,鋪煤於室底,上鋪礦砂,砂上復鋪煤,兩兩相間,至高與短牆等,乃將其空方疊磚蔽之,下留缺

口以通風引火燃煤此
種煨法,較前略善。

(3) 甌窰煨燒

用甌窰煨燒成塊礦砂,
火勢極勻,又頗經濟,例

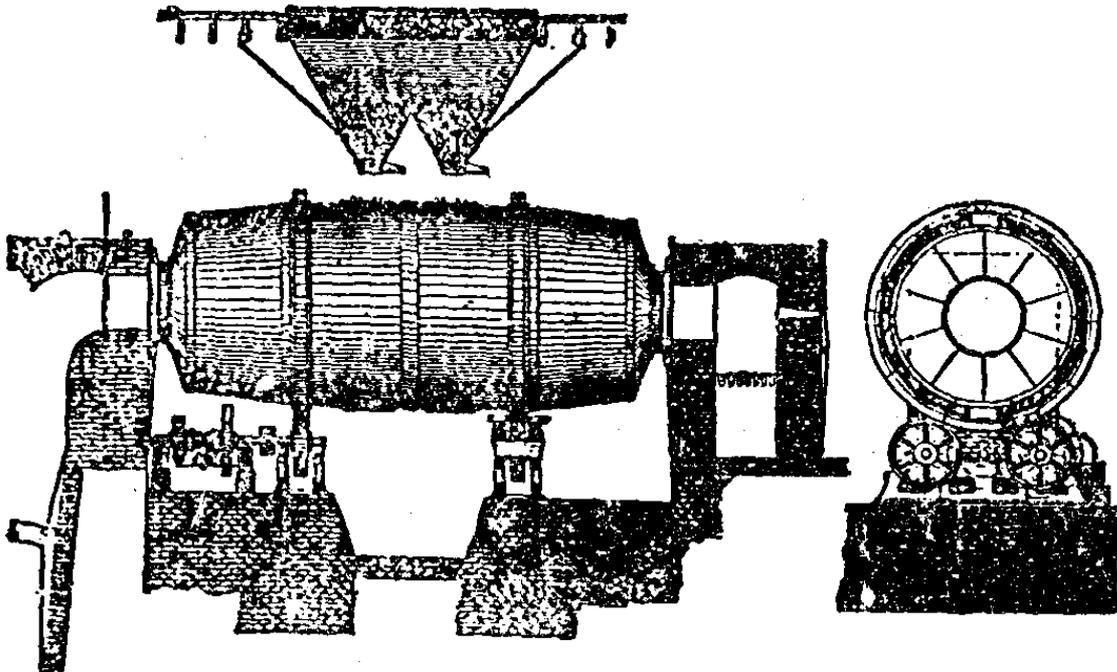
如基爾斯窰烘克利夫蘭鐵石,每噸礦砂,需煤僅80磅之譜。



第 48 圖 甌窰煨燒

160. 布魯刻勒煨燒爐(Brückner Calciner)

爐為平臥之圓鼓,內胎火甌,長18呎,徑8呎,爐橋及
煙道分居其兩端,礦砂由腰間注入,開爐徐轉之,火氣由



第 49 圖 布魯刻勒煨燒爐

此端入,自他端出。

161. 煨燒時礦砂之反應

礦砂中之水及有機物,一經火煨,即揮發而逃,碳酸鹽變為氧化物,如石灰石之變為石灰,菱錳礦之變為氧化錳是也,惟碳酸鐵則於碳酸氣驅除之後,再經一層變化,由氧化鐵轉為三氧化二鐵: $2\text{FeCO}_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CO} + \text{CO}_2$ 。至於硫化礦物,現象更屬紛歧,如隔絕空氣焙之,除黃鐵礦放出硫外, $2\text{FeS}_2 = \text{Fe}_2\text{S}_3 + \text{S}$, 餘皆變化甚微,苟通入空氣,則礦砂先變為氧化物及硫酸鹽,熱度再增,此硫酸鹽復分解為氧化物及硫酐(三氧化硫)。

162. 磁力分離礦砂法

鐵礦砂之成分低者,用磁力攝取其較佳之部分,俾與有害物質分離,以便熔煉,錳,銅,金,鋅,鉛諸礦砂常含鐵,故亦利用磁力去之,磁力選礦機種類甚多,今略述衛得利爾機(Wetherill machine)之構造於下,機有大電磁石,藏於兩熟鐵極之間,電流通過絡圈(coil),於三極相近處,生強磁場,礦砂由無端帶運至此磁場內,無磁性者,由帶端即刻下落入右方之箱;有磁性者躍至他循環帶,倒懸而行,落入左方之箱;中等砂則落入中央之箱,就菱鐵礦及硫錳礦之混合礦砂言之,鐵礦入左箱,錳礦入右箱,兩

礦之混合物入中箱。

163. 風化(Weathering)

礦砂於已焙之後,或未焙之先,有須經風化者,其效力可於野外見之。例如花崗石中之長石,質本甚堅,久受風雨之侵蝕,則腐解成陶泥。礦脈露頭中之礦物,其初多屬硫化物,因空氣之作用,漸變為硫酸鹽,為雨水所溶解,或發生氧化鐵,使露頭色紅。含硫甚多如黃鐵礦者,竟至發生硫黃。凡山岩含此種礦物者,易分崩成碎塊。

164. 礦砂甌

礦砂經磁力水力所揀選者,多係粉末,不便逕入鼓風爐焙煉,須和陶泥等黏性物緊壓成甌,方免為風吹散,例如紫砂是也。

第八篇

煉法類別

165. 熔煉(Smelting)

熔煉者,火熱礦砂,熔而煉之之謂也,然常人於烘焙還原諸事,亦以熔煉二字名之。

166. 乾法及濕法

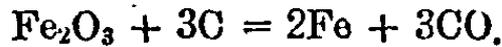
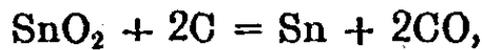
冶金之法,乾與濕二者而已,乾法取資於火,濕法則賴溶劑(solvent)爲用,或用乾法,或用濕法,則視礦砂之性質及所處情勢以爲差,究之乾法較濕法應用爲廣,苟燃料易得,用乾法者十必占其九,濕法全賴溶劑以化礦砂,故又名溶濾法(leaching process)

167. 還原(Reduction)

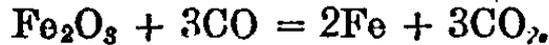
含氧之礦砂,去其氧而取其金屬,謂之還原,推之凡化合物析成單質,或複雜化合物析成簡單化合物,亦得謂之還原。

168. 還原劑(Reducing Agents)

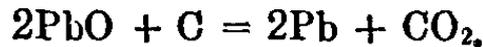
實際上所用之還原劑,種類不多,最要者爲焦煤,爲生煤,爲木炭,各隨情勢而取舍之,此等物煉時熱度高,則與礦砂化合,變爲一氧化碳,例如煉錫煉鐵:



此一氧化碳,亦呈還原之功,例如煉鐵:



熱度低,則發生碳酸氣,例如煉鉛:



此外之還原劑則有酒石英 (argol), 遇熱分解爲碳素及碳酸鉀,還原之功,即全恃變化所生之碳素也,再次則精化鉀 (KCy), 此物與含氧之礦砂遇,即吸取其氧,變爲精酸鉀: $\text{SnO}_2 + 2\text{KCy} = \text{Sn} + 2\text{KCyO}$. 然其值甚昂,除提煉金礦砂外,僅於試金術中用之.

169. 煨燒(Calcination)

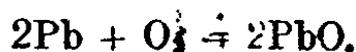
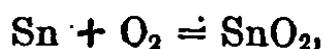
此法已於上篇說明,即利用熱力驅除礦砂中之有機物,水分,硫,及碳酸氣等是也.

170. 烘焙(Roasting)

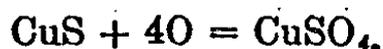
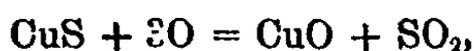
此與上微有不同,須通空氣爲之,即藉空氣中之氧

變化礦砂也。成塊者成堆焙之，若為碎末，則送入反篋爐中焙之，時時撥動，助其變化，熱度不令過高，故礦砂不致熔結。分而論之，其事有三：

(1) 氧化烘焙 (Oxidizing Roasting) 錫焙之而成填充隙用之油灰 (putty powder)，鉛焙之而成蜜陀僧是也：



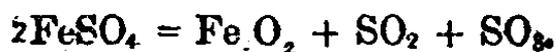
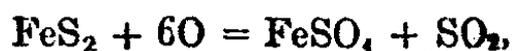
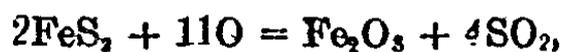
(2) 去硫烘焙 (Desulphurizing Roasting) 礦砂之含硫者，通空氣焙之，則硫被氧化逃去，而金屬亦隨起變化，其反應各礦不同，例如硫化銅，初焙時變為氧化銅及硫酸銅：



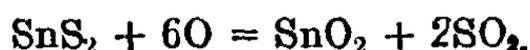
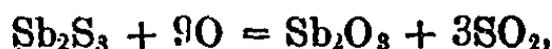
再強焙之，此硫酸銅復分解為氧化銅及硫酐：



硫化鐵之變化與硫化銅相彷彿，特所得者常為三氧化二鐵耳：



至硫化銻硫化錫之變化較簡,一行烘焙,即行氧化,所含之硫,幾全行驅去:



變化之最簡者,首推輝銀礦及辰砂,一經烘焙,即得金屬銀及金屬銻:



若將輝銀礦與多量他種硫化物混合烘焙,則化為硫酸銀,至熱度甚高時,復行分解而發生金屬銀。

(3) 提淨烘焙(Purifying Roasting) 焙鉛而氧化其中之銻,焙鐵而氧化其中之硅,此由一物中化去他物,即提淨之事也。

171. 柏塞麥煉法(Bessemerizing)

鼓空氣入金屬熔汁中,化去其所含之雜質,謂之柏塞麥煉法,煉鋼煉銅用之。

172. 鉛煅法(Scorification)

和鉛於金屬,貯於陶泥杯中,通空氣焙之,則易於氧化之賤金屬與氧相化合,溶於蜜陀僧中,合為渣滓,所餘者為金銀貴金屬及一部未曾氧化之鉛,此法藉鉛自行

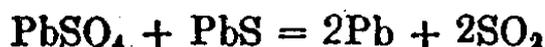
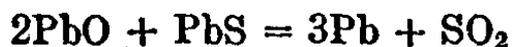
氧化之力以氧化他賤金屬，故謂之鉛煅法。

173. 骨灰杯法(Cupellation)

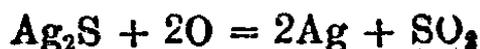
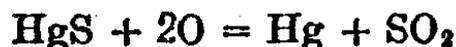
此法亦賴氧化之鉛溶解他金屬氧化物，惟與鉛煅法不同，前法所去之賤金屬，多成渣滓浮於表面，此法所去之賤金屬，則全體或大部為骨灰杯所吸收也。

174. 硫化物之還原

(1)甜焙(roasted sweet)以驅盡其硫，嗣將所得之氧化物，用碳素還原，惟欲硫去盡，其事甚難，實際上幾為不可能之事。(2)將硫化鉛微火焙之，發生一部之氧化鉛及硫酸鉛，此二物與未行變化之硫化鉛互相化合，而得金屬鉛：

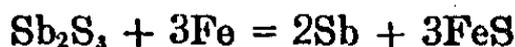
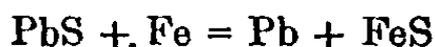


此法可用以熔煉硫化銅礦砂，又常稱為空氣還原法(air reduction process)。(3)將礦砂通空氣燒至紅熱，則熔解而分出金屬，自辰砂取水銀，自輝銀礦取銀，皆其例也：



(4)和金屬於硫化礦砂而熔之，則得礦砂中之金屬，

例如和鐵入硫化銻,硫化鉛,則得金屬銻,金屬鉛是也:



175. 鹽焙法(Chloridizing Roasting)

用濕法處理銀銅礦砂,須先和食鹽焙之,鹽中之氯與礦砂化合,而得氯化銀,氯化銅。

176. 氯化法(Chlorination)

此法與鹽焙法大同小異,前者用化合物之鹽,此則用單質之綠氣也。

177. 腈化法(Cyanidation)

用腈化鉀稀溶液處理金銀礦砂,則發生金腈化鉀,銀腈化鉀之複鹽,嗣用鋅分解,而得金,銀。

178. 蒸溜及昇華(Distillation and Sublimation)

金屬始遇熱而熔,繼遇強熱而化氣,引至冷處凝集之,是謂蒸溜,若直接由固體化爲氣體,凝而集之,仍爲固體,名曰昇華。以上二法,用以煉水銀,硫黃,銻,鋅等物。

179 熔離(Liquation)

熔點不同之金屬混合熔之,捷速冷之,則成合金,其

通體之結構純一，若再熱之，至熱度達於合金中較易熔解之金屬之熔點，則此易熔金屬必熔而析出，利用此理以處理鉍，銻，錫等礦砂，謂之熔離法。

180. 混錄

金屬有能溶於水銀中者，溶解之後，謂之混錄物，以水銀溶解金屬，謂之混錄法。

181. 曇金及斯派斯(Matte and Speise)

煉銅鎳等礦砂所得之硫化銅硫化鎳，名曰曇金，煉鎳礦砂所得之砷化鎳，名曰斯派斯。

182. 助熔劑(Flux)

煉金屬礦砂，常須加入助熔劑，與礦砂中之廢物化合成渣，以便純金屬得自由集合於其中，此外又可以掩護金屬熔汁之面，免其氧化，其功用有中性，還原，及氧化之不同，試金時常取以為用，然物多昂貴，冶金術中祇取其價最廉而必不可少者用之而已，如煉鐵礦時之用石灰，煉鉛礦時之用氧化鐵是也，茲將試金所用之助熔劑，列舉數種於下。

碳酸鈉常與碳酸鉀同時並用，能分解硅酸鹽使成硅酸鈉之渣滓，覆蓋金屬熔汁之面而防護之。

鹽遇火易熔,熔則沸溢,足以掩蓋其下之礦砂。

硼砂本質易熔,又能將難熔之金屬氧化物併合熔之,其用甚廣。

螢石能使渣滓熔解如水,用時不多。

蜜陀僧及土硝為氧化之助熔劑,前者多用以試黃金,能與二氧化硅化合,成易熔之硅酸鉛,又能與他金屬氧化物化合,發生高級之氧化金屬,與易於氧化之金屬接觸焙燒,則放出其氧使之成氧化物,而自身還原成金屬鉛。

碳素,澱粉,灰麵,及酒石英,皆為還原之助熔劑。

183. 熔渣(Slag)

熔煉時二氧化硅與泥土及他金屬氧化物化合所成之硅酸鹽,謂之熔渣。此物除煉鋁,提淨金屬鉛,及他少數熔煉法所生者外,所有熔渣,均係硅酸鹽。由其中二氧化硅及鹽基性氧化物所含之氧之多寡之比,而得類別之如下:

普通公式 R = 金屬	氧之 比例	名 稱	例	
			硅酸鈣類	硅酸鋁類
$4RO \cdot 8SiO_2$	2 : 1	次硅酸鹽(subsilicates)	$4CaO \cdot SiO_2$	$4Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
$2RO \cdot SiO_2$	1 : 1	一硅酸鹽(monosilicates)	$2CaO \cdot SiO_2$	$2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
$RO \cdot SiO_2$	1 : 2	二硅酸鹽(bisilicates)	$CaO \cdot SiO_2$	$Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$
$2RO \cdot 3SiO_2$	1 : 3	三硅酸鹽(trisilicates)	$2CaO \cdot 3SiO_2$	$2Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$
$4RO \cdot 3SiO_2$	2 : 3	三二硅酸鹽(sesquisilicates)	$4CaO \cdot 3SiO_2$	$4Al_2O_3 \cdot 9SiO_2$

如以一硅酸鹽為標準,則凡硅酸鹽之鹽基性氧化物多於此者,謂之鹽基性硅酸鹽;少於此者,謂之酸性硅酸鹽。渣滓熔點之高下,與所含金屬之性質及硅酸鹽之種類有關。例如硅酸鉀,硅酸鈉,硅酸鉛,性極易熔,硅酸銅,硅酸鐵次之,至硅酸鈣,硅酸鋁,最難熔矣。此熔點關於金屬性質者也。次硅酸鹽最易熔解,三硅酸鹽熔點極高,二硅酸鹽較一硅酸鹽難熔,而較三硅酸鹽易熔,換言之,即硅酸鹽熔點之增高,與二氧化硅之分量成正比例也。又硅酸鹽含一種金屬者,恆不及含兩種或多種者之易熔,故硅酸鋁或硅酸鈣之熔點,均較硅酸鈣鋁為高。夫如是,故煉礦者於泥土硅酸鹽中,常加入 FeO 基,以降低其熔點。

熔渣佳者,應合於下列之四種條件。

(1) 構成之熱度須低,然亦不可過低,總以能完成礦砂之反應為上。

(2) 在鼓風爐中者,質須完全流動,便於放瀉;在反餞爐中者,其質又須稍稠,便於從曇金或金屬熔汁面上撇開。

(3) 比重及膠黏性均須充分之低,使金屬珠易於完全沈下集合。

(4) 產生所耗之燃料及助熔劑,均須費用最低。

下列之表係巴林氏 (Balling) 所定,學者閱之,於定量二氧化矽變成熔渣,應需氧化金屬若干;或定量氧化金屬變成熔渣,應需二氧化矽若干,均能推算而得,斯於礦砂助熔劑之配合,庶知所變通擇善而從之焉。

第 一 表 定量二氧化矽變成熔渣應需 氧化金屬若干		第 二 表 定量氧化金屬變成熔渣應需 二氧化矽若干	
一份重之二氧化矽需要——	若干份重之氧化金屬	一份重之氧化金屬需要——	若干份重之二氧化矽
一矽酸鹽		一矽酸鹽	
石灰	1.86	石灰	0.535
氧化鎂	1.33	氧化鎂	0.750
三氧化二鋁	1.14	三氧化二鋁	0.873
一氧化鐵	2.40	一氧化鐵	0.416
二氧化錳	2.36	二氧化錳	0.422
二矽酸鹽		二矽酸鹽	
石灰	0.93	石灰	1.070
氧化鎂	0.66	氧化鎂	1.500
三氧化二鋁	0.57	三氧化二鋁	1.747
一氧化鐵	1.20	一氧化鐵	0.833
二氧化錳	1.18	二氧化錳	0.845
三二矽酸鹽		三二矽酸鹽	
石灰	1.24	石灰	0.803

氧化鎂	0.88	氧化鎂	1.125
三氧化二鋁	0.76	三氧化二鋁	1.310
一氧化鐵	1.60	一氧化鐵	0.625
二氧化錳	1.57	二氧化錳	0.633

各種熔渣成分表

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
酸	二氧化硅	35.0	44.0	12.0	60.0	49.0	13.0	36.0	17.0	
	磷酸	—	—	3.0	—	—	—	—	16.0	
	砒	—	—	—	—	—	6.0	—	—	
鹽基	三氧化二鋁	17.5	9.0	2.0	3.0	3.0	1.0	12.0	2.0	
	一氧化鐵	—	5.0	59.0	29.0	29.0	4.0	12.0	9.0	
	二氧化錳	1.5	6.0	1.0	—	—	—	24.0	4.0	
	氧化銅	—	—	—	—	16.0	—	—	—	
	氧化鉛	—	—	—	—	—	55.0	2.0	—	
	石灰	40.0	36.0	2.0	3.0	—	15.0	12.0	48.0	
	氧化鎂	6.0	—	—	1.0	—	—	2.0	4.0	
	鹼性物	—	—	—	—	—	—	—	—	
	氧化鋅	—	—	—	—	—	6.0	—	—	
	他種氧化金屬	—	—	—	—	1.0	—	—	—	
	混合物或溶解之物	氟化鈣	—	—	—	2.0	—	—	—	—
		硫化鐵	—	—	4.0	2.0	—	—	—	—
		硫化銅	—	—	—		—	—	—	—
三氧化二鐵		—	—	17.0	—	—	—	—	—	
金屬銅		—	—	—	—	2.0	—	—	—	
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		

1. 蘇格蘭煉鐵鼓風爐渣滓, 熔時質甚稀動, 冷後色深灰, 狀如石。
2. 煉生鐵鼓風爐之渣滓 (scouring cinder), 熔時甚稀動, 冷後色黑, 狀如玻璃。
3. 煉鐵爐之渣滓 (cinder), 熔時甚膠黏, 冷後色黑, 狀如石。
4. 煉銅所得之粗金屬渣 (clean slag), 熔時甚膠黏, 冷後色黑, 狀如石, 其中

二氧化硅大半作游離狀。

5. 泡銅渣(roaster slag), 熔時膠黏, 冷後色綠, 狀如石。
6. 煉鉛所得之灰色渣(gray slag), 熔時甚黏滯, 冷後狀如石。
7. 煉鉛鼓風爐中之渣, 熔時稀動, 冷後色黑, 狀如石。
8. 鹽基性柏塞麥轉爐中之渣。

第九篇

合金

184. 合金(Alloy)

合金者,兩種以上之金屬所合成之物也,其製法有三:

- (1) 熔融 將金屬熔解而混合之.
- (2) 加壓 將金屬粉末用大力逼壓,併成合金.
- (3) 電沈結(Electro-deposition)

185. 熔融

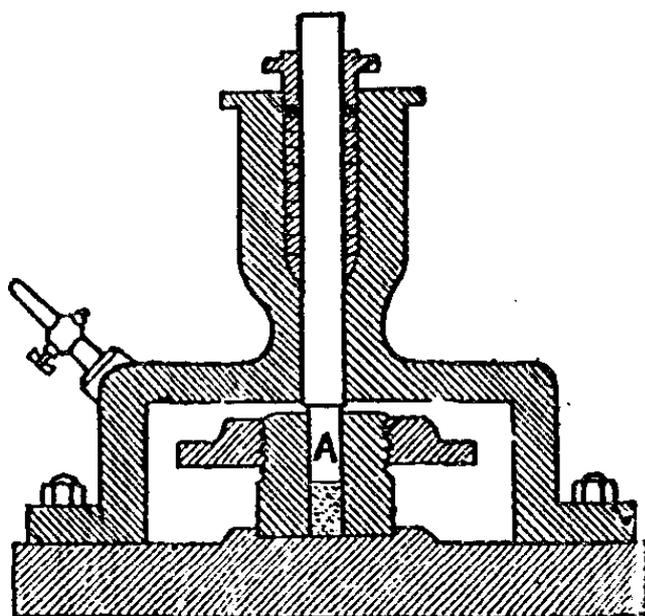
此為最常用之法,先將甲金熔解,嗣將乙金成固體或液體加入.如製黃銅,先熔銅而後加鋅;如製賽銀,先熔銅鎳而後加銅鋅是也.

各金屬均有一定之熔點,當數金屬混和成合金時,常放熱或吸熱.放熱之合金,如鋁與銅,白金與錫,砷與銻,銻與鉛,黃金與適當熔解之錫;吸熱之合金,如錫與鉛是也.

合金放熱吸熱,常須用精細儀器,方能察出,今舉一容易覺察之例以資證明,法將錫,鉍,鉛之極細粉末,按一定之配合,與八當量之水銀,在適宜之器中捷速混和,使熱不能由器壁傳至混合物,則見混和物之熱度,由普通 17°C . 降至零下 10°C .,若置水於其中,水必成冰.

186. 加 壓

金屬粉末在平常氣壓時,不能混合成合金;若設法將其接觸點加增,則結果大異,此事經斯勃林氏(Spring)之試驗而愈信其確,所用之器械,如第50圖,將金屬粉末置於數枚鋼塊箍攜之圓形空隙中,其上以鋼筒A蓋之,鋼箍之外為青銅匣,試驗時排盡其中之空氣,加壓力於A上之圓桿,迫A下降,當2000氣壓時,碎屑之鉛,變成整塊,與熔解所得者無異,若壓力增至5000氣壓,則鉛無力抵抗,竟由各縫隙擠出,如液體然,鋼筒A遂下降至底,若易鉛以鉍,則用



第50圖 加壓金屬之試機

6000 氣壓,可使粉末結成整塊,與熔解所得者同具有結晶狀,錫末亦能逼壓成整塊,且能擠出成絲,所成之絲,折之有時發音,今列各金屬由粉末壓成整塊或成流動體所需之壓力如下:

鉛	成塊	13(每平方吋噸數)
錫	”	19
鋅	”	38
銻	”	38
鋁	”	38
鉍	”	38
銅	”	33
鉛	流動	33
錫	”	47

物質成溶液時,有能互相作用,變成化合物者,此常人所習見之事也,然則固體物互相接觸,亦能起化合作用否乎?昔人謂物質不成溶液,不能互相作用之說,果確實乎?吾人由實驗而知溶液非化合上所必需之條件,試將碘化鉀及氯化銻之兩無水鹽,於白中互相混和,能發生銀珠色之碘化銻,是知其互相化合矣,推之金屬粉末受逼壓,亦必能起化學作用,構成合金,斯勃林氏之此種理想,已由實驗證其不謬,法將15份鉍末,8份鉛末,4份

錫末, 3 份鎢末, 施以巨壓, 即成 100°C . 能熔之合金. 如再行研碎, 再加迫壓, 其結構更為純勻. 此時所成之合金, 其熔點不過 98°C . 耳. 然其中熔點最低之錫, 亦有 232°C . 之高, 若恐壓時生熱, 發生不曾覺察之熔解, 抑或使結果上起重要之感動. 此二者 斯勃林氏 均曾預防及之. 渠施壓力, 以緩不以急, 故無猝然發熱之事, 所施壓力之功, 按渠計算, 如全變為熱, 亦不過能使鐵筒 A 增熱 40.64°C . 渠為證實此層起見, 取 28°C . 能熔之有機物弗羅恩 (phorone), 仿壓金屬粉末之法壓之, 其上置鉛彈. 事後考驗, 弗羅恩之結合不甚完全, 鉛彈仍在頂上, 並未下沉, 足為弗羅恩未曾熔解之證, 亦即為壓時生熱不及 28°C . 之證. 以是確定錳粉壓成整塊, 並未生充分之熱使其熔解, 且確定固體金屬如分子真正接觸, 必能互相作用, 構成合金.

187. 電沈結

將金屬用電解法使之沈結, 則成合金. 銅與鋅可合成黃銅, 日本之美麗青銅, 亦能用電解法仿造. 又金, 銀, 銅三金屬如按適宜之配合, 可沈結為紅金, 玫瑰金, 或綠金.

188. 熔離及分離 (Segregation)

合金熔時, 其所含之金屬混合一致. 若從容退冷, 其現象大有不同, 有時即退冷甚速, 亦復如是. 蓋合金退冷,

與含浮質之水凝冰相同,先結之冰,竭力將浮質排去,即合金先凝之部,常將其他某部分排開,此現象謂之熔離。其意義與煉錳煉錫之熔離略有不同,今舉數例如下,以資考證。

鉛銻熔時,十分混和,傾入深模,從容退冷,則彼此幾完全分離,在上之銻,含鉛絕少,在下之鉛,含銻亦絕少,再取鉛銻銅三金屬合熔之,熔時亦十分均勻,傾入圓筒形模退冷,則銅銻併合,排除大部分之鉛,逐至全體之中央,將錠折斷考驗,周圍現紫色之銅銻合金,中央為展性之鉛銅銀合熔,其現象亦同,但二物混合必構成一特別合金,冷時或趨於外,或趨於內,視銀銅分量孰多以為差,總以上三例言之,各種分離,均不完全,鉛中含 1.6% 之銻,銻中亦含有 1.2% 之鉛,銅銻合金含少許之鉛,鉛中亦含少許銅銻。

古斯里博士 (Guthrie) 謂合金之退冷,與花崗岩熔質之退冷相似,先分出有一定組織之物,而成分不定之物餘留最後,如石英,長石先雲母凝固是也,鉛錳合金或錳錫合金退冷,最先常分出組織一定之合金,如石英長石然,終則為最易熔之部分,其配合不依原子之化合比例,是名善熔合金 (eutectic alloy),昔人謂善熔合金必為化合物,具有簡單原子之化合比,其說似為謬誤,不過其

成分性質,亦均有一定耳。

銅銀合熔,全體純一,退冷則二金屬常成單質或混成合金,互相分離,使全體成分爲之不勻,此造幣廠所顯見之事實也。昔人謂銀銅合金族之能純一者,僅有含銀 71.89% 者之一種,分子式爲 Ag_3Cu_2 。其他之合金,則爲此種合金及多餘之銀或銅混合而成。據奧斯騰氏 (Austen) 重行試驗,知合金族成分之純一,大半繫於退冷之方法,若從緩退冷之,純一之合金,不止上述之一種,不過含銀 71.89% 者,無論退冷或速或緩,均能保其純一耳。渠爲進一步研究起見,取含銀 925 份,銅 75 份之合金,裝於耐火軋製之模內,模之空處成立方形,每邊僅 4-5 釐,燒至明紅,退冷極緩,將所得之錠,分成若干塊,逐一分析,知彼此成分之差,最多不過千分之 1.4。若捷速退冷,則其差增至千分之 13。

含金甚多之金銀合金,凝固時並無將銀排除之明顯傾向,此事經奧斯騰之試驗而知之,渠將含金 984.7,銀 15.3 之合金熔解,傾入球形鐵模,模之熱度遠低於合金熔質之熱度,凝成之錠,對徑 3 吋,於其中央截取厚 $\frac{3}{8}$ 吋之垂直板,壓成薄片,剪成若干塊,逐一化驗,並未見熔離之現象,惟金銅合金,於熔時按適宜之配合而成者,凝固後多不能全體純一,故和銅之黃金標準試板,不可用以

考驗金幣之成色。

熔離及分離，關於冶煉鋼鐵，最為重要。鋼錠從容退冷，磷，硫，碳，錳，硅均欲向之分離，趨於最後凝固之部分，此四十年前所發見之事也。托爾波特氏 (Talbot) 將酸性及鹽基性鋼，加鋁或不加鋁，悉心試驗，確定未加鋁之鋼錠，其上半部之中央有過量之分離，硫為最，磷，碳次之，錳為輕。若每噸加鋁四噸，分離之作用頓減。故未加鋁之鋼錠，如用以造槍，須將上半部截去不用，因其不堅固也。有時且須挖去全體之中心。依同樣之理，鋼軌之杪亦常截去不要。此種分離，對於大鑄造物不可不注意。六十年前柏塞麥氏於鋼錠未凝時，加大壓力以俟其凝，期減少分離及泡孔之發生，然僅在試驗地步，嗣經他人逐漸改良，其法方告成功，近則煉鋼廠多有採用者矣。

生鐵之分離物，可以設法取出。法將生鐵之碎塊，以 940°C .之熱度燒之100小時，則見鐵面滲出圓顆，其成分含磷4-6%，硅0.6-0.8%，石墨狀碳素微量乃至1.5%，化合狀碳素0-1.24%。生鐵原來含碳素共3.5%，硅2.6%，磷1.9%，兩相比較，知滲出物含磷增多，而碳硅減少。

鉛錫銻合熔，若錫之分量超過某定數，熔時從不分離，不及乎此，則合金自分兩層，各含三種金屬，重者為銻之飽和鉛溶液，鉛內含錫，輕者為鉛之飽和銻溶液，銻內

亦含錫之分量，除隨鋅鉛之比例成一特別配合外，其分佈於合金中，並不相等。不足此配合，輕合金中含過量之錫，過於此配合，則重合金中含過量之錫。

189. 電流對於合金熔時之作用

合金與鹽類溶液相彷彿，若通過電流，應作何現象，吾人不可不知。據機刺丁 (Gerardin) 之試驗，水銀與鈉之液體合金，通過強電流，可使一部分分解。嗣經他人再加試驗，復證其不然。厥後奧斯騰氏將鉛金合金或鉛銀合金通 300 安之強電流試之，亦未見其分解。由是知合金對於電流之作用，與單純金屬相同，並不似鹽類溶液之能遇電分解也。

190. 合金在不同熱度時之傳電

熱度愈高，合金之電抵抗愈大，愈低則愈小，此理久經發明。然因缺乏簡單而精細之測熱計，致試驗不能進步者若干年。沙特烈氏 (Chatelier) 謂金屬熔解之前，不起分子變更者，電抵抗與熱度成比例而增加。然金屬有在一定熱度起明顯之分子變更者矣，合金亦有起循序漸進之變更者矣，則電抵抗亦必隨之猝然變更，或循序變更。

昔人利用液體養氣於低溫度試驗多數合金，知其

電抵抗固隨熱度之降低而減小，然其程度與純淨金屬不同。泥科來氏 (Niccolai) 亦於 400° 及零下 189° C. 之間廣行試驗，證明韌煨硬煨不僅變更合金電抵抗之絕對值，且改變抵抗與熱度為轉移之定律。

191. 雜質對於合金性質之影響

化學成分影響於合金之機械性質，由鐵錒之最顯。其性質隨千分之幾之碳素而為變更，若碳素之外，更有他物，其變動尤繁。電沈結之鐵，純度最高，韌煨之先張強 2.7 噸，韌煨之後，張強竟增至 15.5 噸。其所以相差如是之巨者，則因未經韌煨之鐵，吸有輕氣，或為一種變形鐵也。鐵中加碳，其最大影響，為燒至全紅，入水退冷，性即加硬，其加硬之度，視碳之 0.2-1 之百分數為轉移，然亦與燒時之熱度及退冷之緩急有關。亞諾爾特氏 (Arnold) 取含碳素 0.08-1.47% 之純淨鋼一組，燒至 1000° C.，在空氣中退冷，又燒至 1000° C.，經 72 小時，在爐中從容退冷。各考其硬度，張強，延性，伸長等事，知含碳 0.08% 之鋼，張強為 19 噸；碳素增至 1%，張強增至 53 噸；過乎此數，張強復漸減少。伸長度隨碳素之增加而漸降低，含碳素 0.08% 者，為 45%；碳素多至 1.5%，伸長度即減至 3% 或 4%。

錒對於鋼之影響，視錒之多寡及碳之百分數以為

差,普通之趨向爲增加鋼之張強,減少鋼之延性,故機器軸機器箍之鋼,含錳可多至1%,造汽鍋之熟鋼,含錳上達0.6%,即有危險,鋼中之碳素愈多,錳之影響愈顯,高碳鋼中之錳,常使在0.3%以下,超過此數則燒紅浸冷,易生拆裂,凡上所述,均就含錳不過2%之碳素鋼言之也,若2%之外,再行增加,其影響另自不同,例如含碳不及0.5%,含錳5.75-7%之鋼,其性脆,若將錳再增一倍,則脆性復失,此哈德斐爾特氏 (Hadfield)所以造出錳鋼也,錳鋼成分之最佳者,絕無泡孔,軋壓甚佳,但性甚硬,冷時難於製作,電抵抗大於銅30倍,大於熟鐵8倍,實用上可視爲不受磁性。

硅之影響極難測度,加硅於熔解之鋼中,可以阻止泡孔之發生,或者其能增加氣體溶解鐵中之程度歟!熟鋼加硅不超過0.4%,不能增加其最大應力,過乎0.4%,最大應力增加,伸長度減小,尤以超過1.5-2%時爲最,據哈德斐爾特之試驗,加硅1.5-1.75%於鐵,足增其彈力張強,然不害其延性,過乎此數,張強雖增,而延性銳減,以是知硅之作用,謂其似錳,毋寧謂其似碳,蓋少許之硅或碳,足生甚大影響,而錳非多許不能也。

加硅於煉成之鋼,其所生之影響,與由生鐵留下之硅不同,當煉鋼時,先將生鐵之硅盡力消去,火候既足,另

加定量之硅鐵合金,硅之分量,因此易於節制,鋼中得硅,其磨損性爲之變佳,大約將其氣質及氧化物更完全除去也,由試驗知硅之分量,以0.35%爲最佳。

硫在鐵中,能使之熱短,且能消滅其煅接性,少許之硫,能使鋼錠過軋,周圍破裂,其不害軋壓或煅接之量,視鋼之煉法,鑄錠時之熱度,及錳與銅之多寡以爲差,普通建築用之鋼,含硫不宜過0.06%。錳在鋼中,能抵消硫之有害作用,與之化合成硫化錳,沙特烈氏用顯微鏡觀測未加錳之鋼,其硫成硫化鐵,結構如網,一經加錳,網即破裂,此網之破裂,及硫化鐵之熔點低於鋼之煅接熱度,而硫化錳之熔點高於此熱度,足爲含硫之鋼加錳有益之解釋,此外硫能減低碳在熔鐵中之飽和點,又能阻其分成石墨,含硫較多之鋼,其腐蝕較含少量者爲速。

磷在鋼中,使之冷短性脆,其影響之大小,視碳之成分以爲差,碳素愈多,其害愈顯,故煉上等坩堝器具鋼,祇宜用最淨之材料,含磷須在0.01%以下,普通建築用之鋼,含磷不得過0.06%,軌條之鋼,可多至0.8%而無害。

砷在鋼中,若居0.1%以下,除妨害煅接性外,其他影響甚小,據試驗,熟鋼含砷達0.17%,仍不害其延性與韌性,多至0.25%,不能煅接,即多至1%,在軋壓熱度時,亦不生熱短。

鉍在銅中影響極大,十萬分之幾,足使其不適於傳電之用,至0.02%能生熱短,0.05%復生冷短,多至0.1%,在紅熱時易於碰碎。

未經精煉之銅,常含有硫,使之冷短,然須達0.5%之多,其害始顯,若僅0.25%,尚不致害其展性。

銻在銅中如達0.001%,即不適於造黃銅絲黃銅片,然漢拍氏(Hampe)證明金屬銅含銻0.529%者,仍能抽極細之絲,布蘭德氏(Brand)證明含銻0.5%之銅,仍能抽空心絲,1%之銻,能生極利害之熱短,十萬分之幾之銻能使銅不適於傳電。

0.002%之鉛,錒,錫能使金變脆,0.00032%之錒,足使金乏展性,銻亦能使金變脆,然若金中含銀及銅,則銻雖達5-7%之多,亦不害其展性。

192. 合金中金屬互生之影響

加錫於銅,雖減低其傳電力,然能加增其張強,尤以含錫20%左右時為最,銅中含錫,硬度亦增,含錫4%者適於鑄泉幣,含錫過2%者,不適於金工之用,因其太硬,花紋難壓現也,銅錫合金僅二種能通體純一,其成分與 SnCu_3 及 SnCu_4 相當,兩者之成分雖小有不同,然斷面絕異,後者色黃灰,光滑如鏡;前者色藍而粗糙。

鋁對於銅之影響,工業上最爲重要,上達10%,合金之極度張強漸增,超過此數,延性及極度張強猝減,故含鋁10%爲工業上有用之銅鋁合金之極限,含鋁少許至7.35%者,極度張強平常,延性甚佳,自7.35-10%者,極度張強更強,上達15-18%,合金甚硬而甚脆,至20-65%,硬度減而脆性增,易於碰擊成粉,且有落至硬物上即碎者。此種非常脆性,至含鋁67%而止,若鋁超過90%,又變成他類合金,鋁爲主而銅爲輔,銅之分量,以4%爲最佳,超過此數,鋁之延性減弱,而韌性並不增強。

103. 熱度對於合金力量之效果

門子金(Muntz-metal)及磷青銅(phosphor-bronze)當熱度增至260°C.時,韌性按規則而降低,砲銅(gun-metal)韌性之規則的降低,上達150°-175°而止,過此熱度,韌性猝然降弱,常低至50%以下,間有260°時已經大減者,此種現象,關係匪輕,因蒸汽機關受高壓及高熱作工,故砲銅等合金應能受175°-230°之熱而不致大減其力量,經試驗知黃色黃銅,門子金,及兌塔金(delta-metal)韌性之降低,循有規則之定律,並不猝然減其力量,熱度即增至315°-345°,試條之韌性,仍未大減,鋁銅合金,亦經試驗,其結果如下表:

熱 度	每平方吋極度張強之噸數	
	銅 90.06 % 鋁 9.9 %	銅 93.23 % 鋁 6.73 %
平常熱度	38.1	28.8
200° C.	36.4	—
300° C.	33.4	20.7
400° C.	24.0	17.9
500° C.	12.1	10.9
550° C.	9.1	—

熱度增高,韌性漸減,含鋁 9.9 % 之合金,在 450° C. 時,捷速變弱,惟延性增加,至熱至 500° C. 而止,若含鋁 6.73 % 之合金,則韌性降低,延性亦隨之降低。

184. 低熱度對於合金性質之效果

普通合金在低溫度時,其韌性均增大,與普通金屬相同,試將易熔合金造成螺旋狀彈簧,當平常溫度時,一噸之重,足以使之伸直,冷至零下 182°,竟能支二磅之重,擺動如鋼絲然,鎳鋼含碳素少者,冷至液體空氣之低溫度時,韌性增大一倍,然延性之減弱,不依此比例,此足證明鐵在低熱度時,其脆性可由鎳補救之理,然含鎳 12 %, 碳 0.97 % 之鋼,在低熱度時,韌性及延性,並無若何增減,錳鋼之作用與鎳鋼同,即隨錳,碳之成分,而韌性增強,延性減弱,抑或兩無變更是也,鋼之含錳,鎳,碳三物者,在液

體空氣之低溫度時所生之變象,視三物之成分以爲差。就含碳0.6%,錳5.04%,鎳14.55%之鋼言之,如鎳錳二物分別加入,鋼性極脆;併合加入,鋼性復極韌。此種鋼在高熱低熱時,實際上並無磁性。

鐵與鎳25%之合金,久受零下30°之冷,密度即永久減低2%。試思英國船廠造一戰船,包3000噸之鎳鋼甲,駛至北冰洋,此甲必增長二呎許,其膨脹所生之力,必致將全船破壞。

195. 稀金屬及其合金

稀金屬對於鋼之影響,除碳素外,其明顯幾無出其右者。今爲本篇計,分稀金屬爲兩類:(1)成自然狀之白金族,(2)成化合物之鉻,錳,鈳,鎢,鎳,銻,鈾,釷,間且涉及鎳鈷。

鉻,錳等氧化物之還原,或用他金屬奪取其氧,或用碳素藉電流輔助,使之分解。今以氧化鉻爲例,此物與極細之鋁粉按適當之配合十分混和,盛以坩堝,燒至1010°C,則發生激烈作用,熱度猝增至白金熔點之上,冷後將坩堝敲破,必獲得若干金屬鉻。

鋁對於他金屬之關係,甚爲奇特。生鐵中含有少許,足保護硅,錳,碳不致氧化。金屬鋁雜少許硅者,燃燒時所

發之光較純鋁爲強，用帕克斯法提銀所得之銀鋅合金，如其中雜鋁少許，足以保護其不起氧化，然鋁之氧化物性極頑強，不用電解法或電弧與碳素相作用，不能使之還原，鋁與鉛丹混和，置小坩堝中，用風爐燒之，經二分間，猝然爆發，坩堝分裂成碎塊，其故因三氧化二鋁之構成，能生熱量 391 卡路里，而氧化鉛不過 51 卡路里，故鋁在高熱時，易奪氧化鉛之氧，使之還原，其爆發者，則以反應太速故也，然此種激烈作用，他種金屬氧化物不常有之，稀金屬之用鋁還原，而不起劇烈作用者，蓋十居其九也。

196. 稀金屬之工業用途

稀金屬對於造戰甲彈丸，最有關係，今就兩者之變遷略言之，戰船之甲，開始係熟鐵製，能抵禦生鐵彈丸，使其不能穿過，此 1866 年美國內部戰爭時之事也，嗣因欲穿此甲，必將彈丸加大加硬，故巴里瑟彈 (Palliser projectiles) 應時發明，此彈係冷生鐵所造，其首甚硬，與甲相撞，不致變鈍，如昇以充足之速度，即能穿過熟鐵戰甲而無礙，熟鐵戰甲既不能抵禦此種彈丸，造甲者遂不能不設法將甲加硬，使彈首一撞即破，且分散對彈之抵抗力及於廣大面積，故造甲不以熟鐵而以鋼，表面極硬，內面較軟而較韌，或採用複甲，外層爲硬鋼，內層爲熟鐵，兩者鑄

合爲一，或中間隔以中等鋼，互相煅接。此等複甲，其種類甚多，而其原理則公認爲切合者也。巴里瑟彈櫃及此甲，其首立時振破，遂不能穿突而入。然將彈丸加大，複甲之抵抗力必有所不足，外層之鋼有時成片崩落。且用鉻鋼造彈以代冷生鐵，足以將複甲外層之鋼撞碎，內層之熟鐵，遂不能抵抗他彈之穿入，不過一船之甲，爲巨彈擊中同一之處之時甚少耳。造彈之鉻鋼，普通含鉻 1.2-1.5%，每秒時即以 2000 呎之速衝擊鋼甲，亦不致散破。如戰甲不十分厚，此種彈丸竟能將炸藥帶之穿過。夫鉻鋼彈既如是之猛，欲戰甲能加抵禦，非注意其增硬增韌之法或改用別種鋼不可。如哈維氏 (Harvey) 所用之法其一也。渠置鎳鋼甲於特造之爐中，上覆碳質，強熱 120 小時，使甲之前面厚 2-3 吋處之含碳量，由 0.35% 增高至 0.6%，嗣取出，將該面用水增硬。此種鎳鋼甲，除彈丸過大外，能使平常最佳之鉻鋼彈，一撞即碎。

卡內基氏 (Carnegie) 之說，近世製彈丸，多用含碳之鋼，其中另含鎳，鉻，錳，或鉍。增硬之法，利用水，油，或空氣，視鋼之性質以爲差。水與油之熱度，空氣之壓力，均加變更，俾更切於用。若具有自硬性之鋼，則僅燒紅，置於空氣中任其退冷。此外彈丸之首，另包特別之鋼，或將炸藥改良，皆足增其穿突之力。

摩托車(motor-car)之機件多係特別鋼造成,法國車廠所用者,約分下之六種:

- (1) 含鎳 1-6 % 及碳 0.1-0.25 % 之鋼,用以製車軸及齒輪等.
- (2) 含鎳 1-6 % 及碳 0.25-0.4 % 者,用以製車軸及承托物等.
- (3) 含鎳 32-36 %, 碳 0.12-0.2 % 者,用以造活瓣.
- (4) 含碳 1-1.2 %, 鉻 1-2.5 % 者,用以造承托物.
- (5) 含碳 0.3-0.7 %, 硅 0.8-2.5 % 者,用以造彈簧.
- (6) 含碳 0.25-0.45 %, 鎳 2.5-2.7 %, 鉻 0.275-0.6 % 者,用以造抵抗振撞,且須具一定硬度之部分.

197. 合金之色

合金顏色不可以原來金屬之色比較之.51 % 之銅,49 % 之錒併成合金,其色艷紫.鋅與銅合成黃銅,其色與銅大異.黃金 90 %, 鋁 10 % 併成合金,其色白亮.將鋁加多,其色反深,故合金 78 份,鋁 22 份者,色竟如紅寶石.今將主要金屬,按其著色力之強弱,列舉如下:

錫,鎳,鋁,錳,鐵,銅,鋅,鉛,白金,銀,黃金.

居前之金屬,能使居後之金屬之色,被掩不現.如紅色之銅三份,白色之鎳一份併成合金,不現紅色是也.

日本裝飾品所用之合金,美麗異常,其主要者,分金多金少之二種,含金多者,經藥水浸漬,表面生艷紫色之膜,含金少者,色銀灰,暴於空氣中,亦轉美麗之色,今列其成分如下:

含金多者	I.	II.
銅	94.50	95.77
銀	1.55	0.08
金	3.73	4.16
鉛	0.11	—
鐵及砷	微量	—
	<u>99.89</u>	<u>100.01</u>
含金少者	III.	IV.
銅	67.31	51.10
銀	32.07	48.93
金	微量	0.12
鐵	0.52	—
	<u>99.90</u>	<u>100.15</u>

日本常用之浸漬藥水 (pickling solutions) 有三種,其配合如下:

	第一種	第二種	第三種
銅綠	438克冷	87克冷	220克冷
硫酸銅	292克冷	437克冷	540克冷

土硝	—	87 克 冷	—
食鹽	—	146 克 冷	—
硫黃	—	233 克 冷	—
水	1 加 倫	—	1 加 倫
醋	—	1 加 倫	5 打 蘭 (drachms)

以上三種,以第一種之用最廣。

198. 工業上重要之合金

今將重要合金分類列之。

銅鋅合金,俗名黃銅(brass)

	銅	鋅	鐵	錫
最佳黃色黃銅	70	30	—	—
普通黃銅	66	33	—	—
門子金	60	40	—	—
硬黃銅	55.33	41.80	4.66	—
兌塔金	55	42	1-2	—
海軍用黃銅	62	37	—	1
黃銅鍍金	50	50	—	—

最佳黃色黃銅張強 28000 磅,適於 ~~汽機~~ 開車,凝集器之管,及黃銅片。

普通黃銅常用以代最佳黃色黃銅,惟物理性質較遜。

門子金用以造黃銅片,印布輓筒,及混銻用之黃銅板.

硬黃銅張強 30 噸,奧國昔用以造軍器,近則用以造黃銅鍊等物.

兌塔金含鋁,錳各少許,力比普通黃銅較韌較強,性亦較硬.

海軍用黃銅,在海水中比他種黃銅腐蝕較難.

銅錫合金,俗名青銅(bronze)

	銅	錫	鐵	鋁	錳	鋅	鉛	磷
砲銅	91.70-88.39	8.30-11.61	—	—	—	—	—	—
小鐘銅	77.50	22.50	—	—	—	—	—	—
大鐘銅	75.80	24.20	—	—	—	—	—	—
鏡銅	66.60	33.40	—	—	—	—	—	—
磷青銅	90-92	7.40-9.70	—	—	—	—	—	少許
鋁青銅	88.11	—	—	8.91	2.98	—	—	—
錳青銅	83.45	—	1.24	—	13.48	—	—	—
錳青銅	81.03	—	1.67	—	16.86	—	—	—
日本青銅	82.70	4.70	—	—	—	1.8	9.9	—
中國青銅	74.00	1.00	—	—	—	10.0	15.0	—

砲銅力強而韌,能耐振擻,含錫 10% 者,張強 14.7 噸,造機器用之.如加少許之鋅,錳,及磷,又適於造承托物之用.

鏡銅 (speculum metal) 性硬, 擦之極光亮, 昔人用以造鏡, 今罕用之。

鋼 鎳 合 金

	銅	鎳	錳
鎳幣	75.0	25.00	—
德國銀(賽銀)	55.0	17.50	28.50
英國賽銀	62.4	15.05	22.15
中國賽銀	26.3	36.80	36.80

鉛 合 金

	鉛	銻	錫	銅	砷
活字金	50	25	25	—	—
	60	30	10	—	—
	70	18	10	2	—
重物承托金	84	16	—	—	—
輕物承托金	60	20	20	—	—
鉛匠錫金	50	—	50	—	—
	66.6	—	33.3	—	—
錫匠錫金	40	—	60	—	—
	33.3	—	66.6	—	—
英國錫器金	20	—	80	—	—
法國錫器金	18	—	82	—	—
鉛彈金	99.6	—	—	—	0.2-0.35

鋅合金,即易熔金 (fusible alloys)

	鋅	鉛	錫	鎳	熔點
1.	50	31.25	18.75	—	95° C.
2.	50	28.10	24.64	—	100° C.
3.	50	25.00	25.00	—	93° C.
4.	50	24.00	14.00	12.00	66°-71° C.
5.	50	27.00	13.00	10.00	60° C.

錫合金

	錫	銻	銅
不列顛金	90.62	7.81	1.46
減摩擦金	82.00	12.00	6.00

減摩擦金 (antifriction metal) 成分不一,造承托物用之。

鋅合金

	鋅	錫	銅	銻	鉛
減摩擦金	85.0	—	5.0	10.0	—
巴比特金 (Babbitt's metal)	69.0	19.0	4.0	3.0	5.0

鎳合金

	鎳	他金屬	註 明
鐵鎳	25-75	鐵	造特別鋼用之。
鎢鎳	23	鎢 73	造特別鋼用之。
鉻鎳	23	鉻 73	造特別鋼用之。
鉬鎳	20-50	鉬 45-75	造特別鋼用之。
蒙內爾金 (Monel)	68-72	鐵 0.5-1.5 碳 0.073-0.15 硫 0.014 餘為銅	張強力 35 噸,用以造 船之推進器,礦山抽 水機之活塞桿,及搗 礦確之篩板等。

白金合金

	白金	鈦	銻	銀	銅	短 註
1.	90	10	-	-	-	造標準米突及量熱計之熱偶線。
2.	90	-	10	-	-	造量熱計之熱偶線。
3.	81.25	-	-	-	18.75	色金黃,與 18 K 金相似。
4.	34	-	-	66	-	測電抵抗之標準金。

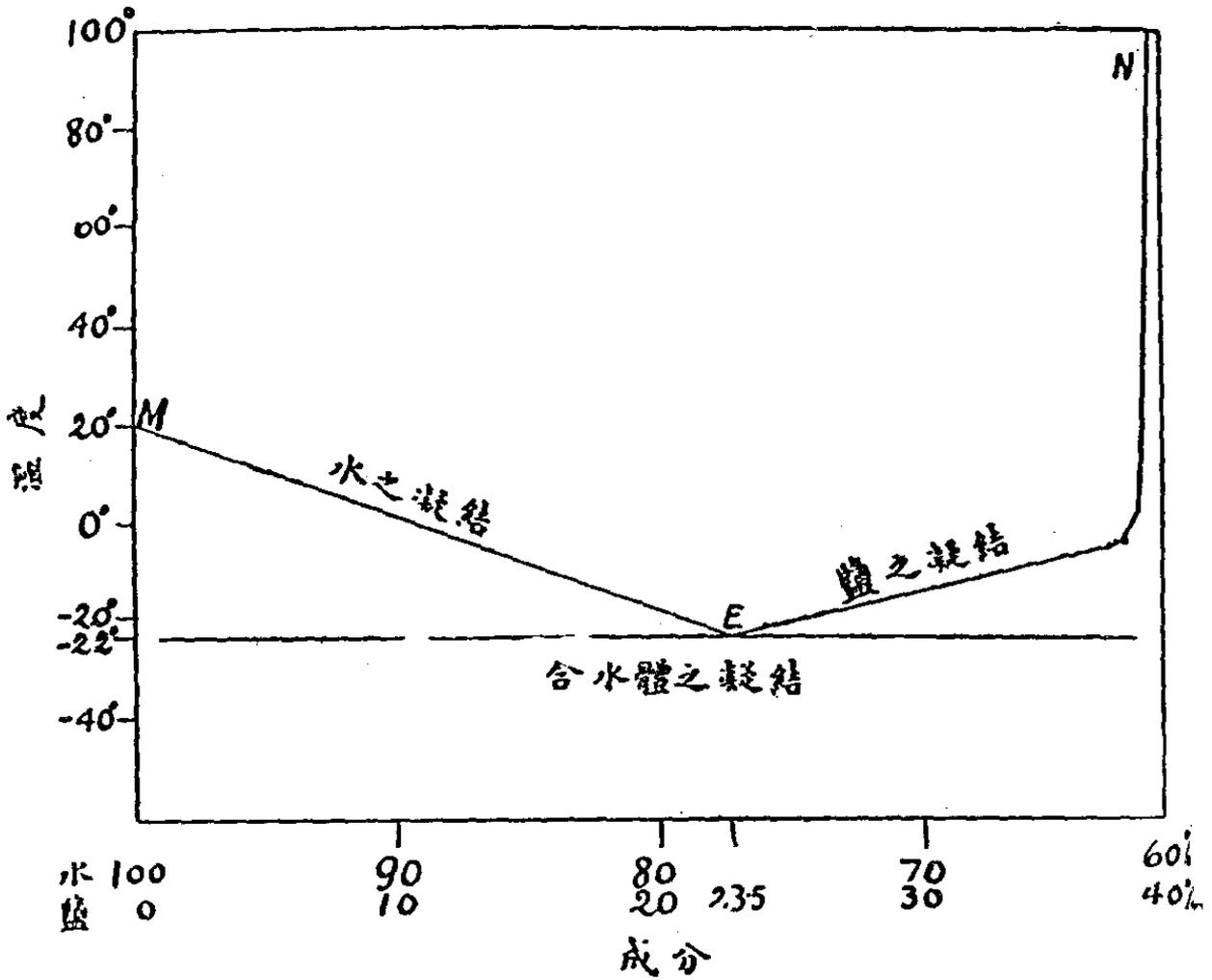
泉幣金

	金	銅	銀	鉛	短 註
金幣	91.66	8.33	-	-	英國標準幣
”	90.00	10.00	-	-	拉丁聯合國及美國金幣
”	1.33	82.73	15.93	-	古羅馬金幣

金幣	40.35	19.63	40.02	—	不列顛古時金幣 羅馬古時銀幣 英國標準銀幣
銀幣	0.1	7.10	92.5	0.2	
”	—	7.50	92.5	—	

199. 合金之溶液學說(Solution Theory)

合金退冷或凝固時所起之分子改變,用溶液學說解釋之,大為簡單,蓋合金之凝固,與鹽類溶液之凝固相似也.食鹽與水之混合物,凝點最低者,含鹽 23.5%,此混合物名氯化鈉之含水物,與他鹽類溶液所分出之類似物,均經證明其為機械的混合物,同名曰含水體 (cryohydrates),意即僅在低溫度時能成固體之含水物也.合金中相當之物為共熔合金 (eutectics).就食鹽之水溶液言之,將鹽依次增加,各考定其凝點,合成第 51 圖之凝點曲線,則見水中加鹽,上達 23.5%,其凝點即由 0° C. 下降至 -22° C. 故 -22° C. 為所有混合物之凝點,即與含水體之凝點相當.若將鹽再行加多,則鹽先單獨凝結而出.若鹽少於 23.5% 之數,水必單獨凝冰而出.在 0° 與 100° C. 之間,水中溶鹽最巨之量約 40% 弱,故第 51 圖亦以此數為限.橫線表成分,縱線表溫度.吾人觀察曲線,即可知一定成分之溶液,從何溫度凝結開始,至何溫度凝結告終.例如含水 90%,鹽 10% 之溶液,將其退冷至 ME 線,水必開

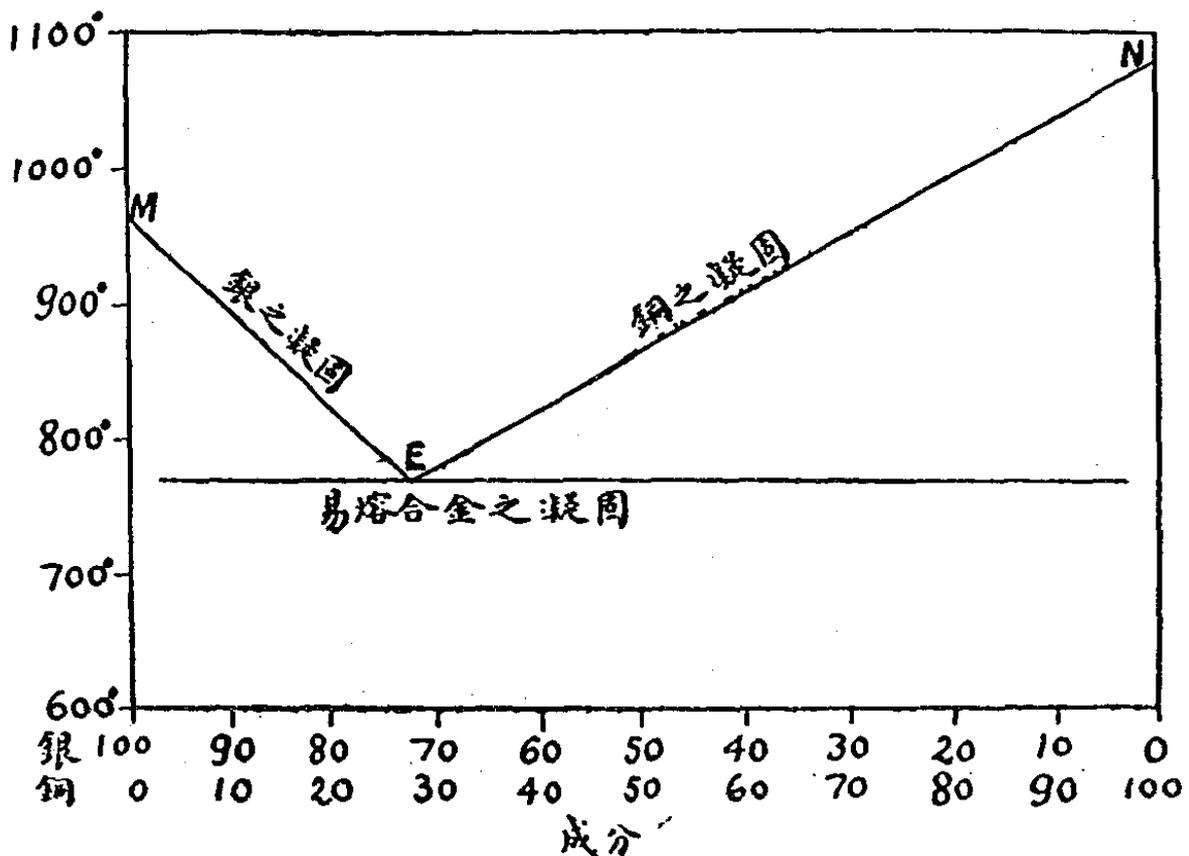


第 51 圖 食 鹽 之 凝 點 曲 線

始凝冰,退冷之度爲之減緩,因有潛熱放出故也.冰愈多,則殘餘之溶液含鹽愈富,其凝點亦愈降低.若溫度不再降下,冰即不再發生.荷溫度再降,冰循 ME 線再行發生.至 -22°C . 時,殘餘之溶液含鹽恰爲 23.5%,必全部凝結.凡此均含鹽少於 23.5% 者所生之現象也.若溶液原含鹽 30%,則退冷至 NE 線,鹽先結晶,退冷之度減緩.溫度愈降,鹽析出愈多,殘餘之溶液,含鹽愈少.迨至 -22°C .,溶

液適相當於含水體之成分,全體皆凝而成塊。

熔融合金之退冷,其現象亦同,第52圖之凝結曲線,即研究銅銀合金所得者也。合金含銀85%,銅15%者,由1000°C.退冷至ME線,銀始結晶,退冷減緩,溫度再降,銀之結晶愈多。至770°C.,殘餘未凝之部,含銅多至28%,乃通體凝固成塊,是為善熔合金,與鹽溶液之含水體相當。設合金原含銅65%,銀35%,則退冷至NE線,銅必先行結晶,溫度再降,銅之結晶愈多。至770°,殘餘之物含銀



第52圖 銅銀合金之凝結曲線

增至72%，合於善熔合金之成分，故全體俱凝。

200. 合金之構成

研究合金結構之方法甚多，其最要者為化學分析，顯微鏡考察，及溫度計測定之三事，而統納於金屬結晶學(metallography)中。就近世知識所及，合金之構成物，可分以下七種：

(1) 純淨游離金屬。

(2) 此金屬溶於彼金屬中所成之固體溶液(solid solutions)。

(3) 金屬與金屬所成之化合物。

(4) 金屬與非金屬所成之化合物。

(5) 善熔合金之混合物。

(6) 化合物溶於過量金屬中所成之固體溶液。

(7) 同素異性物(allotropic modifications)。

(1) 純淨游離金屬 熔融合金退冷時，其構成之金屬有單獨結晶而出者，晶體之面或全或不全。若凝點較其餘之部分為高，則構成凝固合金之骨幹。否則必夾於他晶體之間，充塞空隙，蓋因其凝固在他部分之後故也。

(2) 此金屬溶於彼金屬中所成之固體溶液 此

爲兩種金屬或多種金屬凝固所成之純一混合物,又名同形晶體 (isomorphous crystals), 亦名混合晶體,其晶形與所含金屬之較多者相同,或與之相近,然有時因退冷或凝固太促,無構成純一晶體之機會,以致晶體內外不勻,例如金銀合金,退冷甚速,其晶體之中央含金常較其外表爲多,若將其加熱,恰在凝點之下,經時甚久,則因擴散作用,內外復變成純勻。

(3) 金屬與金屬所成之化合物 金屬有按原子之化合比而互相化合者,謂之金屬交互化合物 (inter-metallic compounds), 其結構純一,惟性質與所含之金屬,有特別不同處,今舉若干種如下表:

第一表 公式已經確定者

Ag ₃ Al, Ag ₂ Al	FeZn ₃
Ag ₃ Hg ₄	Hg ₄ Na, Hg ₂ Na, HgNa ₃
Ag ₂ Pt	MgZn ₂
Ag ₃ Sn	Ni ₃ Sn ₂
Al ₂ Cu, AlCu, AlCu ₃	NiZn ₃
Au ₂ Pb, AuPb ₂	PbPt
Bi ₃ Ni, BiNi	Pt ₃ Sn, PtSn, Pt ₂ Sn ₃
CdSn ₄	SbZn, Sb ₂ Zn ₃
Cu ₄ Sn, Cu ₃ Sn	CdHgK
Cu ₂ Zn, CuZn, Cu ₂ Zn ₃	Hg ₂ KNa
FeNi ₂	

第二表 公式尚未能確定者

Ag-Cd	Ca-Sb	Cu-Hg	Na-Zn
Al-Hg	Cd Co		
Al-Mn	Cd-K	Fe-Mo	Sb Sn
Al-Pt	Cd-Ni	Fe-Sn	
	Co-Cr		
Bi-Ca	Cr-Fe	K-Na	
Bi-Cu	Cr-Si	K-Zn	

(4) 金屬與非金屬所成之化合物 亦為合金之一,名目繁多,而以碳化鐵 (Fe_3C) 為最著,碳素鋼之多數有用性質,視其分量及所處之情形以為差,磷及硅亦構成重要化合物,下所列者,皆最重要而又最平常之物也:

Co_2Si	Cu_3P	Fe_3C	Mg_2Si	Ni_3P	NiSi
Co_3Si_2	Cu_3Si	FeO	Mn_2Si	Ni_5P_2	Ni_2Si_3
CoSi	Cu_2O	Fe_2P	MnSi	Ni_2P	
CoSi_2		Fe_3P	Mn_5P_2	Ni_3Si	Sn_3P_2
CoSi_3		Fe_2Si		Ni_2Si	
		FeSi		Ni_3Si_2	

(5) 善熔合金之混合物 善熔合金凝固之後,其構成部分互相分離,惟仍處於微細接觸地位,是為善熔合金混合物,今列其重要性質如下:

(a) 熔點及凝點各僅有一個。

(b) 熔點及凝點低於其構成物之平均數。

(c) 其成分不變,然不必合於原子之簡單化相比,又不與各金屬最初之混合量有關。

(d) 含兩種或兩種以上不互相化合之金屬或兩種固體溶液。

(e) 有時構成於合金全凝之後,例如碳素鋼中之珍珠石(pearlite),構成於鋼之凝固以後是也。

(f) 有時含兩種善熔合金,其一當凝固時構成,其一於凝固後構成。

(6) 化合物溶於過量金屬中所成之固體溶液
金屬與金屬或非金屬所成之化合物,為合金構成物之一,既述於上矣。此等化合物再與過量之金屬互相溶解,構成固體溶液,亦為合金中所常見。惟此種化合物有能與過量金屬互相完全溶解者,鎂鎳合金族是也;有不能互相完全溶解者,銅銻合金族是也。

(7) 同素異性物 金屬有於不同之熱度,顯出不同之形狀性質者,是為同素異性體。由此等金屬構成之合金,亦具此種現象,不過因其雜有他金屬,其改變不能如單純時之顯明耳。金屬化合物具此種同素異性體者亦有之,今以鐵為例,奧司蒙氏曰,鐵有硬軟兩種,其分子中原子之排列,各不相同。當紅熱時,鐵體雖軟,而分子則

硬,是名 β 鐵(β -iron).將此紅熱之純鐵退冷,不論其為緩為急,其結果必變軟,是名 α 鐵(α -iron).若鐵中含碳,而退冷又甚速,則一部分之分子,仍保其在紅熱時之硬度,故其結果成硬鋼。

第十篇

鐵生鐵

201. 純鐵之性質

純鐵最難提煉,質軟,色灰白,有展性,熔點甚高,遇磁石易受磁性,然不能留存,露於含碳酸氣之濕空氣中,易於生鏽,能溶於多種酸類中,無他種氧化物存在,則變為亞鐵鹽,其色灰綠;有他種氧化物存在,則變為鐵鹽,其色黃,此外又易與硫,磷,砷等化合,在高熱時,又能與硅碳化合,變成生鐵,其安定之氧化物有二種,一為紅色三氧化二鐵(Fe_2O_3),一為黑色四氧化三鐵(Fe_3O_4),此二物若和炭,輕氣,或他還原劑燒之,則氧被奪去而鐵殘存,形若海棉,熱度增高,即熔結成塊。

202. 鐵之種類

市上出售之鐵,約分四種,煉法各異,其物理的及化學的性質復不相同,因其所含碳素有多寡也。

(1) 生鐵(Pig Iron) 含碳素 1.5% 以上及他雜

質不少。

(2) 熟鐵(Wrought Iron) 含碳素0.25%以下,雜質極少,又因其未曾熔解,故內混有熔渣及氧化鐵。

(3) 生鋼(Steel) 含碳素0.5-2.2%,常無他種雜質,有已熔解及未曾熔解之分。

(4) 熟鋼(Mild Steel) 含碳素0.5%以下,雜質極少,既經熔解,故不混有熔渣氧化鐵等物。

以上四種,可逕由礦砂煉成,亦可以互相改造,但常法先煉礦砂為生鐵,再由生鐵轉製熟鐵,熟鋼,茲將生鐵煉法先述於下。

203. 生鐵中之碳素

生鐵為極不純之鐵,所含之雜質常多至8%,碳素2-4.6%,通常約3-4%。其狀態有二:(a)石墨狀(graphitic),即成碎片石墨,混合於鐵中也,溶生鐵於酸類,則鐵溶解而碳素獨存。(b)化合狀(combined),即碳素與鐵化合成 Fe_3C ,而漫佈於其餘之鐵中也。

204. 生鐵之種類

取各法所煉之生鐵,折斷而驗其斷面之顏色結構,因其異同,而得類別之為六級第一級至第四級為灰鐵(gray iron),第五級為斑鐵(mottled iron),第六級為白

鐵 (white iron).

第一級生鐵 (No. 1 foundry pig) 色深灰或黑, 斷面現結晶形, 所含之碳素多為碎片石墨, 瞭然可見, 入爐熔之, 稀動如水, 傾瀉入模, 無孔不入, 當傾注時, 無火光亦無火星, 冷後面結厚皮 (scum or kish), 密度低而韌性弱, 含硅 2% 以上, 又含硫少許。

第二級生鐵 (No. 2 foundry pig) 結構較第一級者為密, 密度硬度亦高, 由爐瀉出時, 略有火光, 冷後表面結皮較少, 為鐵廠所常用, 苟欲其熔解更易, 可參入第一級生鐵助之。

第三級生鐵 (No. 3 foundry pig) 結構更密, 質更硬, 所含之石墨狀碳素甚小, 幾不可辨識, 熔點較前二者為高, 傾注時噴發火星, 冷後表面結皮甚少, 鑄重大機器用之。

第四級生鐵 (No. 4 foundry pig) 組織較前三者尤密, 硬度密度尤高, 用以鑄極粗笨之機器最宜。

白鐵色灰白, 質硬不易雕銼, 磨之, 面光滑如鏡, 所含碳素多屬化合狀, 如石墨狀者極少, 含硅亦微, 惟硫甚多, 性易熔而不十分稀動, 故不宜於鼓鑄, 傾注時噴發火星甚明。

斑鐵為白鐵灰鐵所合成, 兩者相間成紋, 故名。

205. 生鐵之成分

生鐵分六級,既如前說明之矣,然欲就各級生鐵,而加以成分上之區別,其事甚難,因第一級生鐵含化合狀碳素極少,屬石墨狀者甚多,至白鐵中之碳素又多屬化合狀,而屬石墨狀者復極少,此碳素變形,與成分上無關係也,茲將各級生鐵中兩種碳素之多寡比較之如下:

	第一級生鐵	第二級生鐵	第三級生鐵	第四級生鐵	斑鐵	白鐵
石墨狀碳素	3.30	3.43	2.57	3.36	3.02	0.87
化合狀碳素	0.20	0.56	1.17	0.65	1.43	2.46
硅	3.50	2.15	1.76	1.79	0.92	1.12
磷	0.98	0.36	0.038	1.80	0.04	0.91
硫	0.02	極微	0.016	0.10	0.04	0.25
錳	1.58	—	1.13	0.56	2.02	2.72

206. 別種生鐵

(1) 柏塞麥生鐵 (Bessemer or hematite pig) 由赤鐵礦或不含磷之鐵礦砂煉成,常屬於第一第二兩級,含硫磷絕少,惟硅甚多。(2) 鹽基性生鐵 (basic pig) 為鹽基性柏塞麥法造鋼之用,含硅須在 1% 以下,故其色常白,磷約 2-3%。(3) 熟鐵渣生鐵 (cinder pig) 由煉鐵爐鐵渣及其類似之物煉出,含磷甚多,體常多氣孔,此外生鐵之種類甚夥,或以地名,或以煉廠名,鋼鐵書中詳載之。

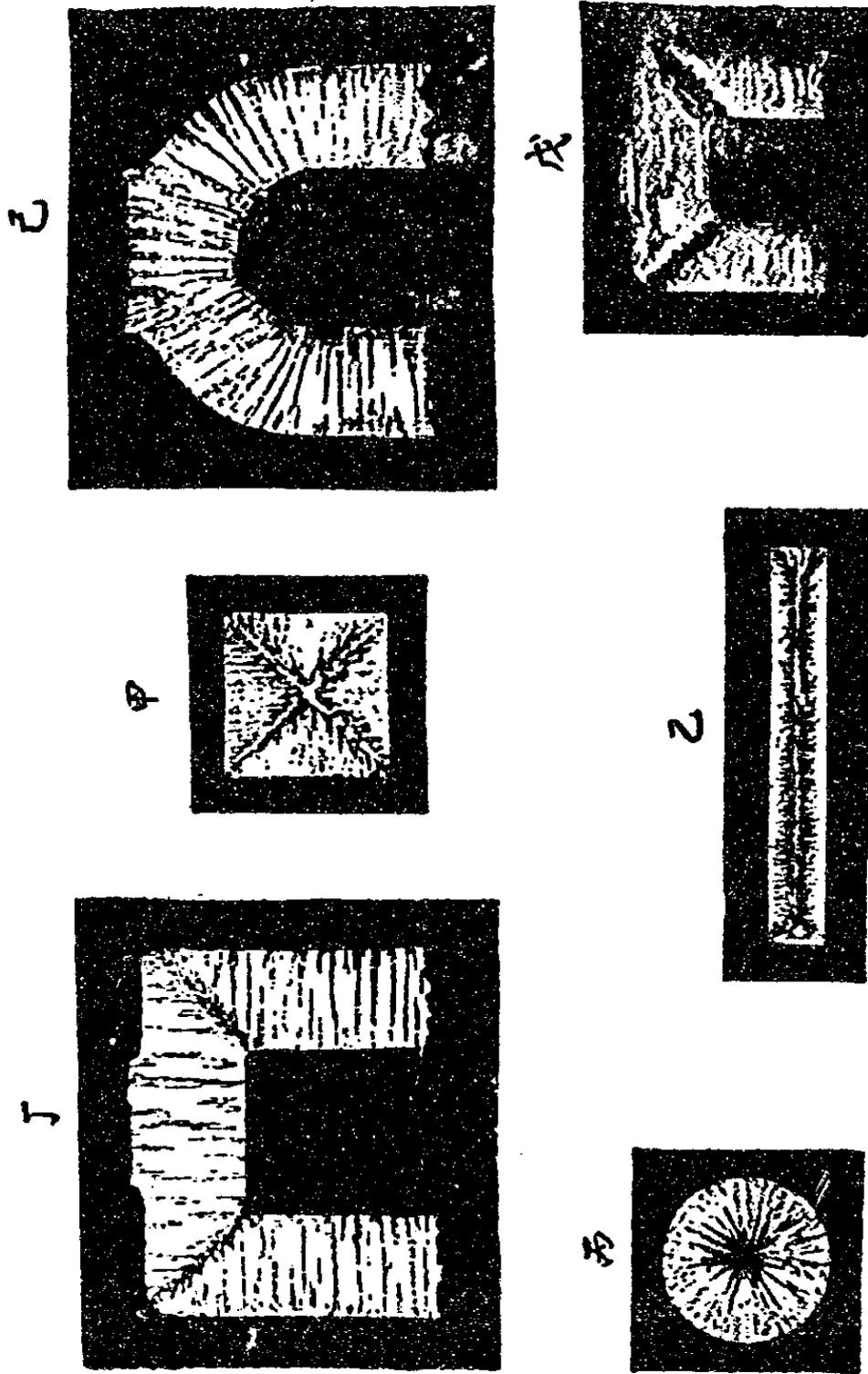
207. 變級 (Change of Grade).

生鐵之屬於此級者,可設法變為他級,如含硅不多之灰鐵,熔後猝冷之,則碳素不能由化合狀轉為石墨狀,而成白鐵,若冷後復久燒之,至熱度近於熔點,則仍返為灰鐵,利用此理,故鼓鑄時,熔灰鐵於爐,至熱度高達熔點之上,傾入鐵模而速冷之,所成之器,質密而硬,若是者謂之冷鑄(chill casting).

208. 結晶對於鑄造物之影響

金屬熔汁冷則結晶,其進行常與退冷面成直角,換言之,即結晶顆之主軸,與鑄造物之面成直角也,今有四方形鐵條,若各方之退冷均等,其結晶之趨向亦必等,彼此相遇之處,界限渾沌不明,力亦較他處為弱,是謂弱線(lines of weakness),如第53圖中之甲是也,長鐵條之弱線在中央,例如乙,圓鐵條冷後全體無弱線,例如丙,至方鐵筒之弱線常在四角,圖中之丁與戊,即昔日英國建橋所用之水力機之筒也,其破裂之處,即其弱線所在之處,厥後改用圓筒,力量加大,是即圖中之己,又結晶不甚顯著之金屬,苟加以振撞,超過某點,其分子每易其原來之位置,力量亦因之而生變更。

209. 生鐵中雜質之影響



第 58 圖 鑄造物之結晶

(1) 硅常存於鐵中，關係極大，生鐵吸收硅之多寡，視所處地位而為差。含硅 10% 者，鐵質甚脆，斷面狀如玻璃，謂之加釉生鐵 (glazed pig)。若硅少至 3% 以下，反於鐵有益，如含 1.8% 者張強極大，含 2.5% 者質較軟而易製作是也。按硅之於鐵，能使鐵中之碳，易成石墨狀。硅素多，鐵中之石墨狀碳素亦多，而鐵色灰。硅素少，石墨狀之碳素亦少，而鐵色白。煉鐵者故常加硅鐵 (silicon-iron) 少許於白鐵，而得灰鐵；去灰鐵中之硅素，而生白鐵焉。(2) 磷亦常存於鐵中，常用之蘇格蘭生鐵，含磷多至 1%，入爐易熔，鑄廠用之，然過此則性脆，凡製柏塞麥或西門子鋼之生鐵，含磷不得過 0.06%。(3) 硫在灰鐵中常不及 0.05%，然在白鐵中竟有達 0.25% 以上者，說者謂白鐵之白，即由於此。鑄廠中所用之生鐵，含硫不得過 0.1%。(4) 錳及他雜質，亦常見於生鐵中，影響不

210. 生鐵合金 (Alloys of Pig Iron)

生鐵與他金屬所成之合金，種類甚多，用途亦廣，茲擇其尤要者列之。(1) 鏡鐵 (spiegel eisen) 為鐵與錳之合金，含錳 20-35%，色黃，斷面呈結晶狀，顆大而亮，故名。(2) 鐵錳 (ferro-manganese) 亦為鐵與錳之合金，色黃質脆，斷面作顆粒狀，甚緻密，含錳多者至 80%，碳素至 7%，硅

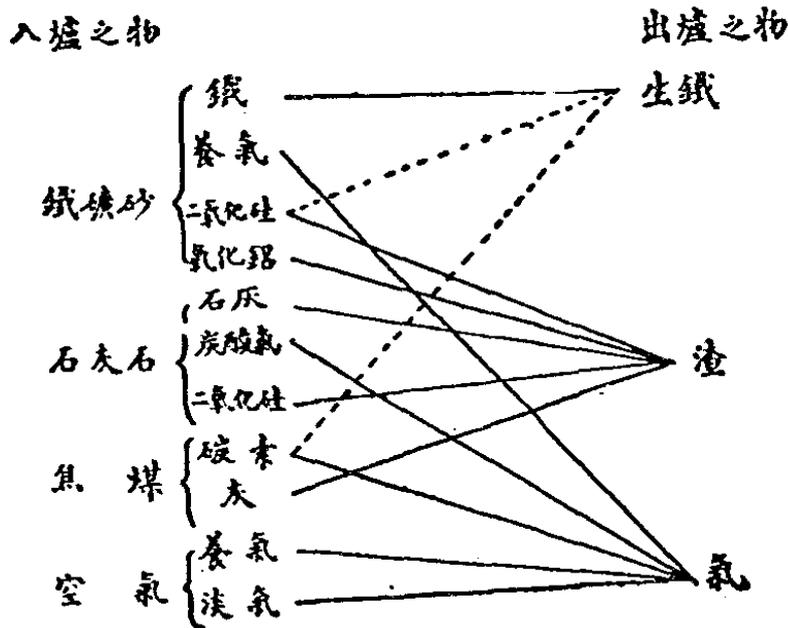
素亦多。(3) 硅鐵或鐵硅 (silicon-eisen or ferro-silicon) 含硅多至 15%，色白質硬。(4) 硅鑄鐵及硅鐵錳為硅錳及生鐵所成之合金。(5) 鐵鉻 (ferro-chrome) 為含鉻甚多之生鐵。

211. 煉生鐵所用之物料

鐵礦砂除氧化鐵外，餘均須入甄窯焙之，所以排去其揮發質，令空氣氧化而疏鬆之，如此則入爐方易於提煉，煉時加石灰石為助熔劑，此物含硅素或化石 (fossils) 者不可用，因化石中有磷，害及鐵也，但煉鹽基性生鐵，不在此例，有將其煨成石灰而後用者，似亦無甚益處，燃料以焦煤為佳，取其硬而密者用之，若此不可得，則改用生煤，空氣由鼓風機關送入。

212. 煉爐之佈置

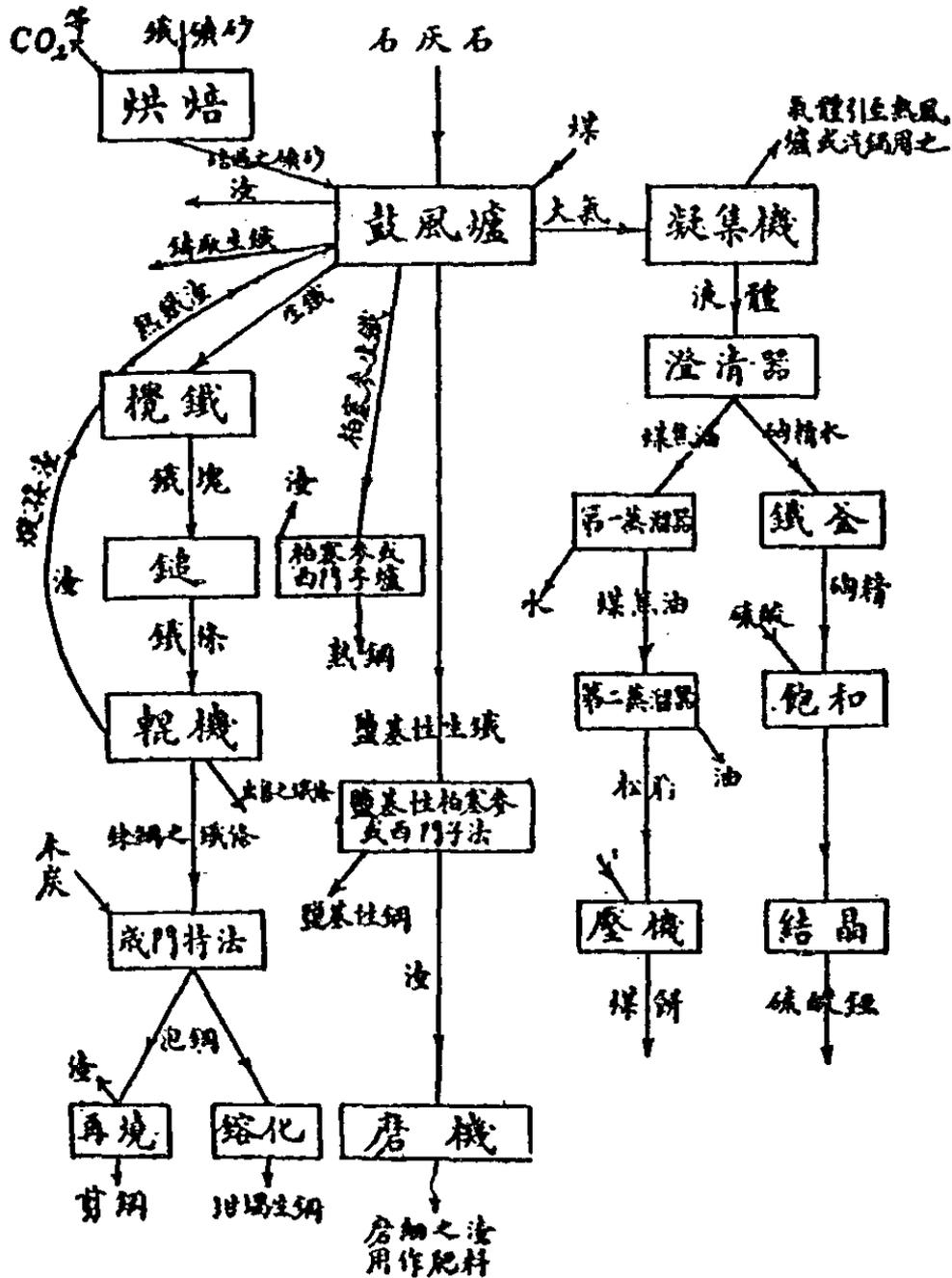
近日煉鐵多用罩頂之鼓風爐，火氣由爐頂之旁引出，可為發生蒸汽之用，空氣龍頭之多寡，視爐之大小以為差，少者三五枚，多者十餘枚，兩兩排列，然不若分佈爐之四圍之為愈也，空氣先熱於循環爐而後送入，其壓力之大小，視燃料，礦砂，及爐之容積而異，例如用生煤，其壓力有時大至 9 磅，用焦煤約 3.5 磅，用木炭則竟低至 1 磅也。



213. 鼓風爐中之變化

用鼓風爐煉生鐵，變化甚簡，茲略言之。(1)空氣入爐與熾紅之焦煤化合，發生一氧化碳： $C + O = CO$ 。其附生之碳酸氣，亦行分解，生一氧化碳： $CO_2 + C = 2CO$ 。至空氣中之濕氣，則遇熱分解，發生少許輕氣，三者併合上昇，熱度極高，與近於爐頂之鐵礦砂互相變化，而生海棉狀之鐵： $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe + 3CO_2$ 。若煉爐甚高，礦砂下入陷甚遲，則砂陷10呎之時，已全體為一氧化碳所分解，其有未經變化者，與下方燃料中之碳素相化合，亦即起分解： $Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$ 。然藉碳素而析鐵，不若利用一氧化碳之節費也。(2)和入之石灰石遇熱分解，成石灰

鑄鍊鋼鐵之次序



及碳酸氣： $CaCO_3 = CaO + CO_2$ 。後者與碳素化合，變為一氧化碳，分解礦砂，至石灰則與二氧化硅三氧化二鋁等

化合,是爲熔渣。(3)物料中大部分之磷,小部分之硫及硅亦行還原,與少許碳素併入鐵中,使成生鐵,熔解爲液,餘者散入熔渣。(4)物料中之鹼性物,與煤中碳素及空氣中氮氣化合成腈化物: $K_2CO_3 + 4C + 2N = 2KCN + 3CO$, 隨火氣上昇,未至爐頂,即凝結墮落,遇熱而再揮發焉。

214. 熔渣

熔渣爲煤灰,助熔劑,及礦砂中廢物所成,大部分爲硅酸鋁鈣,間有雜入氧化錳及氧化鎂者。用焦煤煉鐵,常生一硅酸鹽,分子式近於 $3(2CaO \cdot SiO_2) + 2Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$; 用木炭常生二硅酸鹽。由渣滓之性質,可以察提煉得法與否。苟渣滓之成分不定,則提煉必不合法。例如渣滓色黑易熔,可以知熱度之過低或石灰之過少;渣滓色藍者,其中含錳;色黃者,含硫化錳;狀如石者,知石灰之過多;如蛋白石狀者,知三氧化二鋁之過多。凡此皆提煉不得法之朕兆也,煉鐵者乃得籌補救之策矣。

215. 熔渣之用途

熔渣可爲鋪路及墊鐵道之用。或熔解成甌,以供建築,色美者可作裝飾品。鹽基性者可製水泥。又有用蒸汽或空氣噴入放射之熔渣,使疏鬆成棉花狀以之包裹金屬管防熱之外散者。

216. 灰塵(Dust)

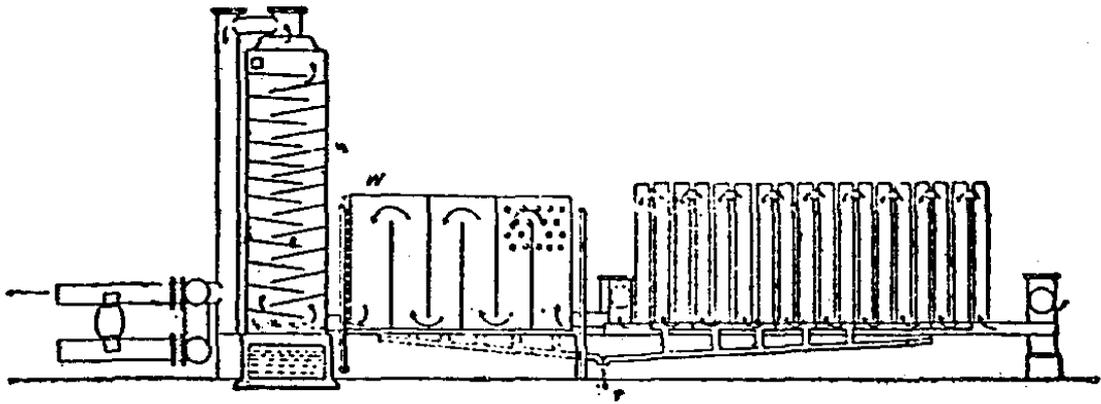
煤灰多隨火氣走入煙道或灰箱中,用處全無。

217. 火氣

火氣爲淡氣,一氧化碳氣,碳酸氣,蒸汽,及少許輕氣併合所成;若用生煤,則更含煤氣,煤焦油質,及矽精。用管引出,凝結其蒸汽,然後用以熱風,熱汽鍋,因中含炭酐,故熱力不高,參看第三篇氣體燃料成分表,可以知之。提煉得法時,此物之體積約等於一氧化碳之半,若不及此,則爲空費燃料之兆。

218. 煤焦油及矽精之凝集法

用生煤煉鐵,煤中所含之煤焦油質及矽精,甚有價值,須引入凝集機取之。機分三部:(1)空氣凝集室(atmospheric condenser),內置鐵管二百,徑 2.5 呎,高 40 呎,分列 20 行,每行 10 管,管之上端用短橫管連結之,下部立於水箱之內,其中亦裝間壁。火氣須通過 20 管,然後方達於冷水凝集室中。計火氣初入時,熱度約 350° F., 至出時已低至 120° F. 矣。其中所凝集之煤焦油不多。(2)水凝集室(water condenser),以鐵板造成,高 40 呎,長亦如之,寬半之。裝鐵壁間作小房,或空其上,或空其下,所以使火氣由此房轉入他房,以漸而至於水淋塔也。房中橫安鐵管,數



第 54 圖 凝 集 機

- | | | | |
|---|----------|---|-----|
| F | 火氣入凝集機之口 | S | 水淋塔 |
| A | 空氣凝集室 | B | 汽鍋 |
| W | 水凝集室 | | |

約 2000 枚,徑約 3 吋,彼此用彎管相聯,使成迴環往復之狀,冷水由管之一端灌入,由他端流出,以冷卻房中之氣,自 120°F . 降至 80°F . 所凝集之煤焦油,較空氣室為多。(3) 水淋塔 (scrubber), 其形正方,每邊寬 25 呎,高 80 呎,其中置穿孔之橫板若干,層疊而上,板勢略斜,其低沿不抵塔壁,所以通氣路也.火氣上昇時,水下如注,衝洗煤焦油,礶精而下,放瀉入大桶中,任其自行分析,油居下,而礶精液居上,居上者唧入鐵釜內,加少許石灰煮之,如有銻鹽存在,即為石灰所分解,將揮發之礶精,通入硫酸,令成飽和溶液,嗣用蒸汽蒸乾,即得硫酸銻之晶類,約煤 1 噸,可得此物 25 磅之譜.至桶底之油,其性質與煤氣廠所得者不同,因在低溫度凝得之也,送入蒸溜器熱之,先驅去其水,

然後實行蒸溜而凝集之，可爲點燈及搽機器之用。其渣名柏脂，和碎煤緊壓成餅，用作燃料。計每噸煤可取無水煤焦油16加倫。統觀凝集機之各部，其構造頗精；惟火氣入機，遇層層阻力，故須另裝魯特吹機以吸引力助其前行。惟此機於進砂時，常將空氣引入煉爐氣道之內，致火氣中可燃物之成分減低，故宜先將吹機開緩而後進砂也。

219. 鼓風爐之形式及大小

新式鼓風爐與舊式者不同，腹徑自16呎至25呎以上，高自60呎至100呎以上，大約爐高常等於爐徑之3.5倍。當礦砂上面處之徑，爲爐腹之徑之三分之二，煉坑之徑則爲三分之一。爐腹上寬下狹，其形如杯，壁之傾斜約75°。空氣龍頭分列其四圍，彼此相間甚勻，其中有一枚正當出鐵孔之上，空氣先熱於循環爐而後用之。茲將建爐應注意之點，略舉於下：

(1) 爐之高須按燃料及礦砂之堅硬與否定之。用硬焦煤者，爐可達80呎以上。用生煤者，最高不得逾60呎。不然，則居上之燃料礦砂，將最下者壓碎，提煉決不能得法。

(2) 爐之高與風路有關，苟所用之礦砂燃料，成整

塊而質疏鬆，爐不妨高，否則宜矮。

(3) 爐高與礦砂之疏密及其下陷之遲速有關，蓋鐵礦還原，全賴一氧化碳，若煉爐高矮合度，則火氣與礦砂相接觸之時間久暫得宜，全體為一氧化碳所分解，不須與固體碳素化合，可以節煤，而火氣出爐熱度又不在600° F. 以上，熱之保存者甚多，由此觀之，礦砂愈密，下陷愈速，煉爐乃可愈高。

(4) 煉坑不可過大，以免風力不能透入中央。

(5) 燃料及礦砂入爐，不可令大塊者落向爐側，否則火氣穿爐邊鬆處上昇，中央之礦砂受熱甚少，難於變化。

220. 礦砂與燃料之配合

鐵質與礦砂燃料兩物之配合有關，大約礦砂愈少，空氣愈熱，則爐內之熱度愈高，煉成之生鐵色愈灰黑，渣中之硅素愈多，推此理而煉鐵錳及硅鐵諸合金焉。反之礦砂多而燃料少，所用之空氣復冷，則煉成者必為不含硅之白鐵，而渣滓又必為鹽基性硅酸鹽。

221. 熱風之利益

用熱空氣以助燃，其利不可勝數也。蓋用冷空氣，吸收爐火之熱較多，此被吸之熱量，須另添燃料補之，燃料

多,鼓入之空氣亦必多,而火氣之流動因之加速,其中之一氧化碳與礦砂接觸之時間減少,不得盡其還原之功。且火氣出爐,熱度過高,損失之熱復太巨,如用熱空氣,則以上各弊均能免除,且熔融層(zone of fusion)之熱度特別加增,提煉自能得法,蓋不僅燃料爲之節省甚多已也。

222. 冷爐生火(Blowing in)

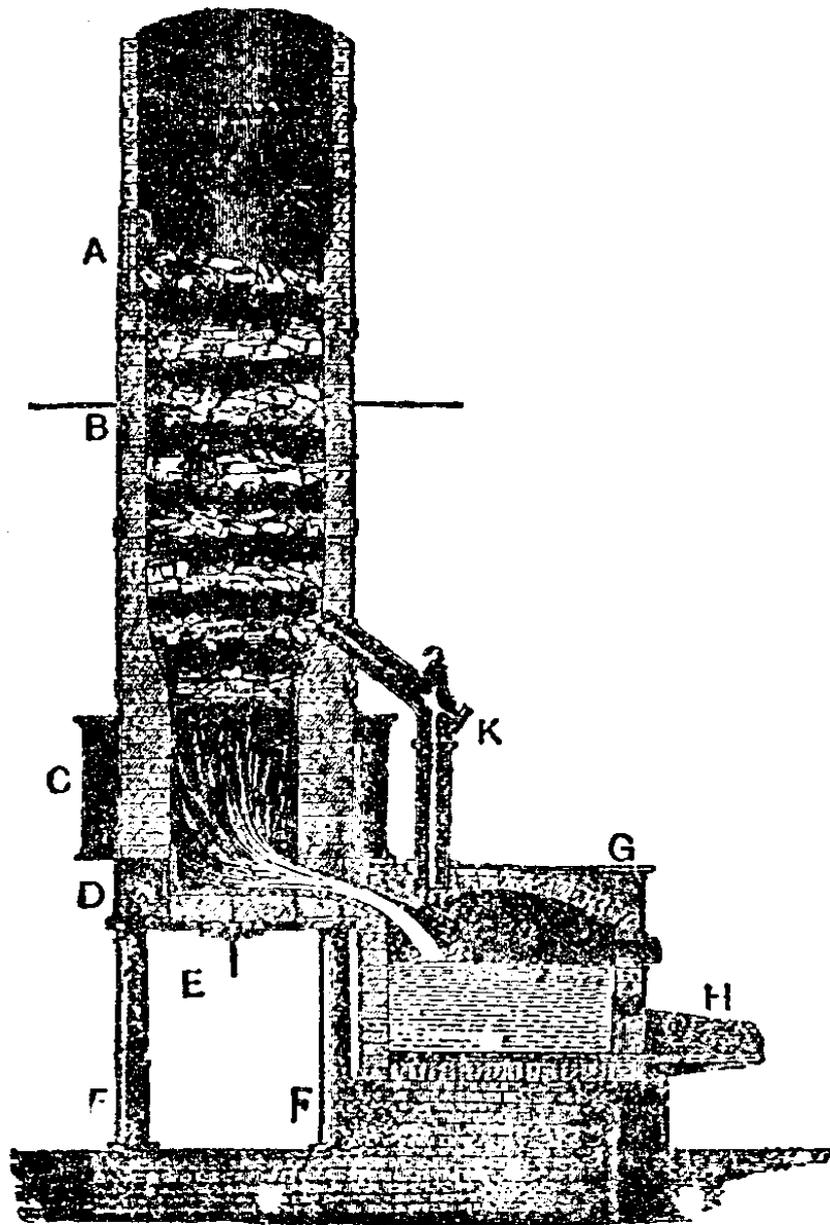
冷爐生火,須漸而行之,以免甌壁坼裂。法先投燃料少許入爐,用火引燃,徐加燃料,而燃料及礦砂次之。火勢既熾,然後鼓風,礦砂煉成,不可猝然熄火(blowing out),亦宜行之以漸。

223. 鑄造廠(Foundry)

生鐵大半爲鑄造廠鑄物之用,最常用者爲第一級,次則第二級,再次則第三四級,視所鑄物之大小及匠人之意而爲之,亦有混合數級生鐵而用之者,說者謂依此鼓鑄,其結果尤佳云。

224. 熔鐵爐(Steward's Rapid Cupola)

此爲小鼓風爐,鑄造廠用以熔鐵者,外包鐵甲,內胎耐火之沙,厚約9吋,外徑4呎,內徑(當熔鐵處)1呎10吋,入鐵門離地19.5呎,每小時能熔鐵5噸,用吹機鼓風,熔鐵



第 55 圖 熔 鐵 爐

- | | |
|--|--|
| <p>A 入鐵門</p> <p>B 入鐵壑</p> <p>C 空氣房, 其中有空氣龍頭, 橫穿入爐。</p> <p>E 活底</p> <p>E, F 爐底之柱</p> <p>H 出鐵孔</p> | <p>D 稀弄時出入之門</p> <p>G 集鐵坑</p> <p>K 內面貼有火星石之熱氣管, 與爐腹及集鐵坑相通, 所以將竄入集鐵坑中之火氣 引還至熔爐內者。</p> |
|--|--|

之法,先用木柴生火,嗣添焦煤,隨即鼓風,火勢既熾,再送入焦煤,生鐵,及少許石灰,焦煤之重,約等於生鐵四分之一,熔解後瀉入爐前之集鐵坑 (fore-hearth) 中,轉注入模。

225. 模

模以工業中之所謂沙者爲之,此沙非純淨之沙,內常含三氧化二鋁及他種膠黏物料少許,用時和入重 $\frac{1}{15}$ 至 $\frac{1}{8}$ 之煤灰,和後即用者名曰濕沙 (green sand), 乾之而後用者名曰乾沙 (dry sand), 鼓鑄時,將定鑄之器,用木仿造,由是用沙造成陰模,注鐵其中,冷則凝固,去其稜角,刮垢磨光即得,所謂混沙黏土造模法 (loam moulding) 者,定鑄之器,不須用木仿造,法將混砂黏土和水,使具可塑性,造成陰模,用手或機械修飾是也,以上二法,前者用以鑄精細器具,後者用以鑄粗笨器具。

第十一篇

熟 鐵

226. 熟鐵 (Malleable or Wrought Iron)

熟鐵爲人類最先認識之鐵,市中所售各種之鐵,以此爲最純,含碳不過 0.2%,他雜質甚少,故鐵之成分,常占 99.7%. 比重自 7.3 至 7.9,質軟色灰,燒紅猝入水中冷之,並不加硬,易賦磁性,而不能保存,其斷面作結晶狀,或作鱗狀,經輓筒輓壓者,具纖維狀結構,蓋輓壓伸長之結果也,在乾空氣中,不生變化,苟雜入濕氣及炭酸氣,則表面生銹,平常爐火不能熔之,僅能變軟,燒紅時觸空氣,面結黑色之皮,謂之鎚鱗(hammer scale),成分近於 Fe_3O_4 ,燒於養氣中,表面之氧化鐵浸入體內,其質轉脆,不可製作,不能煅接,謂之燒焦,若混合碳素燒之,則碳素逐漸吸入,先化爲鋼,繼變生鐵,此外又易溶於稀酸中,然硝酸過濃者反不能侵蝕之,大約面生黑色氧化鐵,護其內部故耳。

227. 熟鐵之短處

平常溫度時質脆不可製作者，謂之冷短(cold short)，其原起於含磷，或過量之硅素等，燒紅時不能製作或煅接者，謂之熱短(hot or red short)，其原起於含硫，0.03%之硫，即足發生此害。熟鐵有僅有一短處者，有二短俱備者。

228. 熟鐵之張強

熟鐵常用以任重，故張強一層，最不可忽。取長 8 吋之條，用試機試之，其張強自 17 噸至 26 噸。引之使斷，增長 25%，減小(鐵條之斷面) 20-50%。曾經輓筒輓壓者，鐵中紋理如纖維，順引之其力強，橫引之其力弱。

229. 熟鐵之製法

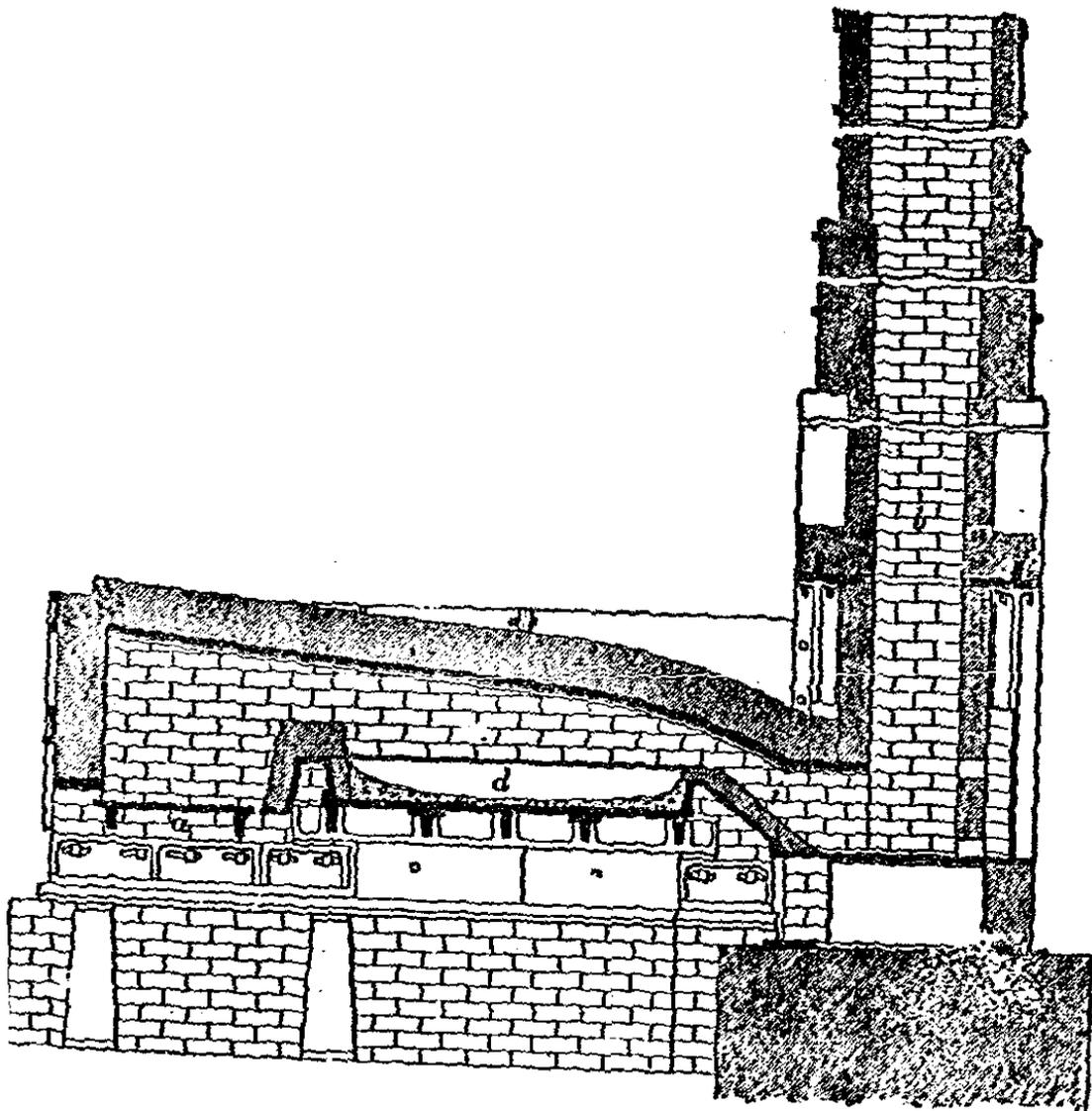
由礦砂製熟鐵，其法最古，近則常由生鐵改造成之。試觀生鐵與熟鐵之異點，全在雜質之多寡，則由生鐵改造熟鐵，不過稍加提煉，減少雜質而已。

生熟鐵中雜質之成分

	生 鐵	熟 鐵
碳	3.5	0.20
硅	2.0	0.10
磷	0.5	0.04
硫	0.2	0.02
錳	2.0	極微

230 煉鐵 (Puddling)

煉生鐵爲熟鐵,其法爲亨利科特氏(Henry Cort)所發明,近稍加改良,甚爲通用.所用之小反餞爐,形如第56圖,煙道甚高,所以便空氣之流通也,旁有一門,可以照料



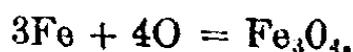
第 56 圖 煉 鐵 爐

a 火坑 b 煙突 c 煉坑 d 氣道

一切煉坑較火坑為小，係鐵板所造成，其排列之法，能令空氣流通其下，未煉之先，鋪赤鐵礦，熟鐵渣，或錳鱗於煉坑之底，厚約 2 吋，恰燒輟時，再加赤鐵礦，磁鐵礦，錳鐵礦，焦砂，錳鱗，及焙過之熟鐵渣等於其上，是為煉坑之工作底 (working bottom)。爐火既熾，乃將生鐵注入，閉門熔解，旋即降風門，減低熱度，啓爐門任空氣入爐藉其氧化之力，發生渣滓，匠人頻以長桿按入鐵中，或更加錳鱗煅接渣等，輔助氧化之勢，始則鐵汁安靜如水，繼則一氧化碳由鐵中湧出，著藍火燄，鐵汁洶湧如沸 (pig boiling)，渣亦隨之，有溢出爐門之外者，用模承之，至氣體減少，鐵復平靜而變稠，此時須竭力增高熱度，令鐵面之渣熔解如水，仍時時按之入鐵，鐵漸凝結，功候告成，形若海棉，內雜渣滓，質軟而不密，匠人攪之成大小適當之球，鉗出，用大錘擊之，使成緻密之塊。

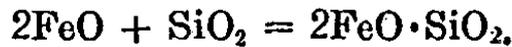
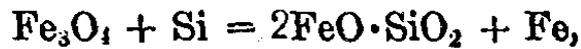
231. 變化之理

煉生鐵成熟鐵，其變化可分四級：(1) 熔解，(2) 氧化使生渣滓，(3) 沸騰，(4) 成球。當熔解時，爐中氧化之力甚猛，氧化鐵生焉，至第二級，繼續氧化而黑色氧化鐵發生：



與他種氧化鐵相混，攪和入鐵，則鐵汁中之硅與之化合

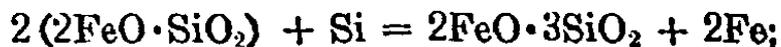
成硅酸鐵:



熔解上昇,是爲熔渣.迨硅素全行化盡,黑色氧化鐵遂轉與鐵汁中碳素化合,發生一氧化碳(說者謂硅素未化盡時,黑色氧化鐵亦與碳素化合):



由鐵中湧出,此鐵汁沸騰之原因也.第二級所生之硅酸鐵渣,亦能吸取更多硅素,而析出單質之鐵;又能與碳素化合,發生一氧化碳:



仍不害其可熔之性,不過所含之硅素加多耳.此法煉鐵,能全行化去者,硅素也;其次則錳;再次則碳素,存者僅0.1%;再次則磷,化去者五分之四;其最難化去,大半仍存於熟鐵內者,厥爲硫.

爐中之渣滓,質宜易熔,故火燄之氧化性不可太強,否則發生過多之三氧化二鐵混入熔渣,使之難熔,或混入熟鐵,不能壓出,令其性脆.然則所用之生鐵,含硅不可過少者,亦正以此耳.但嚮使硅素過多,則又不可.何也,蓋

此物尙未化盡,而熟鐵之功候已成(指碳素化盡言之),俟其化盡,而鐵又受非分之氧化,時間爲之延長,且所生之渣,亦因含二氧化硅太多,難於熔解也。

232. 煉法所用之生鐵

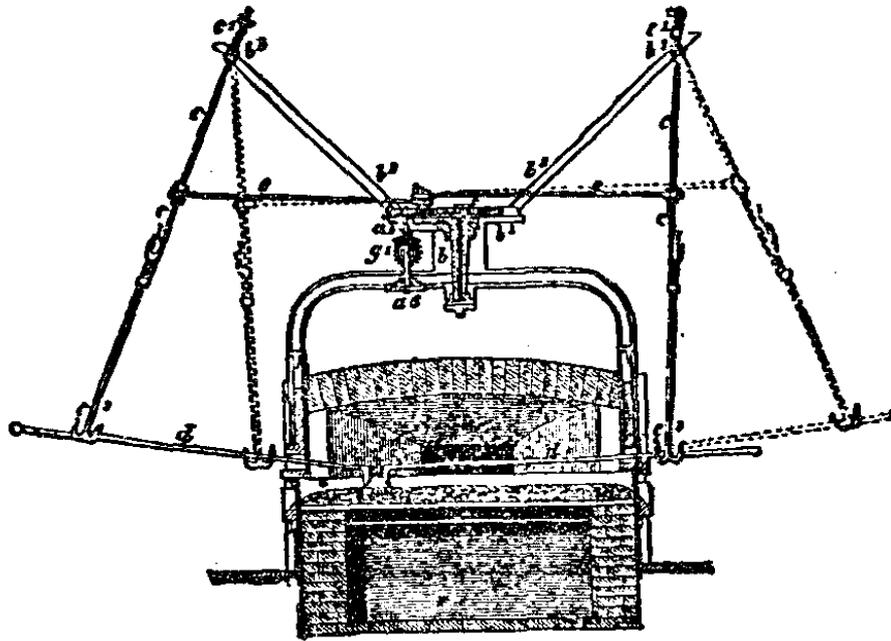
煉法所用之生鐵,色宜深灰,含碳素宜多,硫,錳,磷宜少,硅素至少須 1.5%。每次入爐之分量,少則 $\frac{3}{20}$ 噸,多則 $\frac{9}{40}$ 噸。12 小時間,約可出熟鐵 5-9 次,所耗之煤,以煉成熟鐵 1 噸計算,約 1.3 噸。熟鐵與生鐵相較,約少 7-15%。大抵生鐵中硅素愈多,提煉愈久,耗煤愈多,鐵之損失亦愈大焉。

233. 乾燥法(Dry Puddling)

科特氏之舊法,以沙底 (sand bottom) 代鐵板,所用之灰鐵,須先煉成白鐵,而後入爐,熔時質稠如膠,不甚流動,所得之熟鐵亦甚佳,其短處則在氧化鐵與二氧化硅易相化合,致鐵之損失甚大耳。此法名曰乾燥法。

234. 煉法之改良

以人力煉鐵,勞苦不可勝言,於是有假機械之力爲之者。機械煉鐵之法有二: (1) 人力旋轉煉鐵法,其機械須以人力輔助之者,攪桿由爐之兩旁運動之,如第 57 圖

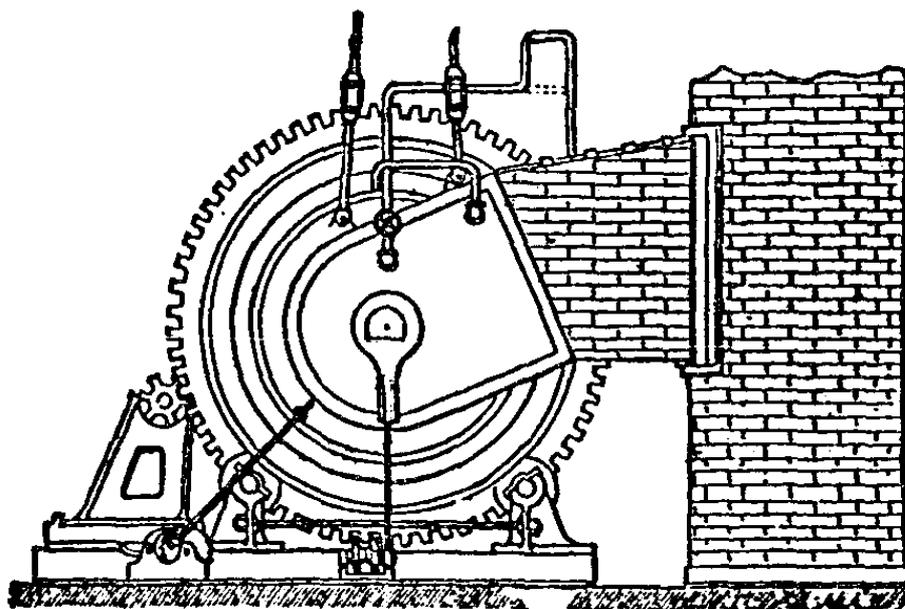
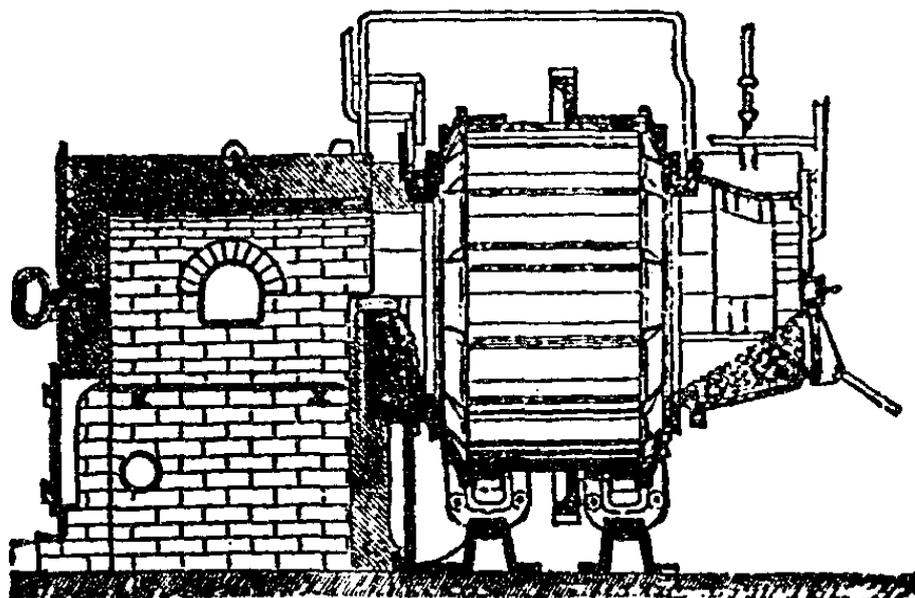


第 57 圖 機 械 煉 鐵

所示。(2) 機械旋轉煉爐,不假人力,更不需攪桿者。此為丹克司(Danks)所發明,爐為鐵圓鼓,支於摩擦輥(friction rollers)上,煉時以齒輪旋轉之。爐橋在鼓之一端,風從橋下及一行之空氣龍頭鼓入,他端則為活動煙道,煉畢時可以移開,俾煉成之熟鐵球易於取出。

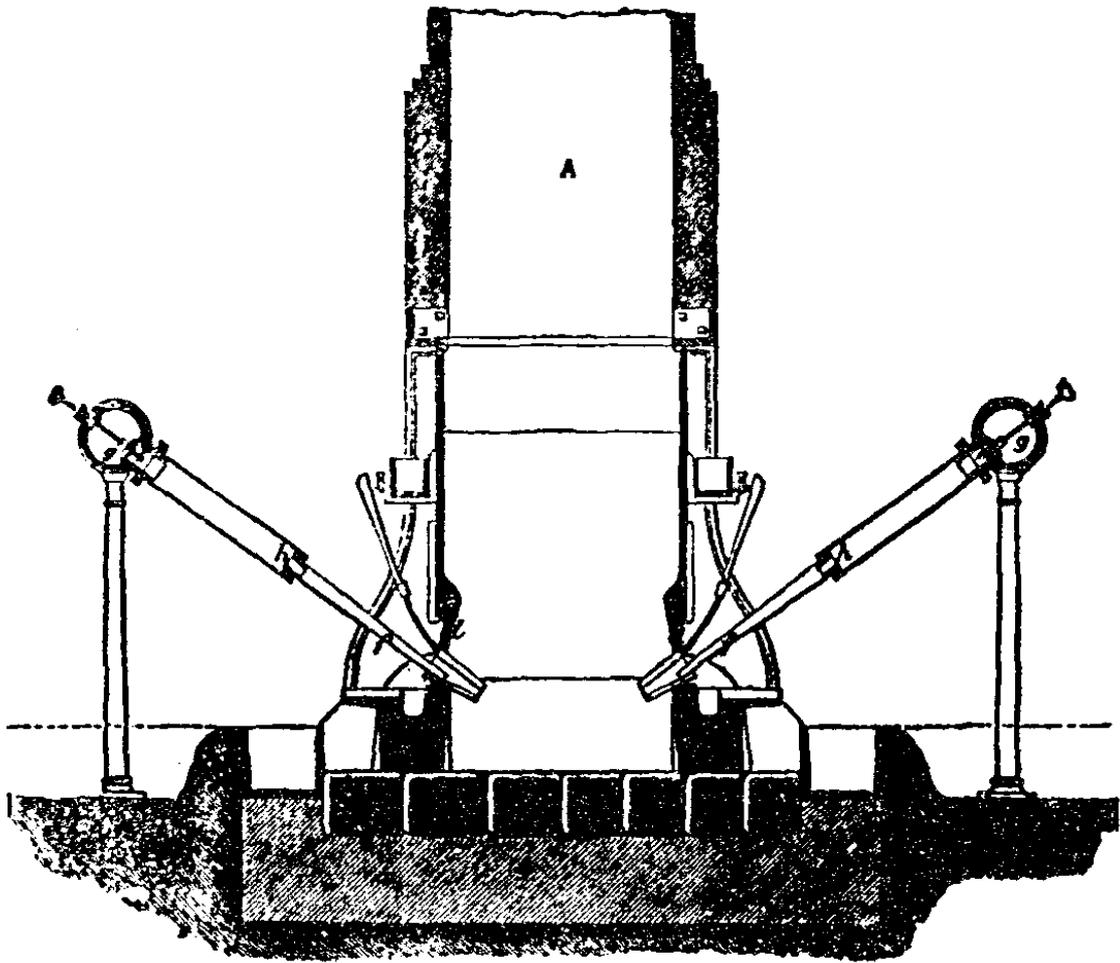
235. 白鐵爐(Refinery)

昔日煉鐵爐以沙作底,所用之灰鐵,須先煉成白鐵,而後入爐,至近日罕有行之者矣。煉白鐵之淺爐,為直角形,砌沙石作底,四周圍以灌水之生鐵箱,前有閘門,其外為沙牀,承受熔解之鐵,煙道居煉坑之上,有柱支之,柱間



第 58 及 59 圖 丹克司旋轉爐

之空處,用鐵板蔽之,空氣龍頭穿鐵板入爐,其數二枚或三枚,或置於一邊,或分置兩旁,均無不可,煉時先鋪沙石碎塊於煉坑內,上加焦煤,生火引燃,鼓入空氣,俟火勢熾



第 60 圖 白 鐵 爐

- | | |
|--------|--------|
| A 爐身 | f 空氣龍頭 |
| b 灌水鐵箱 | g 空氣樞紐 |

時,注入兩噸之灰鐵,約經二小時而熔解.再加焦煤,保存熱度.鼓風向下,穿焦煤而達於鐵,於是有氧化力之鹽基性渣滓生焉.此物將鐵中硅素幾全行化去,而一部分之碳素隨之.火候既熟,注鐵入沙牀中之模,噴水退冷,出模後方行鑄碎.綜計鐵之損失約 2-5%,視灰鐵中硅素之

多寡以爲差,每鐵1噸,需煤約 $\frac{1}{10}$ 噸。

236. 露火爐(Open Fires)煉熟鐵法

煉鐵法未發明之先,熟鐵多以露火爐煉之,爐有二(1)焦煤提淨爐(coke finery),所以使灰鐵變成白鐵者也,其形式用法與上節白鐵爐同,(2)木炭提淨爐(charcoal finery),附於焦煤提淨爐之側,其數有二,各以焦煤爐煉成之白鐵入之,其渣滓須於過爐時撇淨,轉注已畢,傾木炭於鐵上,噴水潤濕,免致吹散,鼓入空氣,則木炭燃燒,熔鐵甚速,更隨時加入木炭,以保熱度之不降,鐵面之鐵,賴空氣而氧化,鐵中之硅素碳素,轉賴氧化鐵而氧化成渣,煉鐵者須用長桿攪和之,至鐵汁黏稠如膠,更將其下之成塊者撥至上面,以完其變化,火候既足,即得熟鐵。

237. 煉礦砂成熟鐵法

此法發明最古,所煉之砂,常爲赤鐵礦,遇碳素則失其所含之氧,又爐火之熱,保持不高,故碳素不能與鐵化合,遂成熟鐵,然徵之成例,常有化成鋼性鐵(steeley iron)之趨向,是在煉之者之經驗而已。

238. 卡塔拉泥亞淺爐

此爐現在歐洲排雲山諸礦仍用之,其形式已於第

五篇說明。變化之理與鼓風爐相同，煉後之渣滓，屬鹽基性硅酸鐵，故鐵之消耗甚多。含鐵45%之礦砂 $9\frac{3}{7}$ 英擔 (= 112磅)，可煉得熟鐵 3 英擔，耗木炭 $10\frac{3}{4}$ 英擔。

239. 美國塊鐵爐 (American Bloomery)

此為改良之卡塔拉泥亞淺爐，美國現今仍用之。煉坑作直角形，係厚生鐵板造成，工作底為木炭灰及鎚渣 (hammer slag) 二物。鼓風管繞爐頂。熱風自 300° 至 450° ，然後用之。煉時先充滿木炭於爐內，引燃後，頻加入碎礦砂及木炭之混合物。苟礦砂中廢物極少，須另加鐵渣以調劑之。鼓風熔解，爐中之渣間時放出，鐵漸稠結如膠。閱三四小時，攪之成球，撥向空氣龍頭風力最大處極力熱之。火候既足，取出鎚緊。計一晝夜可出鐵八次，每次約得鐵 300-400 磅，等於礦砂中之鐵之 80%。

240. 高塊鐵爐 (Stückofen or High Bloomery)

此爐形式居淺爐與鼓風爐之間，高 10 呎至 16 呎，徑 3-4 呎，配有空氣龍頭一枚。當煉時用火輓將出鐵門封閉。煉法先送木炭入爐，生火引燃，再加礦砂及木炭少許，而後鼓風。火勢既熾，更添木炭礦砂，以滿為度。此後仍繼續增加，至達充分之量為止。所生之渣滓，由門上小孔流下。煉成之熟鐵，形若海棉，集於爐底，啓門鉗出，鎚擊成塊。

計出鐵一次,須將爐清掃一次,費時不少。

241. 傅司加夫高塊鐵爐 (Husgafvel's High Bloomery)

爐高26呎,腹徑5呎,口徑4呎,正身由兩層鐵板構成,中留螺旋風道,入爐之風,由此而熱至 200° 左右焉,爐底胎火甌,高達5呎,爐外通體塗有厚4吋之火泥,防阻熱之外散,煉坑非固著者,底下有輪,載於平臺上,可以槓桿昇降之,坑旁有耳,傾鐵時又得而掀側之也,爐身煉坑之間,爲活動之鐵環,其內冷空氣流通不息,保爐身於不壞,破裂時易於更換,空氣龍頭四枚,分列兩層,煉法先送細礦砂,鎚鱗,碎熟鐵渣,及木炭入爐,生火煉之,所生之渣滓,由煉坑之渣滓孔(cinder notches)按時放出,其多寡宜恰如其分,熟鐵漸成,體漸膨脹,由下湧上,空氣龍頭亦隨之由下層移至上層,火候既足,動槓桿降下平臺,用鐵鏈將煉坑拖出,挂其兩耳於特裝之臂上,傾鐵入下方之車,同時卽裝他煉坑入爐,再行煉鐵,故依此法不致費時!

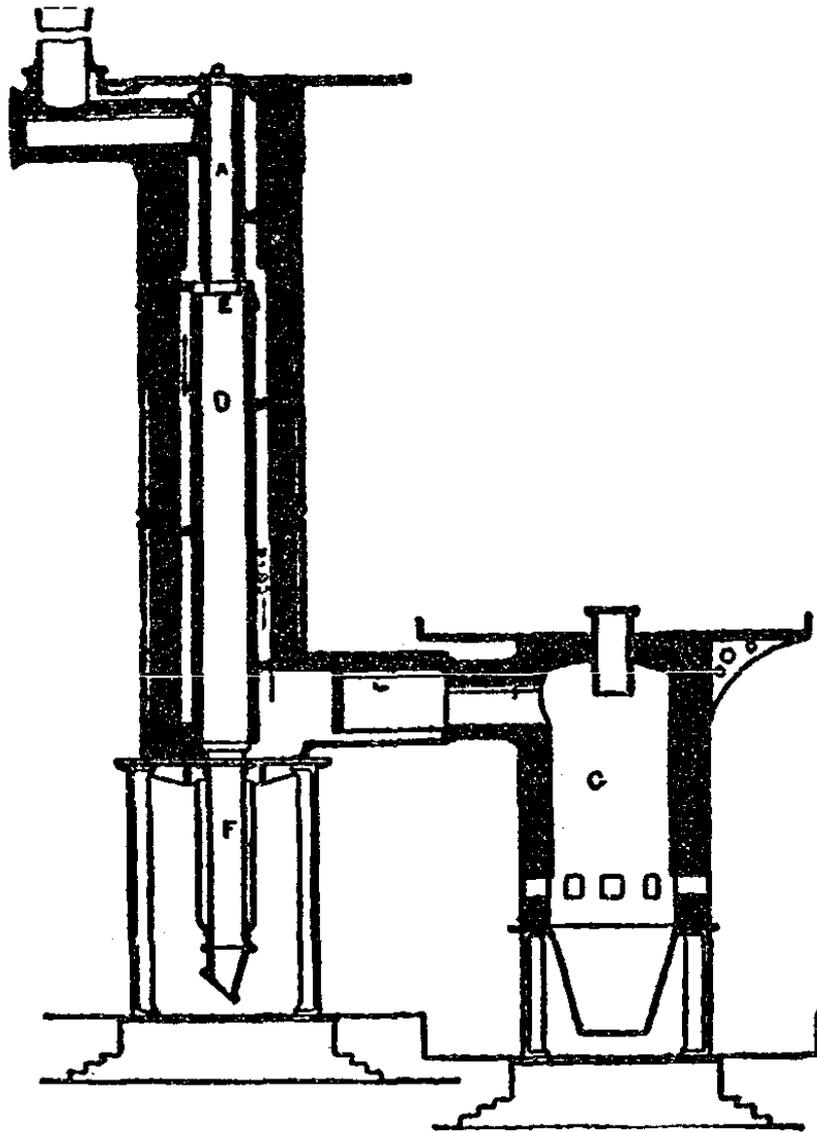
242. 奧祿煉法 (Chenot Process)

此法昔人用以煉海棉鐵(iron sponge),今仍用之,惟畧加改良而已,法將礦砂研碎,與木柴混合,裝入直立蒸溜甌之上部煉之,甌之下部位於火坑之下,且裝設有水

套,鐵煉成後,由上部落至水套之底,冷至燃點之下而後取出,其質甚佳,然費炭需時。

243. 布魯耳法 (Blair's Process)

此為奧祿法改良之一所用之爐分三部,重疊而立,



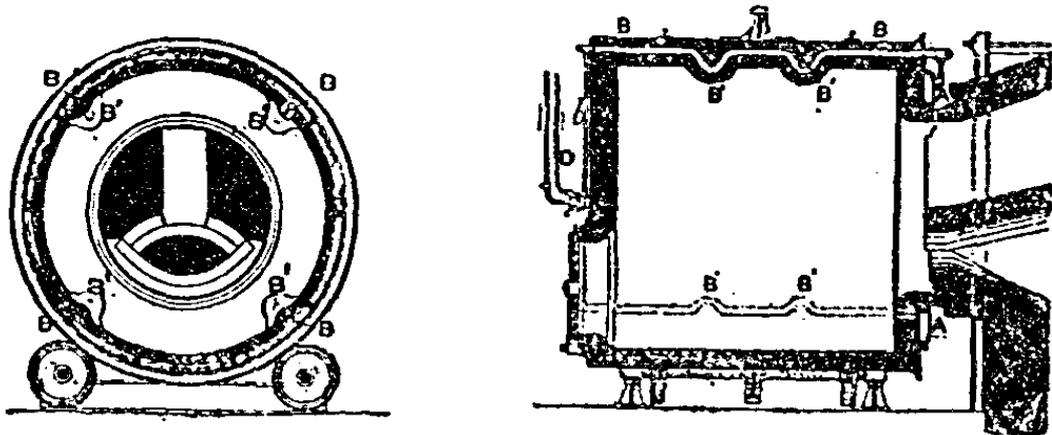
第 61 圖 布魯耳法 煉鐵爐

- | | | |
|-------|-------|-------|
| A 預熱室 | C 生產爐 | D 運灰室 |
| B 缺口 | F 通冷室 | G 進砂門 |

即預熱室(preheating chamber),還原室(reduction chamber),及退冷室(cooler)是也.引生產爐氣於還原室之外,任其著火燃燒,穿缺口E而入預熱室內,與礦砂木炭相觸.預熱室者,熱礦砂至一定熱度,使後來易與碳素起變化之室也.厥後兩者入還原室中,互相化合,而得海棉鐵.落入退冷室,啓門出之,仍保其原來礦砂性狀.苟加入5%之石灰,則發生輕氣,除氧更易,提煉可因之加速.

244. 西門子直接煉法(Siemens Direct Process)

此法僅能於成分高之礦砂用之.爐形如鼓,內胎鐵礬土造成之火甌,外包鐵甲,支於數圓輓上,用機械旋轉之.其一端開三孔,居下者引入生產爐氣,他二孔與循環熱風爐相通,即熱空氣之入口及火氣之出口也.火甌內



第62圖 西門子旋轉爐

B 水管

B' 泥助鐵

埋鐵管,罩於凸起之泥肋條下,其內有冷水流通,保泥肋條不致過熱而受傷,爐轉動時,礦砂爲肋條所撥動,輾轉反側,變化加速,每次煉礦砂約二噸,先和木炭及石灰石,而後由工作門入爐,煉時爐門關閉,轉動甚徐,達紅熱時,礦砂與木炭互相變化,熱度驟增,而熔渣發生,漸生漸多,停機放瀉,乃將爐加速轉動,經若干時,復停機用長桿攪和爐中海棉鐵成球,取出榨之,以爲煉鋼之用。

245. 榨鐵(Shingling)

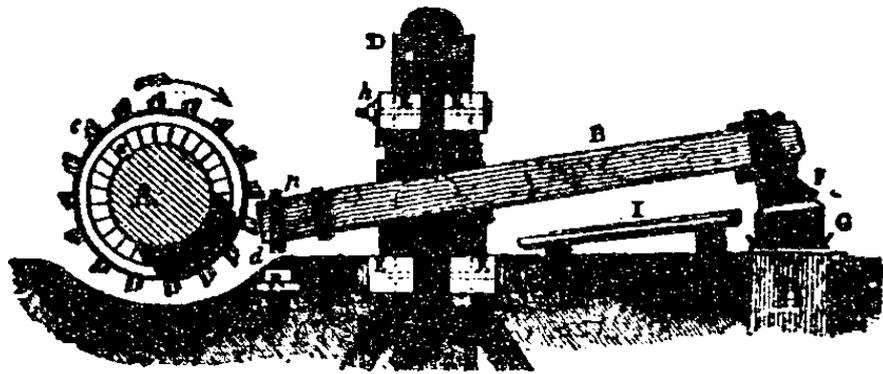
以上各法所煉之熟鐵,中含熔渣,質疏如海棉,不適於用;非用大鎚擊之,或榨機(squeezer)榨之,去其多量熔渣,使之結爲堅塊不可,此法名曰榨鐵,而所用之榨機及大鎚,則常隨鐵塊之大小,以定去取,大約鐵塊小者,用鎚爲便;鐵塊過大,則宜用榨機,蓋因鐵塊外面之慣性,反抗大鎚之動力,每致中央受力甚少,非用榨機不能勝之也。

246. 掀鎚(Tilt Hammer)

掀鎚大者甚少,其式極簡,支點居柄之中央,力點重點位於兩端,用齒輪掀動之。

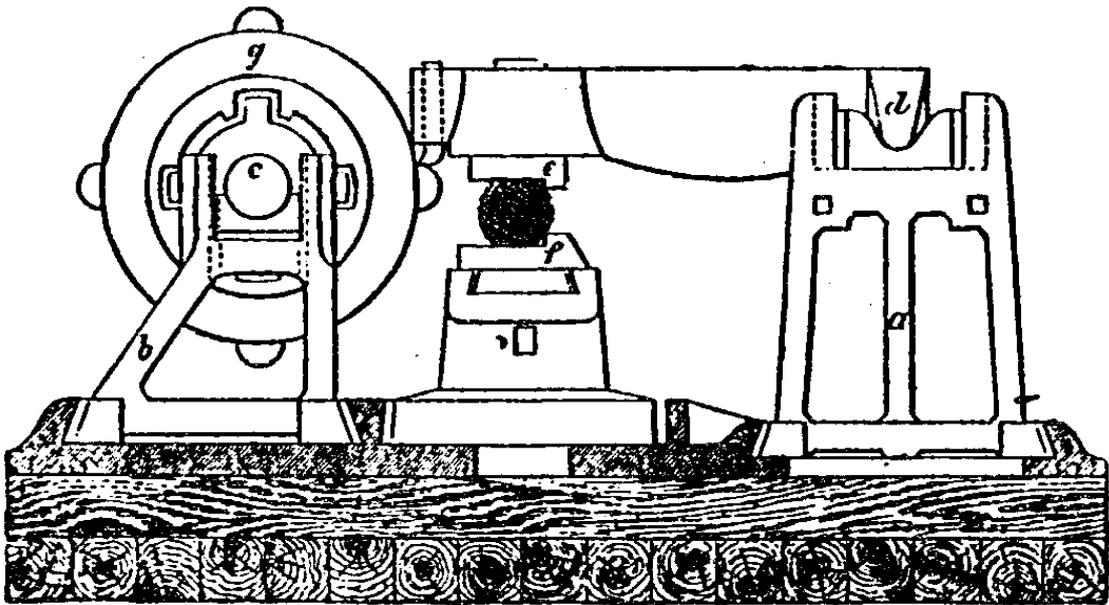
247. 柄鎚(Helve Hammer)

鎚及支點,在柄之兩端,柄尖有凸出之物,與鎚相近



第 63 圖 掀 鏈

A 齒輪軸 B 鏈柄 F 鏈 G 鐵砧



第 64 圖 柄 錘 (鼻 錘)

d 刀口 e 錘 f 砧 g 齒輪

〔物在錘內者謂之腹錘 (belly hammer), 在外者謂之鼻錘 (nose hammer)], 以偏突輪起落之, 即力點也. 錘起落 18 吋, 每分間可 60 擊, 力大 10 噸, 其用甚廣.

248. 汽鎚 (Steam Hammer)

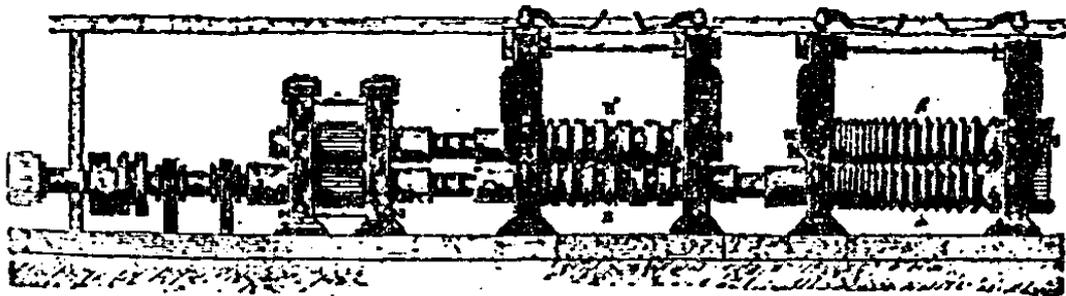
汽鎚之用最廣,可分二類,以蒸汽起之任其自落者,謂之單動汽鎚(single-acting hammer).以蒸汽起之,復以蒸汽送下者,謂之雙動汽鎚(double-acting hammer).小者重數百磅,大者重數萬磅,起落 1-16 呎,擊力之大小,可以人力節制之.

249. 榨機

榨機所施之壓力以漸而生,與鐵鎚碰撞所致者不同,凡丹克司爐之熟鐵大塊,均用此機榨去其渣,此外則用之者寡.

250. 列輓 (Forge Train)

海棉鐵經榨後,送至列輓輾壓成條,輓有二具,每具由兩圓筒構成,重疊而臥,居下者以機器轉之,在上者則由居下者之齒輪帶動之,第一輓面刻三角形之槽,排列



第 65 圖 列 輓
A'A 三角形槽 B'B 直角形槽

成行,以次而小,槽內粗糙,以防鐵條之滑動,第二輓之槽排列亦同,惟成直角形耳,鐵塊由第一輓之第一槽轉過,復由輓上送回,移至第二槽輓之,以次而至於最後之槽,至第二輓之用法亦同。

輓機所製之鐵條 (puddled bar), 須再行製作,求其純勻,其法分三段進行:

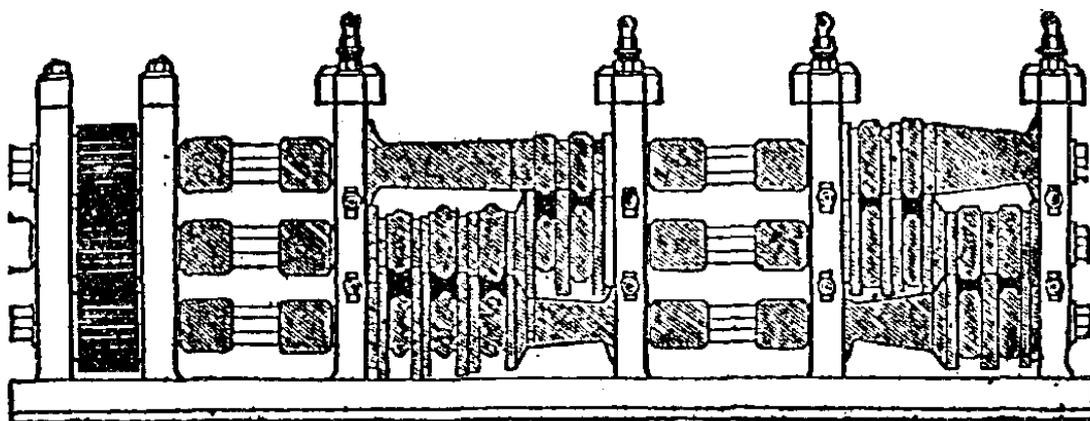
(1) 剪斷 (shearing) 將鐵條剪成數段,用鐵絲合束成捆,送入爐內燒之。

(2) 燒輓 所用之爐,與煉鐵爐相似,鋪沙作底,承於生鐵板上,且向煙道脚傾斜,火勢熾時,用鐵板載鐵條入爐,與火橋平行列之,灑沙上面,閉爐門封之以一打蘭之煤,約半小時,鐵條變輓,取出輓之,鐵當燒時,面生氧化鐵少許,與沙化合,成易熔之渣,流向煙道脚部,鐵面遂潔淨易於接合,近世多用氣體爐以行燒輓之事。

(3) 輓壓 所用之輓亦有二具,第一輓長6呎6吋,徑1呎10吋,支於架上,以螺釘鬆緊之,上下兩筒均用機械旋動,第二輓較第一輓略小而短,第一行之槽方,末行之槽,視欲製之鐵條之形以爲定,槽內護以鐵片,所以免鐵條固著不脫,包覆筒面也。

251. 三聯輓及來復輓 (Three High Rolls and

Reversing Rolls)



第 66 圖 三 聯 輓

鐵塊過第一槽後,鉗其尾由輓上送還,復置第二槽中輓之.分量輕者,此法行之無礙;若鐵條過重,須用機械起之.近世大工廠中,均設有三聯輓機,鐵塊由中下筒之間轉送向後,由上中筒之間復轉送而前,事半功倍矣.苟鐵塊更重,則用來復輓機代之.鐵塊由第一槽轉過,由第二槽逆轉而前.

252. 商品鐵條(Merchant Bar)

上法所製作之鐵條,名商品鐵條,為熟鐵中普通之形,上印僧帽以為牌記.經二次剪斷,燒軋,及輓壓者,於僧帽後加 *best* (意即最好).經三次者,加 *best best* (意即最好最好).經四次者,加 *treble best* (意即三倍最好),多經一

次製作,其中雜質之分佈,更勻一次。

253. 鐵板鐵片(Plates and Sheets)

鐵板鐵片,皆以軋機壓成,第一軋係生鐵或生鋼造成,第二軋以冷鋼爲之,筒面無槽,長4-9呎,徑20-36吋,支於架上,有螺釘爲之鬆緊,鐵板由筒間軋送至後,達於盡頭,復逆軋而前,螺釘逐次扣緊,鐵板亦愈壓愈薄矣。

254. 煅接(Welding)

熟鐵最佳之性質,爲能在高熱時變軟,便於接合,惟入爐燒時,表面生氧化鐵,須灑沙或硼砂其上,與之化合成易熔渣,俾接合時易爲壓力所擠去,鐵塊方相合爲一,不同之鐵,接合甚難,因其變軟之熱度互不同也。

255. 電煅接(Electric Welding)

用電火煅接熟鐵,無沾染灰屑及面生氧化鐵之弊,其法可分二種:

(1) 湯姆生法(Thomson Process) 將欲接合之處兩相接觸,通以強電流,鐵即被燒而軟,施以微壓即得,此法用以接鐵管,鐵絲,鐵條諸小器具,最爲便利。

(2) 白納多法(Bernardos Process) 聯所欲接合之鐵於強發電機之陰極,使陽極之碳素棒,恰當接合處之

上,電流既通,鐵即被燒而軟,彼此併合,削平其棱角,如有缺處,用鐵屑填之,假電熱煅而爲一,依此法,凡熟鋼器具之破處,均可剝淨,用鋼屑補之。

第十二篇

鋼

256. 鋼(Steel)

鋼之定義甚難定,蓋包有生鋼 (ordinary steel) 熟鋼 (mild steel) 二種,彼此大不相同也,茲篇僅就生鋼論之,生鋼者,含碳素 0.5-1.5% 及少許其他雜質之鐵也,燒紅而猝冷於水,其質轉硬,比重自 7.62 至 7.97,大約變硬者較軟者略低,經抽絲及冷軋者亦然,其色藍灰,斷面作結晶或極細之魚鱗狀,富有展延二性,又易於製作煨接,含碳素少者其性更顯,持近磁石,賦與磁性較熟鐵為難,而蓄磁之性則較強,遇濕空氣亦漸生變化,特不若熟鐵之易耳。

257. 鋼之硬煨及強煨(Hardening and Tempering)

鋼燒紅而猝冷之,其質轉硬,如上所言是也,其變硬之高低,視退冷之緩急及鋼之性質以為差,水銀冷之最速,硬度亦最高;水次之;油又次之,但含碳素過多之鋼,一

經變硬,性過於脆,不適於用,補救之法,謂之強煅。強煅者,減低硬度之謂也。法將過硬之鋼,略燒而退冷之,燒之熱度愈高,硬度之減低愈甚,鋼質乃強而耐用。然使熱度達充分之高,退冷後其硬全行減去,是謂韌煅 (annealing),以之施於含碳素最多之鋼為宜。又鋼當強煅時,面生氧化鐵之薄膜,因其極薄,故透明而返光,現出各種顏色。匠人視薄膜之顏色,可知熱度之高低。茲將經驗所得者列表於下,讀者勿視為確切不移之數可耳。

顏色	熱 度		用 途
	C.	F.	
灰黃	220	428	外科用小刀
草黃	230	446	外科用品,剃刀
深黃	243	469	削筆刀,鑿鋼之冷鑿
棧	255	491	冷鑿,剪,斧
棧帶紫	265	509	斧,鉋
紫	277	531	裁紙刀,大剪
藍	290	555	佩刀,彈簧,螺旋鑽
深藍	316	600	鋸,鑿熱鐵之鑿
微紅	—	—	時計等物

258. 生鋼硬煅及強煅之理

近人於生鋼硬煅及強煅之理,學說甚多,今略述其

二如下：(1) 化合狀碳素藏於鐵中，可分兩種：(a) 硬碳素 (hardening carbon)，此種碳素與鐵之全體化合，瀰漫於鐵中；(b) 碳化物碳素 (carbide carbon)，此碳素僅與鐵之一部分化合成碳化鐵 (Fe_3C)，分佈於其餘之鐵中。在高熱時，鋼中之碳素全屬硬碳素；從容退冷，則硬碳素漸變為碳化物碳素，故其質軟；若猝然冷之，則硬碳素不及於變化，而鋼已冷而轉硬；若復將此鋼燒熱，則硬碳素之一部轉成碳化物碳素，鋼質乃稍軟矣。此一說也。(2) 近人奧司蒙 (Osmond) 謂鋼中之鐵，其狀有二：一為硬鐵，此鐵在高熱時其性堅固不移，與他雜質相合時亦然，鋼之猝冷而轉硬者，以有此鐵在也；一為軟鐵，此鐵在低熱時形狀不變，鋼之質軟者，以有此軟鐵也。此又一說也。以上兩說，各持之有故，言之成理，然近日冶金家多承認奧司蒙氏之說為尤切。

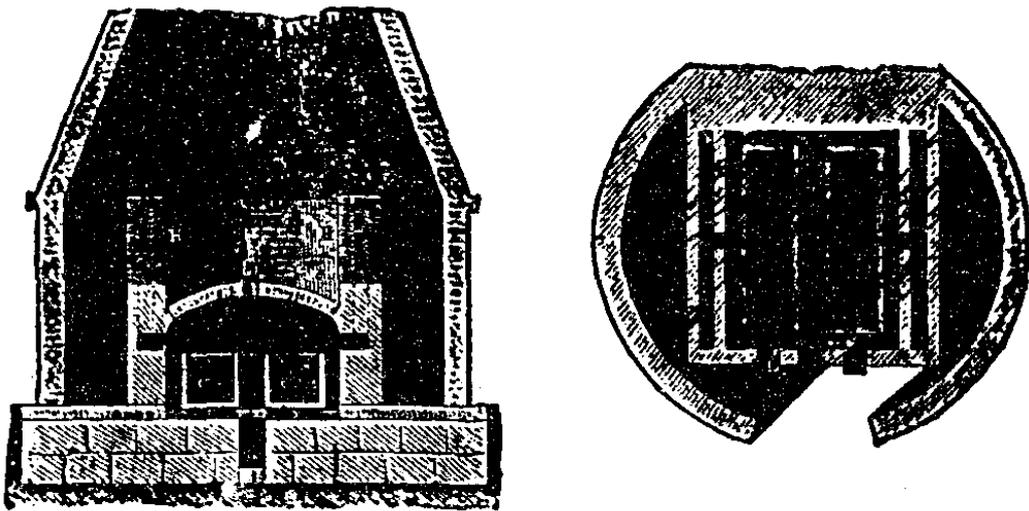
生鋼之煉法有三：

- (1) 熟鐵加碳素法，為現在所通用。
- (2) 生鐵去碳素法。
- (3) 礦砂煉鋼法。

259. 歲門特法 (Cementation Process)

此為煉鋼之常法，入爐之熟鐵條，先行軋壓，以長

8-15呎,寬 5-6 吋,厚 0.5 吋爲度。爐形四方,其頂隆起,爐橋居於中央,將火甄砌成之箱分置其左右。箱長 8-15 呎,深 2.5-4 呎,寬 3 呎,承於火甄之上,所以使火氣繚繞其四周而後出爐也。箱尾之中央各留一孔,試驗條由此出入焉。



第 67 及 68 圖 歲門特煉鋼爐

C 火甄箱 G 火坑 M 煙之出口 H 爐壁間之煙道

爐當火甄箱之上開一小門,以便鐵條之出入,又於中央開一大門,則工人出入之路也。煉法先鋪炭末於箱底,厚約半吋,上鋪鐵條,彼此相距 1 吋,鐵上復鋪炭末,厚約 1 吋,如法佈列鐵條,以滿爲度。事畢用鋼屑及碎沙石蓋之,隔絕空氣,閉門生火,約兩晝夜而歲門特之熱度達矣。時時將試驗條取出,折斷驗之,以定火候之成熟與否,其久暫視鋼之用途而爲差。錫及彈簧鋼四日可成,大剪鋼七日可成,冷鑿鋼須十日乃成。既成則熄火,漸俟其冷,啓門

出之。

260. 泡鋼(Blister Steel)

歲門特法所煉之鋼,較熟鐵增重約 1%。面有泡孔,小者如豆,大者徑吋,故名之曰泡鋼。鋼之佳者,泡小而勻。斷面之結構,視煉時之火候而異。平常煉得者,內部有少許未變之熟鐵,結晶之鋼繞其四周,彼此之界限隱約莫辨。不及乎此,則鋼鐵相等,或鋼少鐵多。過乎此,則鐵質不現,再進竟全體為結晶之鋼矣。若熱度過高,鋼條必有熔解之迹。侵入空氣,則鋼面轉成熟鐵,質軟難斷,是曰漏風(aired)。

261. 熟鐵成鋼之變化

其變化有二: (1) 碳素入鐵: 爐中之熱度既高,箱中木炭與養氣化合成一氧化碳,易為紅鐵所吸收,分解為碳素及碳酸氣: $2CO = CO_2 + C$ 。碳素固著其內,碳酸氣則由鐵中滲出,與木炭復合為一氧化碳,收入鐵中。此變化循環不絕,至鐵中碳素達於充分地位時,碳酸氣與碳素化合,不再分解碳素入鐵,而兩兩成平衡焉。說者又謂木炭之碳素因瀰散作用,直接與鐵化合成碳化鐵,漫佈鐵中。(2) 面生泡孔: 熟鐵無絕對純勻者,常雜有熔渣及氧化鐵等物。此氧化鐵與碳素相化合,析出單質鐵及一

氧化碳： $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{C} = 2\text{Fe} + 3\text{CO}$ 。後者所占之地位，較所含之固體碳素為多，故必發生壓力。若變化起於中央，此物僅能由鐵之微隙滲出。苟起於鐵面，其所生之力，鐵不足以禦之，遂裂成泡孔而出。煉之得法，鐵中之熔渣及氧化鐵變化甚勻，泡孔均勻而小。煉之不以其道，則氧化鐵變化之緩急不等，泡孔必大而少。嚮使所用之熟鐵，全無熔渣氧化鐵諸雜質，煉成之鋼，其面決無泡孔。

262. 箱硬法 (Case Hardening)

此與歲門特法同理，將熟鐵器具置於鐵箱內，以碎皮骨角等圍繞之，燒紅 12-24 小時，則鐵面成鋼，其質加硬。

263. 有展性之鑄造物 (Malleable Castings)

此與箱硬法正相反，將生鐵所鑄之器，埋於赤鐵礦等氧化物內，入火燒之，則鐵面碳素因氧化而減少，變為熟鐵。或者謂生鐵遇火，表面之石墨狀碳素愈細而勻，故成熟鐵，其變化不僅碳素之減少已也。信如斯言，則生鐵器具僅含石墨狀碳素少者，方能以此法施之。

264. 泡鋼之處理

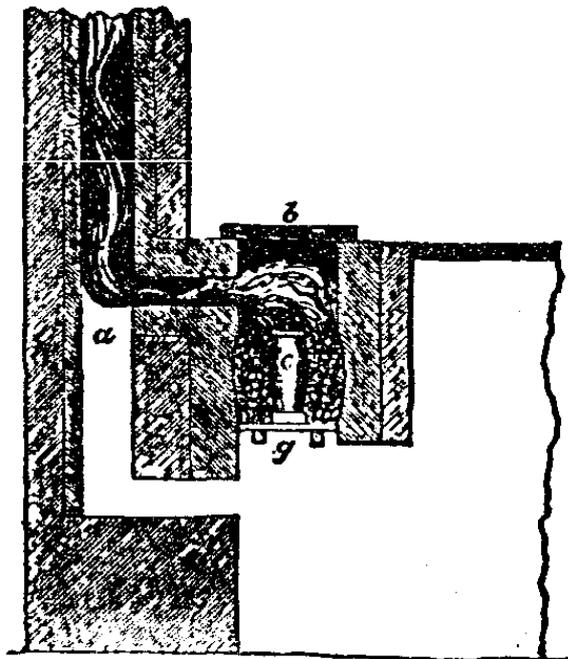
歲門特法所煉之鋼條，質不甚勻，碳素之分佈亦不

齊一，須剪成數段，翻載燒之，達煅接之熱度，鑄合為一，是為單翦鋼 (single shear steel)。再翦再鑄者，謂之雙翦鋼 (double shear steel)。

265. 坩埚生鋼 (Crucible Cast Steel)

單翦鋼雙翦鋼質仍不勻，於是有所謂坩埚法者，先和火泥石墨，塑成坩埚，高 18 吋，徑 7 吋，乾後即用，不須燒紅。每坩可熔鋼三次，每次之鋼，多寡不等，蓋不欲鋼液之面，常侵蝕坩埚之一處也。所用之爐，寬約 1 呎，深約 2 呎，內容坩埚兩枚，其位置恰當匠人照料處之下，以便於取送。設置既妥，生火熱爐，取鋼條折斷送入，其上灑玻璃少

許，蓋合燒之，防其氧化。約 50 分時，火勢漸萎，隨添焦煤，增高熱度，至將爐時，鋼必漸熔，越四五小時通體熔融。火候既足，鉗出坩埚，撇去表面之皮，傾入模內。若模大足容數坩埚之鋼



第 69 圖 坩 埚 生 鋼 爐
 b 爐蓋 a 煙突
 c 坩埚 g 爐口

者，須於第一坩埚未完之時，即將第二坩埚傾入，使鋼液相續不斷。傾時發火星者，冷後面起蜂巢，爲火候不足之徵。若火候過老，傾時絕無火星，冷後又質脆而張強弱，是在煉時加意而已。

266. 坩埚鋼之整作法

取模中鋼錠，錘之軋之，至合於所需要之大小及形式，入爐燒紅，時時轉動，使火勢均勻。面上灑細沙或礪砂，防其氧化。燒製之火候，宜無過不及之差，蓋不及則質常劣，過則質脆而變焦(burnt)也。

267. 鋼之性質

鋼因所含碳素之多寡而分爲數類，每類之鋼，各有其優劣之點，今列表於下：

種類	碳素成分	性質及用途
剃刀鋼	$1\frac{1}{2}$	用以製刀，鋒利無比，然遇火易焦，不易製作。
鋸齒鋼	$1\frac{3}{8}$	比剃刀鋼易於製作，然非細心不可。
日用器具鋼	$1\frac{1}{4}$	用以製日用器具最佳，可以煅接，惟須細心。
車牀軸鋼	$1\frac{1}{8}$	用以作車牀軸及刻螺紋之鑿。
鑿鋼	1	煅硬者作器甚鋒利，未煅硬者質韌力強，可製冷鑿等物。

螺釘鋼	$\frac{7}{8}$	易於熔接, 未煅硬者質硬而堅, 用以製冷螺釘等物。
砧鋼	$\frac{3}{4}$	易於煅接, 以之製砧, 能受最大之壓力。

268. 印度鋼(Wootz)

此鋼來自印度, 其煉法與歲門特法同。即將一磅之熟鐵置於坩堝內, 混和 10% 之玉桂樹枝葉, 再加綠葉覆其上, 以防空氣之侵入, 裝畢, 送坩堝入爐, 燃木炭熔之, 即得。

269. 煉鋼(Puddled Steel)

此法所用之爐, 與煉鐵者形似而略小, 熔煉之手續亦同, 初煉時熱度以高為美, 至沸騰時落下風門, 降低熱度, 生鐵中之碳素不使之化盡, 則不變熟鐵而變為鋼, 其熔汁黏稠如膠, 攪和成球, 取出榨之, 惟鋼質常不勻稱, 蓋因沸騰時碳素氧化之程度, 極難審定, 恆有過不及之差也, 入爐之生鐵, 含硅須少, 而錳須多

第十三篇

熟 鋼

270. 熟鋼

所謂熟鋼者,含碳素不過 0.5% 及他雜質甚少之鐵也,燒紅猝入水中冷之,其變硬也甚微,張強 26-35 噸。取 8 吋長之試條引之使斷,增長 30%。大約碳素愈多,張強愈大,增長之度愈小。自化學性質言之,其成分於熟鐵爲近,而堅過之。惟既經熔解,故不合熔渣及氧化鐵,且斷面不作纖維狀。近人製器,用以代熟鐵,用適當之方法,又可使之較熟鐵更有展性。

271. 熟鋼中雜質之影響

熟鋼中雜質雖少,而影響絕大,今分論之: (1) 碳素增多,則展性減弱,張強加大,鋼質加硬。含 0.5% 者,燒紅入水,其硬度之增加,顯而易見。(2) 硅在鋼中,其影響不甚明瞭,大約能增加鋼之硬度張強,與碳素相似耳。忒涅氏 (Turner) 就其試驗所及,知硅 0.2% 所增加鋼之張強,不

過 1.8 噸，鋼含硅素 0.5%，抵抗力甚強，可造軌條越乎此數，上達 5%，則質太硬，性轉脆，反不可用。(3) 錳在鋼中，增強其延性張強不少，燒紅而猝冷之，大增其坼裂之趨向。分量達 1% 時，雖無他害，然性脆不耐振撞，亦一弊也。(4) 硫在鋼中，有熱短之弊，與煅接性亦有妨，特熱度愈高其熱短之弊愈小耳。(5) 磷在鋼中，為害甚大，較在熟鐵中為尤甚，既與延性有妨，復不耐振撞，以之製器，更難工作。

272. 熟鋼之煉法

熟鋼常由生鐵煉成，其原來之碳素，硅素，多氧化而去，故加入碳素，即得熟鋼，法分七種：

- (1) 柏塞麥法。
- (2) 鹽基性柏塞麥法。
- (3) 西門子法。
- (4) 西門子馬丁法。
- (5) 鹽基性西門子法。
- (6) 柏特龍退爾法。
- (7) 托爾波特法。

柏塞麥法

273. 柏塞麥法 (Bessemer Process)

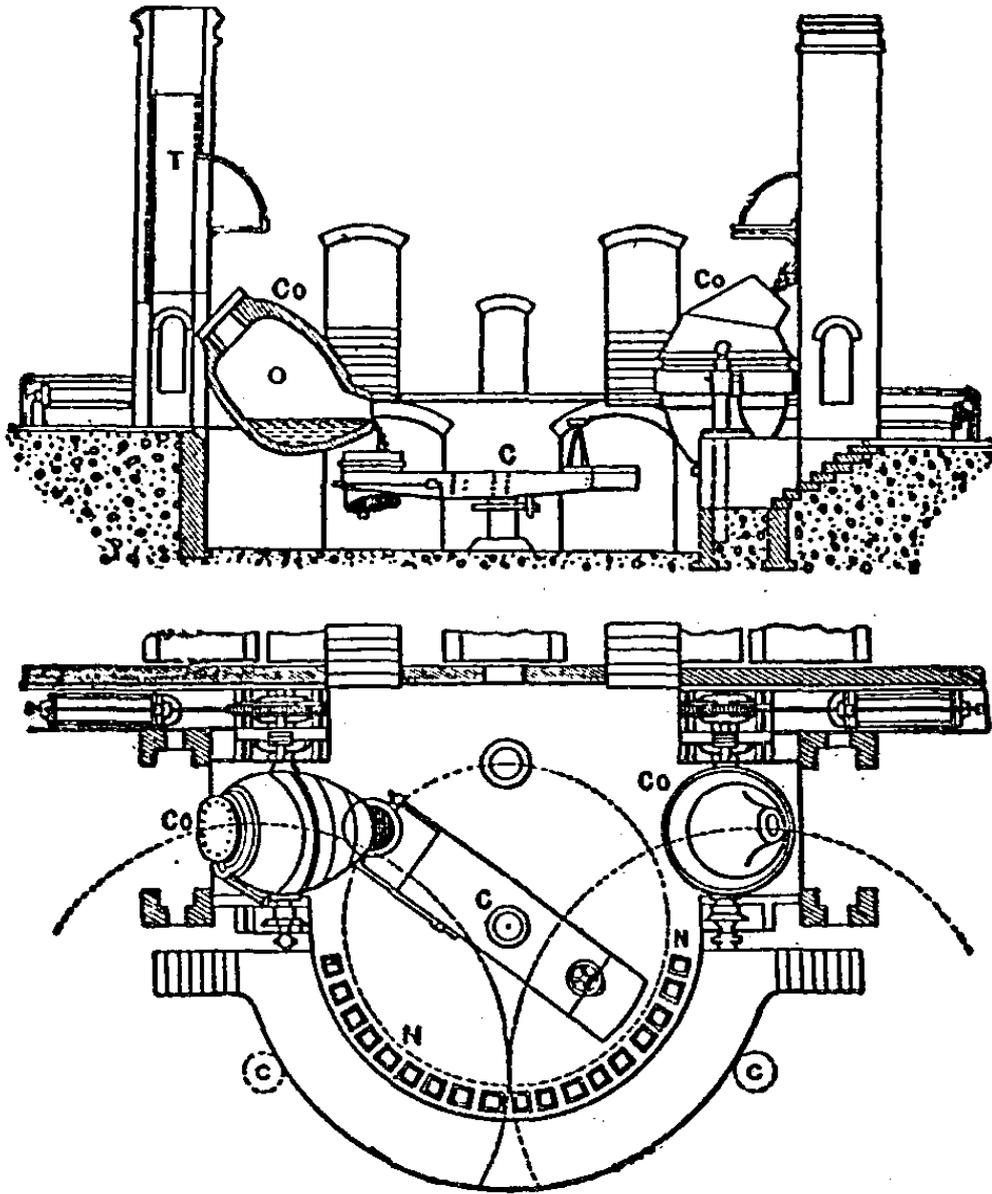
1855年,柏塞麥氏將此法註冊專利,渠考得生鐵熔汁中苟鼓入空氣,所含之硅素碳素漸化爲一氧化碳及硅酸鐵,其變化所生之熱,足以保生鐵熔汁於不凝.至硅碳兩物化盡時,加入鐵錳或鏡鐵,生鐵遂轉成鋼.此法盛行於歐美,成效卓著.法分四段:(1)熔解生鐵,注入迴轉爐;(2)鼓空氣入生鐵熔汁;(3)傾鐵入杓,混合鏡鐵或鐵錳;(4)傾鋼入模.

274. 迴轉爐(Converter)

爐以熟鋼造成,內胎火星石等極耐火之物,由左右兩耳承於極堅固之架上.一耳裝有齒輪,可以蒸汽或水力轉動之,而爐因得以放倒扶直,以便鋼鐵之出入焉.其他之一耳中空,爲空氣入風管之路.空氣由風管轉入爐底之空氣箱,箱上有穿孔鐵板,空氣龍頭穿板直達爐中.龍頭以火泥塑成,長2.5呎,鑽有徑 $\frac{3}{8}$ 吋之孔若干,其腳緊扣於鐵板下,不致動搖,損壞時又易於更換.

275. 機器之佈置

迴轉爐二個分立於鑄坑(casting pit)之左右.坑之中央爲鑄臺,可以上下左右旋動.其一端有鐵杓,內胎火星石泥,容積與鐵爐約等.杓底之中央有注鋼入模之孔,以塞啓閉之.模排列於鑄坑之前方,作半圓形,其數以數



第 70 及 71 圖

N 模
T 烟罩
c 鑄壺

Co 迴轉爐
C 鋼錠起重機

十計,鋼入模後,俟其凝固,以起重機移去其模,繼取鋼錠,還模於原處,承接他次之鋼,迴轉爐附近較高之處有熔

鐵爐,入各次所煉之生鐵於其內,調和既勻,然後入爐煉鋼,可免質不勻稱之弊.鼓風用直接動平臥鼓風機,壓力約25磅.凡裝鐵,倒鋼,鼓風諸事,均由工頭主持,立於平臺上,能周覽機之全部.

276. 鼓風

注生鐵入爐,須將爐口平置,或逕由熔鐵爐傾入,或轉假鐵杓爲之,少則5噸,多則10噸,總以低於空氣龍頭爲度.先開空氣門,然後扶直鐵爐.當鐵汁淹過空氣龍頭時,火星迸發,有微黃色大燄繚繞於爐口之外.經過五分時,鐵汁沸騰,爐口之火燄愈高而明,火星亦愈多而烈.若是者復七八分時,繼則火星少而燄光微,循至於隱約莫辨,是爲碳素化盡之證.乃傾鼓鐵爐,俾龍頭露出鐵汁之外,閉塞風道,投鐵錳於其中,分量約7-10%,竭力和勻(或傾鐵入杓,始加鐵錳),暫時後,傾鋼於杓,轉注入模.更將鐵爐顛倒,傾盡其渣.

277. 變化之理

空氣遇鐵汁則熱,能氧化其中之硅素,碳素,及鐵,發生硅酸鐵之熔渣($2\text{Fe} + \text{Si} + 4\text{O} = 2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)及一氧化鐵.其變化所生之熱,幾足以熔解白金.雖當硅碳化盡之時,仍有餘勇可賈,保鐵液於不凝.但硅碳兩物雖去,而硫

磷所減不多，且鐵中吸收養氣，性脆而焦，故加入含碳素之鐵錳以劑之。此物能與鐵中之養氣化合，併入熔渣，而給碳於鐵，轉化成鋼。苟多寡適得其平，所含之碳素復少，煉成之鋼必熟無疑。

278. 柏塞麥生鐵 (Bessemer Pig)

煉鋼之生鐵，取灰色易熔者，所含之硫磷愈少愈妙。硅素則須有 2-3.5% 之多，不及此數，則空氣入鐵，熱度不高，氧化力弱；過乎此，則碳素化盡，火燄就滅之時，此物仍存於其內，若俟其全行化盡，必招鐵之損耗。大約生鐵入爐時之熱度若高，所含之硅素較少無妨。例如美國煉鋼有用含硅僅 1.5% 之生鐵者是也。其碳素則宜較硅素略多，錳則宜絕無。

279. 熔煉之久暫

煉時之久暫，視所處之情勢以為差，與鋼錠鋼模之更動尤有關係。英國煉鋼每 8 小時約 16 次，美國則較速，每 8 小時能煉鋼 61 次，每次平均不過 8 分間耳。又生鐵入爐，先將其熱度增高，亦為求速之一法。

280. 迴轉爐之形式

爐形如桃，可以機械旋動，體分三段，中段有耳，上下

兩段可以拆下,胎塗耐火之火星泥,空氣由爐底鼓入,每煉鋼一次,須檢視爐內一周,凡有缺陷,即須補葺,煉20次換底一次,煉至五百次須全換矣,此外有全體可由耳環(trunnion-ring)上取下,速以他爐代之者,又有所謂克拉拍格里非特式(Clapp-Griffiths)者,鐵爐固著不動,煉成之鋼,由活瓣瀉出,龍頭居爐之兩旁,安有特別機械,以故閉風出鋼時,鋼汁不致突入龍頭,此種爐煉少量之鋼時用之,損失較轉動者略巨。

鹽基性柏塞麥法

281. 鹽基性柏塞麥法 (Thomas-Gilchrist or Basic Bessemer Process)

上法所用之迴轉爐,內胎火星石泥,煉成之鋼,磷不能去,蓋因泥中之二氧化硅與磷酸鹽化合成硅酸鹽,析出之磷,即滲入鐵也,故非用最純之生鐵不為功,今欲免此弊,須將爐內所胎之火星泥易以含二氧化硅甚少之鹽基性泥,鐵中之磷,遂化入熔渣而不入鐵,乃得熟鋼,此為托馬斯 (Thomas) 及季爾克立斯 (Gilchrist) 所發明,故名托季兩氏煉鋼法,亦名鹽基性柏塞麥法,所用之泥為燒過之白雲石,成分為石灰,氧化鎂,另含二氧化硅少許,爐之形式與前法所用者類似而略大,口與底平行,便於

熔渣之傾瀉。

282. 煉法

鐵爐佈置既妥，傾入石灰少許，繼之以生鐵之熔汁，啓開風門，將爐扶直，其鼓風手續與柏塞麥法同，爐口之火星較多而烈，火燄之色亦較黃，至燄火低微，鐵中之碳素、硅素已行化盡，惟磷尚存，非再鼓風 2-5 分間不可，此時間名曰後吹 (after blow)。有紅煙逃出，爲鐵受氧化之徵，工人察火候既足，將爐放倒，傾出鐵汁少許，冷後錘薄，折斷驗之，若結晶之狀甚粗，則磷尚未去盡，須再鼓風一兩分間，直至結晶呈鱗狀而後已，乃傾去熔渣，傾鋼於杓，加和鐵錳，轉注入模。

283. 變化之理

此法所經之變化，與柏塞麥法同，硅、碳之化去尤完全，繼之則磷與石灰化合成磷酸鈣 $[4\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 (\text{Ca}_4\text{P}_2\text{O}_9)]$ ，散入熔渣。

284. 所需之生鐵

此法所用之生鐵，灰白兩種均可，然仍以灰色者爲佳，所含之硅素以 1% 爲適中之數，磷約 3-4%，此種生鐵，名曰鹽基性生鐵。

285. 爐中之出產物

此法煉成之鋼，名鹽基性鋼 (basic steel)，質較酸性法煉得者為熟，因碳素之移去更完全也，附生之鹽基性渣，含磷甚多，磨細後，售作肥料。

286. 鐵爐之形式

爐分三段，與酸性者同，內胎燒過之白雲石及無水煤焦油之混合物，有時加嵌鹽基性氈於其內，底部穿孔，用作風道，胎底之法，置底於面安鐵針之鐵板上，取燒過之白雲石及無水煤焦油之混合物，於其上遍塗之，事畢，將底揭起，針即脫離，其所成之孔，即風道也，用此法不需空氣龍頭。

西門子法

287. 西門子法 (Siemens or Open-hearth Process)

此法用氧化鐵以去生鐵中之碳素，其理與煉鐵法相同，所異者加入氧化鐵以代鐵汁自行氧化所生之氧化鐵耳，又碳素化盡之後，仍不使熱度稍降，以保鐵汁於不凝。

288. 煉爐

所用者為反燄爐，地位甚高，約當循環爐之上，便於

用杓接鋼，前面工作之平臺亦高，爐旁開三門，可以照料一切，底鋪耐火之沙，煉坑向爐後出鋼處斜迤而下，用生產爐氣爲燃料，先熱於循環爐而後引入，每煉一次，鋼達數十噸至百噸之多，同類之魏爾漫爐 (Wellman furnace)，竟達 200 噸以上。

289. 煉法

送生鐵 20 噸入容積 30 噸之反饋爐中，上蓋鋼屑 9 噸，二物入爐，費時一點三刻，越五小時，鐵已熔解，面上發生熔渣，取赤鐵礦砂 2 噸，分作數次加入，則鐵汁沸騰，發生一氧化碳，如是者約五小時，復歸於靜，取出少許，驗其碳素之去盡與否，若碳素已少，可將熱度竭力增高，經若干時，啓出鋼之門，瀉鋼入杓如和 300-400 磅之鐵錳，以補鋼中應含之碳素，鋼汁瀉盡後，方瀉熔渣入模，否則任其在鋼面溢流而去，所得之鋼，較所用之生鐵爲少，間有較多者，則赤鐵礦砂還原爲之也，每煉一次，煉坑之底須加鋪碎沙，生火熔解，計煉鋼補葺諸事，共需 14 小時，故近世有鼓風入爐及用旋轉爐以求速者。

290. 需用之物料

所用生鐵宜取第一第二兩級之易熔者，所含硅素不可過多，免致費時耗鐵，他如磷硫，更須絕少，因其不能

化去也,含錳過多,亦費時日,少則無害.推之凡加入之白雲石及赤鐵礦砂,亦不可雜有二氧化硅,磷,硫等物,而赤鐵礦砂,尤以西班牙產者為最良.

西門子馬丁法

291. 西門子馬丁法 (Siemens-Martin Process)

此法不需赤鐵礦砂,僅生鐵鋼屑二物而已足,故又名生鐵鋼屑法 (pig and scrap process) 就配合言之,鋼屑較生鐵為多,其變化鐵質,純賴空氣氧化之力,凡製造廠鋼屑甚多之處,則利用此法以煉鋼.

鹽基性西門子法

292. 鹽基性西門子法 (Basic Open-hearth Process)

前曾柏塞麥迴轉爐內胎鹽基性泥,可以去磷;應用此理,用鹽基性泥建築西門子爐之煉坑,其功效當不稍異,近世廣用此法以煉鋼,結果殊佳,但胎築之白雲石粉,熱度過高則裂,故爐壁爐頂,仍用酸性泥,兩物相接處,間以中性之石墨,免其互相熔解,煉時之變化,與酸性法同,不過加入石灰甚多,俾成鹽基性熔渣,藉去鐵中之磷耳.

293. 煉鋼之物料

所用之生鐵,含磷者無妨,硅素愈少愈妙.即和入之赤鐵礦白雲石,亦宜擇其不含二氧化硅者用之.

294. 爐中之出產物

爐中除正項之鋼外,尚有附生之渣,含磷酸鹽不少可作肥料.

295. 爐式之變更

近世煉爐形式加大,又可以機械掀動,最有名者爲魏爾漫爐,外包鐵甲,載於弓形鐵條之上,出鋼口較鋼汁之面爲高,煉成時以水力機掀側傾之,此外有於出鋼口外另築小煉坑以承鋼汁者,再由坑之杓形口,瀉入活動之模中.

柏特龍退爾法

296. 柏特龍退爾法(Bertrand-Thiel Process)

此法用爐二座,傾生鐵於第一爐熔之,熱度不高,化去其大部分之硅;嗣轉入第二爐,混和鋼屑,熱度甚高,鐵汁如沸,其現象與柏塞麥迴轉爐同,亦碳素變化爲之也,用此法省時不少.

托爾波特法

297. 托爾波特法(Talbot Process)

此法所用之爐甚大,可以機械掀動,裝法先將鼓風爐之生鐵百噸放瀉入內胎火甌之池中,轉注75噸入爐,加和赤鐵礦砂煉之,火候既足,出鋼25噸,即添入生鐵及礦砂25噸,至再出鋼25噸,又將生鐵及礦砂25噸注入,如此則入鐵出鋼,兩事並行不悖,爐不熄火,熱度甚高,故變化甚速,且少甌壁損壞之弊,其變鐵成鋼,全賴礦砂氧化之力,不需鋼屑,又池中出生鐵若干,即須將鼓風爐之生鐵注入補之。

298. 各法之比較

以上七法皆為煉熟鋼所通用,各有所長,亦各有所短,就柏塞麥法言之,酸性者如得適宜之生鐵,其成功甚速,鋼質亦非常之勻,鹽基性者,功效相同,難易大殊,蓋鼓風之關係甚大,時有過不及之差,頗難審定故也,至於酸性西門子法,雖費時而易於著手,所煉之鋼又有時間以試其合法與否,而定其行止;反之用鹽基性以代酸性,苟入爐之生鐵含硫不多,皆可為用,煉成之鋼,質且較各酸性法為熟,是又其特長也,總之諸事得手,任用何法,皆可煉上等之鋼,特就生鐵之種類及熟鋼之用途而權衡之,然後各法之長短互見耳,然欲求鋼質之恆一不變,仍以

用西門子法爲上。

299. 需用鐵錳之理

鐵出爐時，均須加入鐵錳，其故有二，一以去鐵中吸入之養氣，一以供給鋼中應有之碳素也。故欲求養氣之絕無，鋼質之純熟，非加充分含碳素極少之鐵錳不爲功。苟鐵錳之中含有別種雜質，雖加入碳素去盡之鐵，亦不能使成上等之鋼。又用鹽基性法煉鋼，鐵面之渣，須先行撇淨，後加鐵錳，以免兩物化合，析磷入鋼。

300. 鑄造鋼錠

接鋼之杓以鐵造成，內胎耐火泥，其大足容一爐之鋼，底部穿孔，用塞啓閉之，瀉鋼入模者也。模方無底，係生鐵所製，上小而下略大，排列於鐵板之上，灑沙掩其四圍。若用旋轉起重機以移杓，則模圍繞如半環。若用鐵車以運杓，則模置於軌道之間，銜接成線。鋼入模後，上蓋鐵板，無鐵板者，覆以碎沙，俟其凝而去模，其有黏著於鋼錠者，用水力機強使分離。

301. 煨鋼穴 (Soaking Pit)

模揭去時，鋼錠之外表雖凝，而內部仍爲液體，苟任其自冷，其結構必不純勻，不再熱之，即不可以軋壓，故移

至地穴中徐徐冷之，穴之大足容兩錠，上覆氈塊，鋼錠之熱一時不能外散，內外部結構始勻，可以過軋，惟鋼錠更透所生之熱，仍不甚高，近人常以生產爐氣煖之，煖鋼穴遂變成煖鋼爐矣。

302. 軋壓鋼錠

鋼錠出地穴，即送至軋機壓之，筒面無槽，往復旋動，蓋因鋼錠過重，在半噸與20噸之間，不便於軋上遞過也。每轉一次，兩筒之距離，以螺釘扣攏少許，並將鋼錠時時轉側，壓成四方之長條，事畢剪去兩端，斷成數段，此後改造鋼板鋼軌，與第十一篇軋壓熟鐵法同，惟所用之機器較大。

303. 鋼錠之缺陷

鋼之硬者，冷後收縮，面有微渦，且常因收縮不勻，體生坼裂，軟者於退冷時噴發火星，面常隆起，兩者上部皆具蜂巢之形，蓋鋼所吸收之氣體爲之也，鋼愈熟則蜂巢之狀愈顯，是鋼之大病也，欲行補救，須於在杓時用桿攪動，以便氣體之逃散，不然則用喜特衛史 (Whitworth) 迫壓法以禦之，又鋼在杓時，加和硅鐵，鐵鋁等合金，可以增其堅強之度。

304. 去硫

本篇所述煉鋼各法，於去硫一層無大效力。近人散宜特氏 (Saniter) 發明一法，或行於生鐵出鼓風爐後，以去其硫，或行於鹽基性柏塞麥及鹽基性西門子法中，以去各物料所含之硫，奏效殊偉。前者胎塗石灰，氯化鈣，螢石，石灰石於盛生鐵之杓內，後者投石灰，氯化鈣於煉爐，所含之硫，皆成渣滓，煉成之鋼，遂無熱短之病。

305. 鎢鋼 (Tungsten Steel or Moshet Special Steel)

含鎢不多，結構緻密，不須強煅，質甚硬，可以刻傷玻璃。

306. 鉻鋼 (Chrome Steel)

鉻在鋼中，能增其硬度及張強，凡須堅硬之鋼，則加鉻爲之。

307. 錳鋼 (Manganese Steel)

質硬而多韌力，不易製作，其中有名哈德斐爾特錳鋼 (Hadfield's manganese steel) 者，含錳 7-13%，熔時質甚稀動，冷後收縮甚少，表面不作蜂巢形。

308. 矽鋼 (Silicon Steel)

矽素入鋼，能使鋼質增硬，然不若碳素之顯著，故工

業上無特別價值。

309. 鋁鋼(Aluminium Steel)

當熟鋼在杓時,加入鐵鋁合金 (ferro-aluminium), 可以立止其沸騰,鋼得鋁而堅,故極軟之鋼,可鑄極堅之器具。

310. 鎳鋼(Nickel Steel)

鎳在鋼中,能使張強加大,如含鎳 11.39% 之鋼,其張強大至 65 噸是也,然張強增,則伸長之數減少,又其效力亞於碳素。

311. 高碳鋼(High Carbon Steel)

加鐵錳於熟鐵,不可為煉高碳鋼之法,達比(Darby)氏乃和適宜之木炭於熟鋼熔汁中而煉成之。

第十四篇

銅

312. 物理性質

銅(copper) 色紅,比重 8.5-8.8,張強約 11 噸,經輓壓者倍之,成絲者更增.富有展延二性,善於傳熱傳電,稍含雜質,傳電之力即大減.熔點約 1084°C .,熔時吸收輕氣,一氧化碳氣,及 SO_2 氣,凝固時仍復吐出,然存留一部分於其中,此熔銅鑄器,所以常體多微隙也.

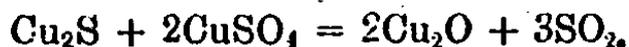
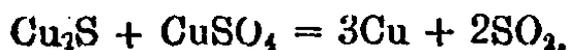
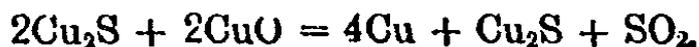
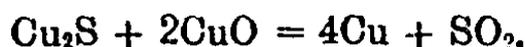
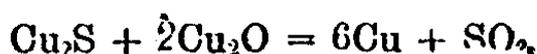
313. 化學性質

在平常溫度時,置於乾空氣中,不起變化,與含二氧化碳氣之濕空氣接觸,始發生鹽基性碳酸鹽,俗名銅綠(verdigris). 銅易溶於硝酸,王水,及熱硫酸中.若通空氣,即極稀之酸,亦能漸漸溶之.燒紅於空氣中,表面結一氧化二銅及一氧化銅兩種氧化物之薄皮,前者易滲入銅之本體,使之性脆.

一氧化二銅 (Cu_2O) 在爐中易熔,又易為輕氣,一氧

化碳氣,木炭,鐵,鋅,硫化鐵,硫化銅等所分解,還原成金屬。一氧化銅(CuO)在爐中不熔解,然亦易於還原。

銅之硫化物亦有兩種,冶金術中僅以一硫化二銅(Cu₂S)一種為重要。其色灰黑,熔點約1130°C。不通空氣,僅用強熱,不能使之分解。若研成粉末,通空氣,從容燒至微紅熱,則硫與銅均行氧化。前者一部分成SO₂而逃散,一部分變為硫酸,與若干之氧化銅化合成硫酸銅。此物燒至強紅熱,仍行分解,全變為一氧化銅。將一硫化二銅與氧化銅硫酸銅按適當之配合,燒至銅之熔點,其硫成SO₂而逃散,其銅全還原為金屬。若配合不當,氧多於SO₂中應有之比例,則生產物中,又必雜有^手硫化銅。茲將諸反應列式明之:

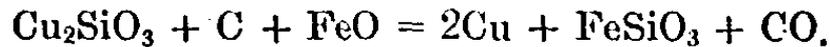


一硫化二銅在紅熱時,不為碳或一氧化碳所分解。混和他種硫化金屬燒熔,則互相結合,構成曇金(matte)。氧化銅與二氧化硅混合燒之,易化合成硅酸銅。故

熔煉氧化銅砂,如無充分之硫存在,則銅必變成硅酸銅,混入熔渣,此泡銅渣,精煉銅渣,及迴轉爐渣所以含硅酸銅甚多也,此物易為一硫化鐵及鐵所分解:



當一氧化鐵存在時,又易為碳素所還原:



由熔渣及硅酸鹽礦砂取銅,實基於以上諸反應.

314. 商品銅

市上之銅,質常不淨,含有砷,銻,鐵,鉛,鎳,錫,鉍,銀,及一氧化二銅等,其最有害者為一氧化二銅,量雖極微,能使銅性變脆,其次則砷與銻,亦妨害銅之韌性,銅之最淨者,為電力精煉銅及蘇必利爾湖礦砂煉成之湖銅 (lake copper),而精選銅(best selected)次之,含砷在 0.05 % 以下,銻量極微,再次為餅銅 (tough cake),所含之銻有時達 1 % 之多,至於智利銅條(Chili bar),為未曾精煉之銅,含硫 1-1.5 %,他種之銅,含有害之雜質,有甚多者,亦有絕無者.

315. 銅之提煉

銅之提煉分乾濕二法,近世 90 % 之銅,皆由乾法煉

出;濕法除 Rio Tinto 礦因具有特別原因外,他處不常用之。

乾法熔煉之原理

316. 氧化銅礦砂

礦砂為碳酸銅或赤銅礦,則和助熔劑及木炭或焦煤,送入鼓風爐熔煉之,使成含銅 97-98% 之黑銅 (black copper). 惟渣滓中常含銅多至 2%,較熔煉硫化銅所生者為高,故如有硫化銅礦砂,須與氧化銅礦砂合煉。

317. 硫化銅礦砂

煉法較氧化銅礦砂為繁;然渣滓較淨,含銅不過 0.5%。其變化之原理如下:

- (1) 銅與硫之愛力,大於鐵與硫之愛力。
- (2) 鐵與氧之愛力,大於銅與氧之愛力。
- (3) 氧化鐵能與二氧化硅化合成易熔之渣。
- (4) 硫化銅能與他種金屬硫化物完全混和,構成曇金。
- (5) 曇金之比重,較熔渣為高,熔時沈於熔渣之下。
- (6) 銅曇金能由礦砂中提出金銀,溶解於其本體之內。

由上言之,硫化物礦砂中之鐵及硫,須氧化其一部分,所生之氧化鐵,即與礦砂中之二氧化硅化合成渣,而留下足量之硫,以與銅及所餘之鐵化合,構成成分適當之曇金,含銅僅2-10%之礦砂,熔煉一次,其成分可增至20-40%之高,再和二氧化硅煉之,鐵之除去者更多,銅之成分因之更富,可以直接提出矣,然近世多數大煉廠,不行此第二次操作,直將第一次所得之曇金,用柏塞麥迴轉爐法提取其銅。

銅曇金中除含硫化鐵外,尚有鎳,鉛,銀,鋅等之硫化物及砷化物銻化物,其溶解金銀,有難易之不同,如下所示:

一 硫化二銅易於溶解金銀。

金屬銅為曇金之構成物之一,亦能溶解金銀。

硫化鉛能溶硫化銀,但對於金少作用。

硫化鋅對於硫化銀及金均少作用。

硫化鐵對於硫化銀及金,幾無作用。

金屬鐵為曇金構成物之一,易於溶金,然對於銀則否

夫曇金既具有溶解金銀之性質,故含銅在2%以下之礦砂,有時能提煉獲利,因其含有金銀,足資彌補也,質言之,近世一部分之金銀,實由銅礦中得來。

煉銅乾法

318. 煉銅乾法

由礦砂煉銅之乾法,分以下三類:

(1) 於反箴爐中熔煉硫化礦砂法.

(a) 烘焙之後.

(b) 不預先烘焙,惟摻加氧化銅礦砂或含銅之材料.

(c) 熔煉焙過之細砂及精選砂.

(2) 用鼓風爐熔煉硫化礦砂法.

(a) 將一部分之礦砂預先烘焙.

(b) 熔煉未曾焙過之礦砂.——硫鐵熔煉法 (pyritic smelting),或部分的硫鐵熔煉法 (partial pyritic smelting).

(3) 用鼓風爐熔煉氧化礦砂法.

319. 烘焙

自發明硫鐵熔煉及部分的硫鐵熔煉兩法以來,烘焙一事,多廢除不用.即將礦砂本體之硫,利用為鼓風爐主要燃料.

礦砂之須烘焙與否,曩昔由銅成分之高低定之,今

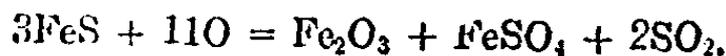
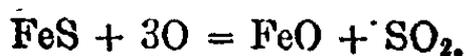
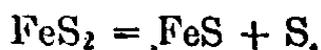
則視礦砂之性質為轉移。例如含銅僅 2% 之硫化礦砂，可用硫鐵熔煉法或部分的硫鐵熔煉法處理者，不必烘焙。而含銅 5% 及甚多之石英與礬土之礦砂，經熔煉操作，增銅至 10% 後，反須烘焙是也。大抵烘焙法限用於含硫化銅之精選砂及細砂，亦因二者顆粒太細，不適於直接用鼓風爐處理耳。烘焙法分下之二種：

(1) 普通烘焙法 焙過之砂，與未焙時粗細如一。若為細砂，祇可用反箴爐熔煉。若用鼓風爐，必須先壓成甌，方免吹散，然仍難十分如意。

(2) 鼓風烘焙法 焙過之砂膠結成塊，便於鼓風爐處理。

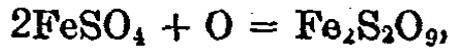
320. 烘焙硫化銅礦砂之反應

黃鐵礦分解為 FeS 及 S，後者至礦砂表面燃燒成 SO₂，前者氧化為 Fe₂O₃，Fe₃O₄，及 FeSO₄：



硫酸亞鐵因熱而為氧所分解，變成鹽基性硫酸鐵，

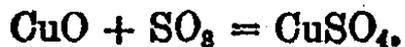
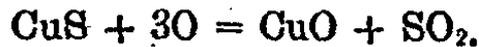
達 600° C. 左右時,再分解爲 SO_3 及 Fe_2O_3 :



大部分之 SO_2 成氣而逃,然小部分受養氣及高熱之礦砂及爐壁所作用,變成 SO_3 :



硫化銅之氧化與硫化鐵相同,所生之一氧化銅與 SO_3 化合,亦生硫酸銅;熱度達 850° C. 左右時,硫酸銅分解,但常有一部分不變,存於礦砂之中:



焙過之砂含氧化銅,氧化鐵,硫酸銅,及未行分解之硫化銅,硫化鐵,若礦砂原含方鉛礦,硫鋅礦,或硫化銻,硫化砷,則焙燒時,前二者變成氧化物及硫酸鹽,後二者一部成氧化物揮發,一部變成銻酸鹽及砷酸鹽,存於焙砂之中。

321. 整砂之普通烘焙

整砂可砌堆或加圍牆烘焙之,如在當風潮濕之處,以用後法爲佳,而於雨天尤然,因堆頂易於遮蓋,所生之硫酸銅不致爲雨水所淋去也,然二法除有特別原因如 Rio Tinto 及下舉之數例外,他處不常用之。

德國 蠻司飛 銅頁岩,含煤油質約 13%,砌堆烘焙之。堆長 130 呎,長 7 呎,頂寬 16 呎,底寬 24 呎,於底之周圍用茅柴生火,使其自燃。

英格蘭 及他地方將含銅 1-3% 之黃鐵礦砂入窯烘焙,發出之 SO_2 , 用以製硫酸,焙過之物,名曰焦砂,或和硫化礦砂熔煉,或用濕法提取其銅。

322. 細礦砂及精選砂之普通烘焙

各種焙爐均可用,然美國趨用麥道果爾式 (M'Dougall type) 之焙爐,因其消耗人工,燃料,均甚低也。爐以 $\frac{3}{8}$ 吋厚之鋼板造成,內胎 8-9 吋厚之火甌,煉坑六箇重疊成層,彼此相距 30 吋,中貫垂直空心軸,其上裝空心臂六枚,均有梳齒翻攪礦砂,第一,第三,第五煉坑之出口在中央,第二,第四,第六者在周圍,礦砂由頂上之斗注入第一煉坑,經梳齒耙落至第二坑,依次達於最下之坑,穿爐底之斗落入車內,氧化所需之空氣,由爐壁之門放入,軸及臂均灌冷水,或壓入空氣退冷之。

美國安納康打 (Anaconda) 煉銅公司,將碎石灰石與礦砂同時注入焙爐,以爲後來反餞爐熔煉時之助熔劑。用徑16呎之爐一座,每24小時,可焙含硫38%之礦砂40噸,使其硫低至6%。

焙過之砂,顆粒太細,祇能用反餞爐熔煉。若欲其適於鼓風爐處理,須改用下之鼓風烘焙法。

323. 鼓風烘焙法

此法烘焙鉛砂廣用之,若用以處理銅礦砂,罕能十分奏效,因此有始用之而旋棄之者矣。今將澳洲瓦納羅 (Wallaro) 銅礦所用之法略述之。釜以生鐵製成,內徑8呎8吋,深4.5呎,可容礦砂8-9噸,兩旁有耳,挂於堅強之架上,故可隨意顛倒扶直。距其底之上10吋許,爲穿孔之假底,空氣由其下壓入,壓力約13噸,每分時容量約1000立方呎。所焙之礦砂應含二氧化硅15-35%,硫15-25%,用充足之水潤濕,以免所生之氧化鐵將礦砂顆粒隔開,致不能膠結。欲礦砂在釜中燃燒最佳,其粗細以 $1-1\frac{1}{4}$ 吋者占三分之一,其餘之三分之二,則爲淘選之細砂。進行之法,將上次焙過之礦砂粗3-4吋者,鋪於假底之上,於其中央生火,鼓微風助其燃燒。嗣將生砂注入,約至半滿,增大風力至13噸。俟其燒紅,再添生砂,以滿爲度。繼續

鼓風,至 SO_2 氣將盡,礦砂全體紅時,拆開風管,將釜顛倒,傾砂於 4-5 枚之生鐵錐上,使之撞碎成塊,計自入釜以至出釜,約經 8-12 小時之久,含硫 20%,銅 10-12% 之礦砂,一經烘焙,所餘之硫不過 5-6%.

本法之長處,在能免除礦灰之損失,焙過之砂,又能逕用鼓風爐熔煉,其不愜人意之處,則在焙砂常有未曾完全膠結之事耳.

反餞爐熔煉法

324. 反餞爐熔煉法

反餞爐最宜於熔煉焙過之細砂及精選砂,近世用以熔煉整砂者甚少,其功用與鼓風爐互相表裏,即鼓風爐熔煉整砂,反餞爐熔煉細砂是也.兩者之優劣實難軒輊,茲僅舉其特長如下:

(1) 反餞爐不似鼓風爐之需馬力,出爐之火氣又可用以發生蒸汽,反之鼓風爐較反餞爐更適於熔煉含二氧化硅多之熔渣,而用硫鐵熔煉法以煉含硫鐵多之礦砂,更無其匹.

(2) 反餞爐所需之火甌,耐火物,及修理費,均較鼓風爐為昂,但劣煤及油均可用為燃料.

(3) 最大反餞爐每日生產物約在 300 噸以上,與

普通鼓風爐相當，但礦砂之性質若不規則，則鼓風爐實優於反燄爐。

就世界大部分銅礦砂言之，鼓風爐優於反燄爐之處甚多：建築費低，一也；能煉巨額礦砂，二也；使用簡單，三也；燃料之消耗低，四也；硫可利用以生熱，五也；氧化力較強，六也；礦砂之熔煉費低，七也；工作法可隨礦砂之性質而為伸縮，八也。

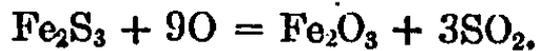
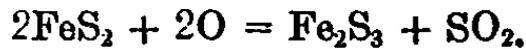
825. 衛爾士煉法 (Welsh Process)

昔日煉銅最要之法，為衛爾士法，用反燄爐以煉黃銅礦，黃鐵礦，及石英之混雜礦砂，分六段進行，亦有多至七段八段者，至近日六段之法已廢棄不用，七段八段者更無論矣，今將六段之法追述於下，蓋近日煉銅諸新法，其原理均基於此也。

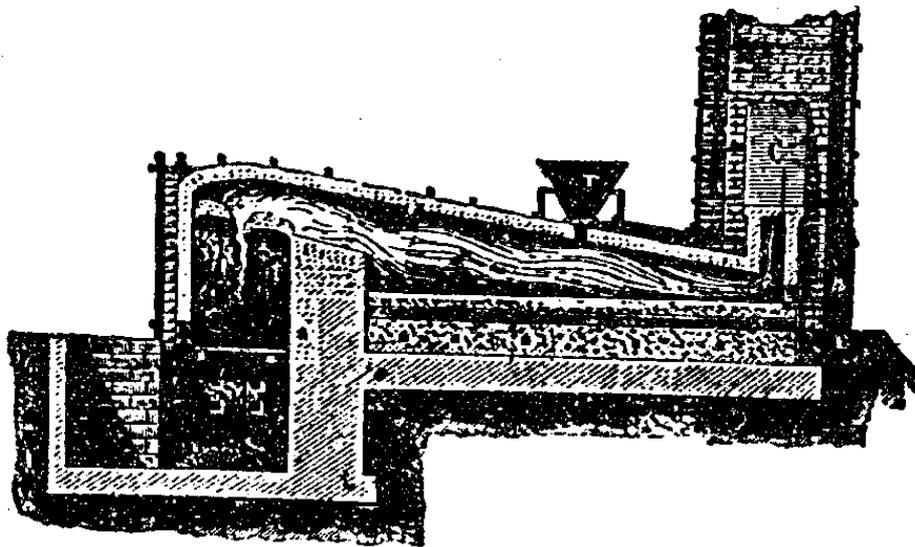
混和礦砂：將成分不等之礦砂互相攪和，平均約含銅8-10%，如太高，熔煉時必渣少銅多，銅生失耗不及，則渣多銅少，燃料虛糜，渣滓在爐，以不稠不稀為上。

第一段烘焙礦砂，驅去其砷及一部分之硫：所用為焙砂反燄爐，容壓碎之礦砂3-4噸，鋪勻於煉坑之內，焙之12小時，時時從工作門用耙翻動，以增空氣之作用，且免礦砂熔結，在此爐之低紅熱，礦砂中一部分之金屬

與空氣化合成氧化物,砷及硫則變為 As_4O_6 及 SO_2 而逃去,火候半足,即由煉坑缺口耙至爐下空處退冷,其成分大半仍為硫化物,因烘焙時所氧化者多係硫化鐵,而銅幾全體仍為硫化物也,放出之 SO_2 及 As_4O_6 隨火氣逃入空氣中,損害附近之植物,故近日煉廠有將 SO_2 收集以製硫酸者,礦砂之變化甚繁,茲列其主要之反應如下:



第二段熔成粗金屬 (coarse metal), 將氧化鐵變為硅酸鹽: 取焙過之礦砂 0.9 噸, 混和含氧化銅及二氧化



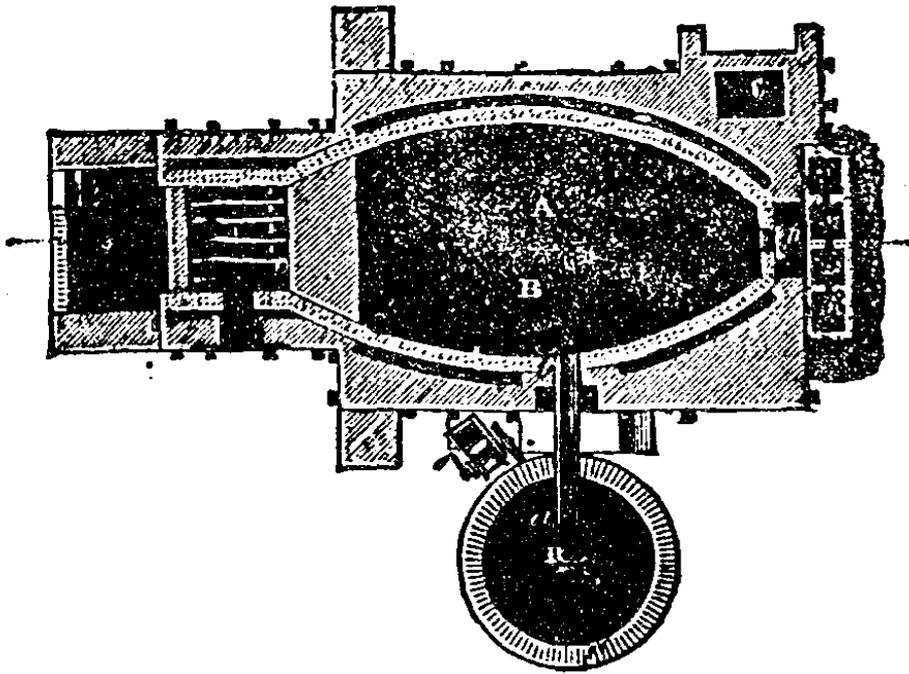
第 72 圖

T 進砂斗

U 排渣機

P 出渣孔

C 煙道

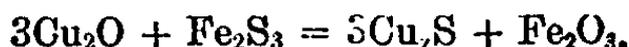


第 73 圖

A 煉坑 B 弄
F 火坑 R 承受粗金屬之水池

硅之生砂 0.15 噸，及後來第四段之渣滓 0.3 噸，送入第 72 及第 73 兩圖之反餞爐，閉門熔之。火候既足，竭力攪和，俟其沈定，將上面渣滓從爐尾之門耙出，瀉入沙模。添加礦砂入爐，依法再煉耙出熔渣，然後放瀉兩次。煉得之粗金屬使流入爐前水池，散成碎顆，其含銅須在 30% 左右，成分於黃銅礦為近。若超過此數，渣滓中必帶銅太多；不及乎此，又須入爐重煉。故煉時之火候，不可不十分注意也。渣滓色黑，大半為硅酸鐵，其內混有二氧化硅碎塊及 0.5% 以下之銅。在爐時不可過稀，過稀則不便耙出；亦不可過稠，過稠則粗金屬難於沈定。

焙過之礦砂爲硫化鐵,硫化銅,氧化鐵,氧化銅,及他雜質所合成,熔煉時鐵中之硫與銅化合成硫化銅,銅中之氧與鐵化合成氧化鐵,再與二氧化硅化合成渣:

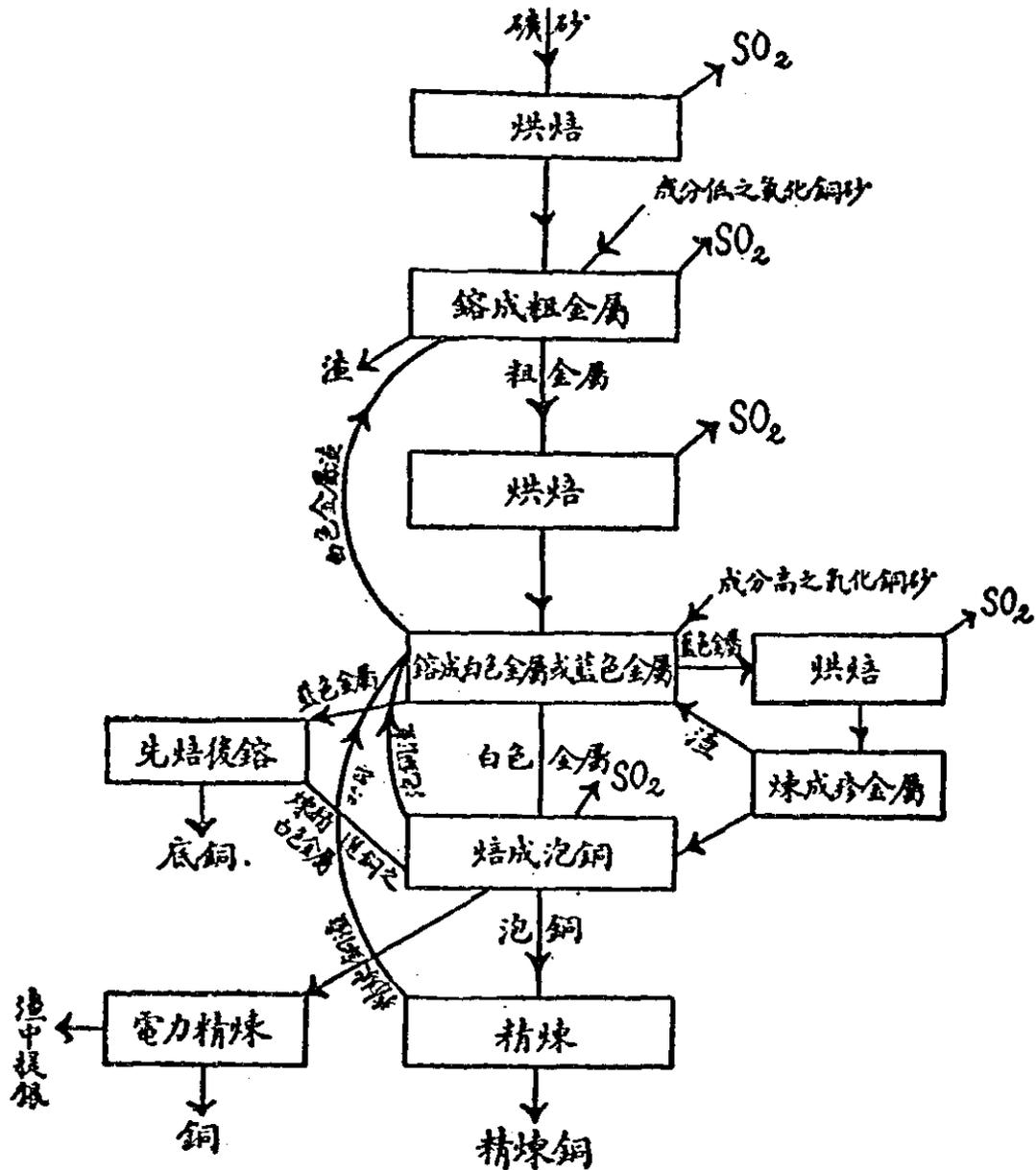


觀以上反應,可知第一段之焙砂者,所以欲其中之鐵氧化,便於第二段與二氧化硅化合成渣,令硫化銅漸就於純耳,然則苟另有氧化銅砂,可將兩者逕合而煉之,不須第一段之烘焙矣.

第三段烘焙粗金屬: 粗金屬出爐瀉入水池,散成碎顆;若不以此法,則模鑄之整塊,須用機壓碎之,取此碎粗金屬約 3.5 噸,焙於與第一段相似之反餽爐中,空氣須足,熱度初低,繼則隨硫驅去之比例而增高,惟不可使礦砂熔解,每隔兩小時,用耙翻動,約 24 小時而告成,焙過之物爲硫化銅及若干氧化銅與氧化鐵以及少量未變之硫化鐵,化學反應與第一段同.

第四段熔成白色金屬或藍色金屬 (white or blue metal): 取第三段焙過之粗金屬約 1 噸,混和成分高之硫化銅砂或氧化銅砂及後來第五第六兩段之渣滓共

衛爾士法煉銅之次序

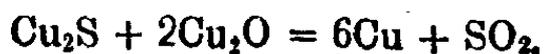
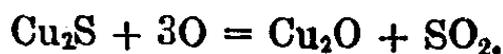


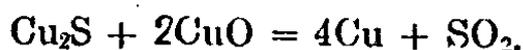
約 0.6 噸,送入與第二段相似之反燄爐中熔之,爐之煉坑無井,惟各部向出砂孔低下耳,火候既足,撇去熔渣,放瀉內容物入於沙模,此物或為白色金屬,或為藍色金屬,視第三段烘焙之火候為定,前者色灰白如鋼,性硬而脆,

含銅約75%，鐵質甚少。後者性較前者為硬，色近藍灰，含銅約60%，鐵質較多。由此觀之，白色金屬與藍色金屬之區別，在於含鐵之多寡；而含鐵之多寡，全視第三段烘焙時硫驅去之程度何如耳。苟使鐵完全化盡，渣滓中帶去之銅必不少，又可知矣。爐中渣滓名白色金屬渣 (sharp slag)。大部分為硅酸鐵，含銅約2-4%。併入第二段煉之。

第五段焙成泡銅 (blister copper)：爐式與第二第四段所用者同，惟火橋之兩旁各開一孔，爐頂當火橋之上亦開有孔，皆所以放空氣入爐者也。煉法取3-5噸之白色金屬，堆集於火橋之附近，生火燒之，節制熱度，使成熔汁下滴，飽受氧化，全體既熔，按時撇去表面熔渣，每撇一次，即任熔質略行退冷，使之發生作用，則見SO₂氣湧出，熔質為之沸騰，火候完足，增高熱度，將煉成之泡銅放瀉入模，凝固時體中有SO₂氣吐出，致其表面起泡，故名。渣滓色赭，含硅酸銅不少，其內另雜有小顆金屬銅。

白色金屬中之硫化鐵，遇熱及空氣變成氧化鐵，與模中帶來之二氧化硅及爐壁之二氧化硅化合成渣，所餘之硫化銅，先與養氣化合成氧化銅，繼與未行氧化之硫化銅化合而成泡銅：





若氧化銅不足,泡銅內必雜有硫化銅;若過多,渣滓內必雜有硅酸銅。於斯二者而較其得失,則與其雜硫化銅於泡銅(因尚須再煉),不若使若干硅酸銅混於泡銅渣中,併入第四段處理之之爲愈也。

第六段精煉: 其法詳載於本篇之末,今撮要於此,以補本段之闕。

將泡銅數噸,傾於熔砂反燄爐內,煉坑之井位於爐尾之門之下,熔解十餘小時,放入足量空氣,面上之渣,隨時撇去,以便銅中之硫鐵等雜質逐漸氧化,並發生若干氧化銅。此物除溶於銅之本體者外,餘與二氧化硅化成渣,於火候足時耙去之。傾煤或木炭若干於銅面,即用長樹條將銅攪和,使其中之氧化銅分解。煉銅者頻取少許於杓,冷後碎之,察其火候之成熟與否。如已成熟,即棄去樹條,搥銅出爐,傾注模中,俟其凝固,移入水中退冷,即精煉銅(refined copper)也。耙出之渣名精煉銅渣(refinery slag),其色紅,內含鹽基性硅酸銅及金屬銅顆不少,併入第四段煉之。

乾銅,韌銅,及過性銅(dry, tough pitch, and overpoled copper): 銅熔解時,有若干之一氧化二銅溶於其內,苟不以樹條攪動而分解之,則鑄錠後,性硬而脆,表面之中

央陷成淺溝一條，断面暗晦，色若紅甌，若是者謂之乾銅。所謂乾銅者，即乾銅曾經樹條攪動，分解其一氧化二銅者也。凝固後表面無長淺之溝，惟多橫行之綫紋，性較軟而富韌性，断面橙紅，有明亮之金屬光澤。嚮使攪動過久，此韌銅復行變脆，断面不平，且常具管狀孔穴，似有氣體曾從其中洩出者然，是曰過性，亦曰燒焦 (burnt)，或熔韌銅於輕氣煤氣諸還原氣中，亦呈此變象。其故因銅中含有極少之砷銻等氧化物，用樹條攪動者，欲一氧化二銅之分解耳，適可而止，遂成韌銅；攪之太甚，即砷銻之氧化物亦行還原，其損害銅之韌性，較成氧化物時為尤烈，此過性銅之所以脆也。

衛爾士舊法近世改良者甚多，以期減少段數，而節省勞力及時間。如所煉之砂含硫鐵不甚多，又能獲得含氧化銅之材料，或由硫酸廠購買含銅之焦砂，則烘焙一層，可以免去，逕行熔取粗金屬。茲就最普通之改良法述之。

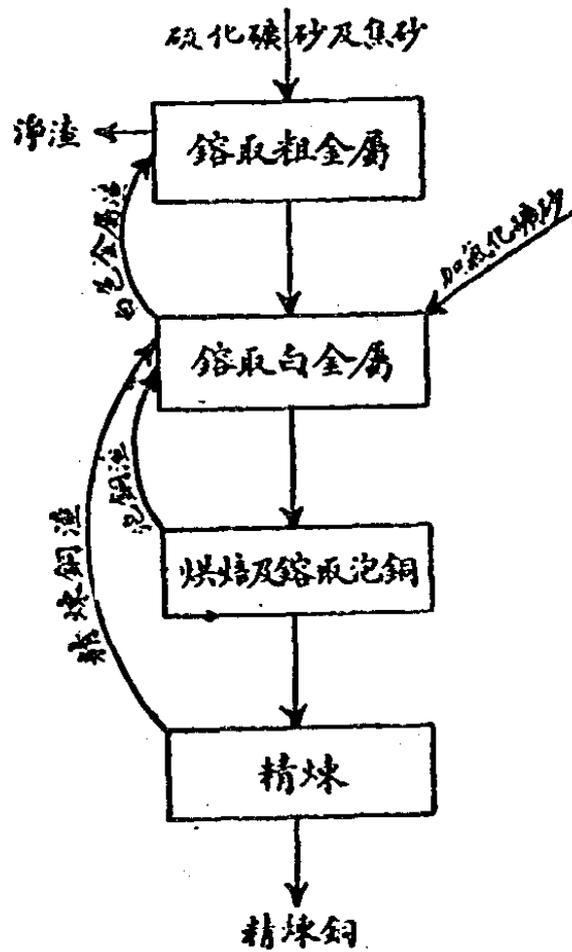
第一段熔取粗金屬：爐不甚大，煉坑長 22-24 呎，寬 14-16 呎，火坑長 5 呎，寬深各 4.5 呎，將生礦砂，焦礦砂，及後來第二段之渣滓混和共約 16 噸，由爐旁之門或頂上之斗分四次送入，每次四噸，第一次之四噸入爐，將爐門關閉，塗泥封之，加足火力，熔解後，用桿攪和，旋任其沈定

一小時之久，俾曇金下沈，撇去上面熔渣，添加礦砂四噸，如法處理，由是再添礦砂兩次，火候既足，放瀉曇金流入沙模或鐵模，其成分約含銅 30-35%，渣滓含銅約 0.25-0.75%。

爐中之反應與衛爾士舊法同，焦砂中之 Fe_2O_3 與生砂中之 FeS 化合，發生氧化鐵，轉與 SiO_2 化合，混入熔渣：



衛爾士改良法煉銅之次序



第二段熔取白色金屬： 上段所得粗金屬，不加烘焙，即與含氧化銅之材料及後來第三第四兩段渣滓，共同入爐熔煉之。爐式及煉品多寡，與第一段均同。惟每進砂兩次，撇去熔渣，即須放瀉白色金屬一次耳。其短處在將第四段渣滓中之雜質，引入白色金屬之中。

第三段焙製泡銅： 與衛爾士法之第五段同，惟爐式較巨。

第四段精煉： 與衛爾士舊法同。

326. 精選銅

煉此種銅之法，創始於英之斯溫西 (Swansea)，以煉康瓦爾含錫之銅礦砂，使成純淨之銅。然近人甚罕用之，但精選二字，仍存而不廢。凡特別純淨之銅，常以此二字名之，不問其果係此法所煉成否也。該法先將礦砂煉成白色金屬，送入焙砂反餞爐從緩焙之，放入空氣，僅使一部分之 Cu_2S 氧化成 Cu_2O 。嗣 Cu_2O 與一部分之 Cu_2S 化合，發生金屬銅，與其餘之 Cu_2S 混為一體，共瀉入爐旁之沙模或鐵模。在前五六模中者，銅居下而硫化銅居上，兩相分離。在下者名底銅 (bottoms)，含所有之金錫，大部之砷銻，及一部之銀。熔鑄為陽極銅，用電解法處理，或鑄成中空之彈，以製硫酸銅，則銅溶解而金銀成泥。在上者

名硫化銅(regule),送入他反餞爐煉成泡銅,精煉後,含雜質甚少,是為精選銅。

近世大煉廠煉銅之反餞爐,其煉坑長50呎,寬20呎;至長116呎,寬19呎,小煉廠因細礦砂及精選砂不足以供給巨爐,故祇用較小之爐。

美國反餞爐之基為熔渣,厚2-4呎,係於地上掘坑,將熔渣灌入為之,其上鋪甌數層,甌之上砌爐牆,火橋,及工作底,在英國則建爐於穹洞之上,洞與煉坑等長,今列普通爐之尺碼如下。

煉坑長36呎,寬15呎,火箱長8呎,寬6呎,煙突內徑4.5呎,高80呎,火橋寬3.5呎,上離爐頂2呎,煉坑當煙突處,離爐頂亦2呎,爐橋離火橋頂3呎或3.5呎,視煤之性質為差,火箱後有缺口,以便修理火橋近火之一邊,煉礦時塞甌塗泥封之,爐橋之下為灰坑,深5.5呎,以便除去爐橋上之煤灰及膠結之物,煉坑之兩旁,各開二門,為攪拌礦砂及補葺工作底之用,另有一門,為搬出熔渣之用,爐前之門,係搬熔渣之主要門,爐頂當煉坑之上裝四斗,送入礦砂;當火箱之上裝二斗,送入燃料,每24小時,可煉礦砂50-70噸。

爐頂及爐旁均用最佳之二氧化硅甌建砌,厚12吋或14吋,前者用鐵梁支之,後者外加常甌護之,煉坑有時

用二氧化硅甌鋪砌,但平常多用石英沙,研碎之石英石,或含二氧化硅95%之火星石,其粗細須能過孔徑 $\frac{1}{4}$ 吋之篩。爐既全乾,生火燒紅,將過篩之物傾入 5-6 噸,燒之 5-6 小時,頻頻攪拌,再行添加,如法處治,至厚約 20 吋爲止,乃增高熱度,使之熔結,耙成適當之形,且用杓頭之長鐵器打緊之,旋封閉爐之各缺口,竭力增高熱度,經 12-16 小時,從容退冷至全紅熱,將熔渣及礦砂之混合物投入熔解,繼用以熔煉少量礦砂,每次均退冷至紅熱,如是者 3-4 日,然後方做下述之正式熔煉工夫。

將熔過之礦砂 15 噸及含銅之材料熔渣等,從爐頂之斗注入,落於存留之曇金熔汁上,即從爐旁之門用耙耙平之,事畢,封閉各門,經 2-3 小時之久,插入長耙,將結於底上之礦砂耙動,然此非常有之事也,再越 3 小時,礦砂當通體熔解,於是移開爐前火泥堤之一部分,及其前面之鐵板,令熔渣流出,入於有輪之罐中,同時更啓爐旁之門,將熔渣撇出,如有曇金隨渣逃出,可於罐底取得之,直至爐內曇金積至 20 噸之多,方啓孔放瀉,引入鐵模,至爐內尙餘 5-6 噸爲止,爐煉礦數次,煉坑之壁及火橋,必爲之消蝕,須將研碎之火星石,或研碎之石英與陶泥之混合物,加水調濕,搗成圓球,用長杓按入消蝕部分而築緊之。

327. 用大反餞爐熔煉細礦砂及精選砂法

美國及墨西哥熔煉細礦砂,精選砂,及煙道灰塵,用巨大之反餞爐,因其有充足之礦砂爲之供給也,此等爐與鼓風爐並行不悖,今舉三例如下:

地 名	爐數	煉坑長	煉坑寬	火箱之大	由爐熱氣發生之馬力	每日噸數
1. 美國蒙塔納之安納康打	8	111'8"	19'	7'×16'	560	253
2. 墨西哥之坎納尼亞(Cananea)	2	100'	19'	用油	971	102.3
3. 烏塔之加飛爾(Garfield)	6	112'	19'	7'×18'	320	240

以上諸爐,形式,建築,及用法均同,茲略述安納康打所用之法如下.

爐內常餘曇金深1-13吋,以資保護,每65或70分間由爐頂之第一斗注入礦砂10噸,第二斗注入5噸,全體既熔,方行添加,所注之礦砂,直接由焙砂爐而來,故爲熱砂,落於曇金及熔渣之上,不致傷及煉坑,且無礦砂膠結坑底之事,砂初入爐,浮於熔質上面,向爐前移行,然往往半道即熔而不見,每四小時,撤熔渣由爐前之門流出,入於生鐵罐中,取其帶出之曇金,而溢流罐外之渣,則用水使成細顆而沖去之,爐內之曇金以時放瀉入巨鐵杓,爲迴轉爐熔煉之需,出爐之火氣,則利用之發生蒸汽.

每40分間由火箱上之斗加煤1.5噸,隔四小時鬆火一次,將未行燒盡之煤,用水沖至一行之鐵條上,收取其較大之塊,其落過之細顆,則用水簾淘洗法取之,和生

煤壓造成靛,用爲鼓風爐燃料。

坎納尼亞之爐,用石油代煤,煉費尤省。每噸礦砂耗油不及一桶,而發生蒸汽,可利用之數,實占其中之43%。

巨爐之長處,可枚舉於下:

(1) 工作不停,無如用小爐之費時耗散熱力之弊。

(2) 燃料人工均較省。

(3) 煉坑底有曇金保護,故不致受傷。

(4) 礦砂之熔解極速,爐中曇金及熔渣之熱,足利用以熱新加入之砂。

(5) 放出之火氣可用以發生蒸汽。

坎納尼亞之立刻次氏 (Ricketts) 之言曰,巨大反餽爐不僅能使吾輩熔煉煙道灰塵及精選砂之費用較用鼓風爐熔煉粗細砂混合時爲低,且粗砂不雜細砂,鼓風爐之煉費爲之減省,其煙道灰塵之損失亦爲之減輕。

在加飛爾將礦砂過篩,凡細於 $\frac{3}{8}$ 吋者用反餽爐煉之,粗於此數,則用鼓風爐,後者所生之灰塵,較從前大減,長20呎寬4呎之爐,每日可煉礦砂350-600噸,即每平方呎煉坑所煉之礦,較他處同式爐爲多。

鼓風爐熔煉法

328. 鼓風爐熔煉法

就多數銅礦砂言之,鼓風爐勝於平常反餽爐之處甚多,前既枚舉之矣,其最大之短處,在於精選砂及細礦砂必須先造成軛,否則不免吹散,但為量不多,僅占煉品之一小部分時,可以無害總而言之,兩種爐不能稍加偏廢也,茲將近世煉銅之法,再行約略列舉如下:

(1) 用鼓風爐熔煉整砂,

(a) 預先烘焙一部分礦砂,

(b) 用部分的硫鐵熔煉法,不預先烘焙礦砂,

(c) 用硫鐵熔煉法,不預先烘焙礦砂,

細礦砂經鼓風烘焙而膠結者,及焙過之精選砂之已造成軛者,均可按(a)法併合整砂煉之,

(2) 細礦砂不用鼓風烘焙法,又不造軛,則先用機械攪拌之反餽爐烘焙,繼用反餽爐熔煉之,

(3) 將鼓風爐或反餽爐所生之曇金,用柏塞麥迴轉爐法使成泡銅,

(4) 用反餽爐精煉泡銅,提淨其一部,鑄成陽極銅。

(5) 用電解法使陽極銅變為電力提淨銅,同時分出其所含之金銀,

(6) 將陰極銅送入精煉爐熔解,鑄之成錠,

329. 鼓風爐之形式

爐形圓或橢圓,或成直角形,熔煉巨額礦砂,以用直角形者為最佳,若巨大圓爐,除有特別原因外,不宜採用,因風力難透入中央也,爐之出產,視下列數事為定:

- (1) 爐當空氣龍頭處之面積.
- (2) 礦砂之性質及成分.
- (3) 礦砂及其配合物之熔度.
- (4) 鼓風之容量及壓力.

330. 圓爐

由上述之原因,圓爐之用固不及直角形者之廣;然團聚曇金及熔煉氧化銅砂成黑銅 (black copper), 仍適用之,又小煉廠亦常以之煉平常礦砂,爐之徑在英美二國約36-48吋,在德國登司飛地方則大至6呎2吋.

331. 用圓爐熔煉氧化銅礦砂

產氧化銅砂足供單獨熔煉之地方甚少,煉過之渣含銅甚多,且焦煤之耗費亦大,故除有特別原因不適於煉曇金外,此法似不宜採行.

332. 福洽公司 (Fraser & Chalmers) 煉氧化銅砂之圓爐

爐底以生鐵製成,水套係熟鋼製,彼此間之空處以

鋼板圍之,前者中央之圓缺口,以門兩扇向上閉之,門及圍板內面,均胎火甌,其上加塗火泥及碳素之混合物,全體載於鐵柱之上,便於啓門入內修理煉坑頂部之近旁有熔渣流出之孔,其底有放瀉黑銅之孔,龍頭六枚,風壓12-14 噸,進砂及工作法與煉曇金之爐相同,惟時放瀉黑銅,熔渣,不使聚積太多耳,前者入鐵模,含銅約95-98%;後者入熔渣罐,含銅約1.5-2.5%.

333. 直角形爐

爐之大小不一定,當空氣龍頭之處寬36吋長72吋,至寬56吋長180吋,或寬48吋長210吋,每日煉額自80至600噸,大約極寬之爐如56吋者,除所煉之砂全不雜細砂,可以堆積爐中甚厚,使用高壓之鼓風外,不宜仿行,因風力太小,不能透入中央;太大,又將細砂吹散也,今舉三例如下,以證巨爐之有益:

地名	空氣龍頭處之大小	龍頭之數及其大小	龍頭中央至達砂之距離	砂之厚	風壓	每日噸數
1. 安納東打	56" × 1044"	4" 徑者150枚	19'	-	40噸	3000
2. 坎納尼亞	48" × 210"	4 $\frac{3}{4}$ " 徑者36枚	10' 4 $\frac{1}{2}$ "	9'	10噸	280
3. 加飛爾	48" × 240"	-	-	10'	24噸	880

334. 直角形爐之普通建築法

爐之底板以柱承之,板上鋪9吋之甌,是為爐底,煉

坑四圍全係水套構成，分列兩層，載於與柱相聯之鋼條上，故移開底板時不致將其移動。水套之上為兩層火甌，再上為生鐵圍板，所以引礦砂等溜下至爐之中央者也。爐身由與柱相聯之圈形鐵板承之，其上加甌造成鐵製之斗，礦煙由此達於煙道及灰房中。爐身平進砂處之兩旁各開二門，為進砂及耙動膠結物之用。爐之一端及前面之中央各另有一小水套，耙動煉坑中之膠結物時則取下之。煉坑煉硫化礦砂者，其內不胎火甌及火泥與碳之混合物，因其易為含銅35%以下之曇金所侵蝕也。當煉時，因爐底散熱，有若干之曇金結於其上，是為實在之工作底。曇金及熔渣由兩小水套上所附之放瀉嘴流出，入於澄定器中，自分為二層。前者聚積既多，以時放瀉入巨杓，轉送至迴轉爐，或直接流入爐內，尤能免熱之散失。後者溢流出澄定器，用管壓水沖之，使成細顆，落入水槽。

煙道及灰房中之礦灰名曰煙道灰塵，可與細礦砂混合，用反酸爐煉之，或與他含銅材料合壓成甌，送入鼓風爐熔煉。如不用此法，則仿照美國田納西(Tennessee)煉銅廠及科拍琴礦山(Copper Queen)兩處所用之法處理之，亦能得適於鼓風爐熔煉之品。前者先鋪煙道灰塵於反酸爐內，其上加成分低之曇金，再上加灰，灰上再加曇金，依次行之，至全體厚約一呎為止。後者將礦灰與熔解

之迴轉爐熔渣共送入截錐形之圓鼓內混和,兩者從小端入,從大端出。

335. 鼓風爐之工作法

依平常熔煉硫化物礦砂之法,入爐之物爲焙過之砂塊生砂,或生砂塊氧化礦砂,此外另加金銀礦砂,但近世多數煉廠利用硫鐵礦中一部分之硫爲燃料,以代一部分之焦煤,對於礦砂,並不預先烘焙,惟將鼓風之法加以調治,令二者俱行燃燒,此即所謂部分的硫鐵熔煉法也,若將焦煤更行減少,幾全利賴礦中之硫爲燃料,是爲硫鐵熔煉法。

爐之小者礦砂,燃料,及助熔劑用手裝入,大者則需車運,傾入爐頂之大倉中,倉分五格,各安門二扇,由槓桿運動水力機開闔之,爐工視爐中某處應行添加,即開某扇門,注入礦砂燃料,其量自600磅至2噸以上不等,視爐之大小爲差,當注入時,粗細砂須分配均勻,務令細者落至中央,粗者趨向四旁,堆積爐中之厚薄,視燃料之性質及礦砂含鐵之成分以爲差,含鐵多者不可太厚,恐其還原故也,普通由龍頭中心向上量至砂頂,約8-14呎,由進砂門向下量至砂頂,約1-3呎,礦砂,助熔劑等之配合,以能產生含銅30-40%之曇金及含二氧化硅40%之熔渣

爲宜,但自創行用鹽基性爐行柏塞麥迴轉爐法以來,此等成分高之曇金,已非必須之品,即熔渣中之二氧化硅低至25%,高至55%,亦無妨礙,當煉時,曇金熔渣繼續流入澄定器,分爲二層,後者含銅不得過0.5%。出爐之火氣由灰房竄至煙突逃散,亦有經過硫酸廠,取其 SO_2 者。

336. 硫鐵熔煉法

此法幾全利用硫化鐵氧化所生之熱,不須預先烘焙礦砂,故煉費較常法爲廉,然須和焦煤1-2%以爲之輔助,其異於部分的硫鐵熔煉法,僅在焦煤之量不及5-6%之多耳。

本法之目的,在於由成分低之硫化礦砂,免除烘焙而能煉出成分高之曇金,故所煉之砂,須含充足之黃鐵礦或磁黃鐵礦以生熱,充足之黃銅礦以供給應需之曇金,及充足之游離二氧化硅以與鐵化合構成適當之熔渣,若前二者多而後者少,須加石英或含金銀之石英以調劑之,否則所得之曇金成分不高,若前二者低而後者高,又須另換硫化物礦砂。

含少量金銀及足量之銅之硫化鐵,用此法熔煉,最爲適當,因金銀均集於曇金內也,礦砂中之銅至少須有0.5%。金銀之成分愈高,銅之成分亦須隨之增高,蓋金

銀之聚集,全賴含銅之曇金,非純淨鐵曇金所能完全奏效也。曇金含銅之成分,視礦砂中銅之成分以爲差。例如礦砂含銅祇2%,則煉出之曇金常祇含銅10-20%,罕能達40%之數。欲其適於迴轉爐處理,須再和石英行第二次之硫鐵熔煉法,然後銅之成分方能達40-50%之多。又此等含銅不過2%之礦砂,如其中無金銀,常不能熔煉獲利。

所用之鼓風爐與普通所用者同,如將龍頭增多,收效尤佳。風之冷熱,在所不計,平常皆用冷風。若礦砂中之硫量較低,而焦煤又須增至6%以上,則改用熱風,實可得若干利益,然此又變成部分的硫鐵熔煉法矣。

337. 硫鐵熔煉法之反應

在爐之上部,黃鐵礦受熱,失去其一原子之硫,變爲 Fe_6S_7 。再行下陷,其硫之散失更多,變成 Fe_xFeS (硫化鐵及游離鐵)。此成分不定之生產物,實本法利用之燃料也。按施迪希特氏(Sticht)之說,此等放出之硫,不出礦砂頂面,不起氧化,其故因爐之上部,其中氣體俱屬中性,而鼓入之空氣(養氣)又全爲熔融帶(zone of fusion)所吸收。就來依爾山(Mt. Lyell)之爐言之,離空氣龍頭5.5-6呎之處,硫化物熔解, Fe_6S_7 放出其硫,變爲 Fe_xFeS ,然不起

氧化。既熔之後，穿過白熱石英間之空隙，一部分氧化成 FeO ，即與石英化合成硅酸鐵熔渣，與其餘未行氧化之硫化物共落至龍頭下之煉坑中。熔渣之性質，視所含之硅酸鹽為差。硅酸鹽之構成，又視融熔帶之熱度為定。曇金之成分，視鼓入之空氣量為轉移。而空氣量又須視與 FeO 化合之二氧化硅量而定。以故礦砂中之黃鐵礦苟增多，而空氣及石英不隨之增長，則黃鐵礦必變成 FeS 併入曇金，使其成分減低。今將熔煉上最須注意之二點，標明於下。

(1) 不僅空氣須充足，使應去之硫化鐵氧化，且石英亦須充足，使與所生之氧化鐵化合成渣。

(2) 添加少許之焦煤，在來依爾山煉爐其量僅 1%，但此屬於例外，普通常為 2-3%。其作用能使礦砂疏鬆，又能為 SO_2 所氧化，發生若干之熱，足輔助礦砂之變化。若為量過多，必有一部分達於氧化帶，消耗硫化鐵所需之養氣，使曇金之成分減低，而本法變為平常熔煉法，極言之，亦必成部分的硫鐵熔煉法也。

338. 曇金之柏塞麥迴轉爐法

迴轉爐分酸性及鹽基性二種，前者內胎二氧化硅，後者內胎碳酸鎂。其形式各有橫臥直立之不同。今將直

立式優於橫臥式之點列之於下：

(a) 爐中之曇金較深，風力較大，故氧化較速。

(b) 胎襯物之支持較為得力，故其消蝕較少而較勻。

(c) 胎襯物易於裝入。

其不及橫臥式之處在於風力之必須加增。

酸性爐昔日甚為通用，幾全係橫臥式，故有時名桶形迴轉爐 (barrel converter)。若來依爾山及蒙塔納之大瀑布兩煉銅廠，則從前及現在均用直立式者，其形與煉鋼者同，但風從旁入，以免還原之銅氧化而致凝結。

酸性橫臥爐之形圓，長 8-15 呎，徑 5-7 呎，周圍用熟鋼製，兩端用生鋼製分為上下兩部分，下部係爐身，所以容曇金及空氣龍頭者也；上部之頂裝一嘴，以便礦煙之放出，熔渣及泡銅之傾出焉。兩部用螺釘聯絡，便於拆散修理。全體載於圓輓上，用水力機推動齒桿掀倒扶起之。空氣壓力 5-10 磅，由鼓風機達於爐旁之氣箱，分入各龍頭。當箱之外邊正對各龍頭處，各有一孔，如龍頭窒塞，可由此插入鐵桿通之。

339. 酸性爐之胎襯法

胎襯料須為二氧化硅之物質，以供給與氧化鐵化

合之二氧化硅，故消蝕甚速，時需更換。昔人另加河沙及硅氧化物入爐以圖補救，但所生之氧化鐵，從不與之化合，其專蝕胎襯物也如故。至近年易鹽基性物以代酸性；此困難始行革除，今追述酸性爐之胎襯法如下。凡須補胎之爐，用起重機運至胎襯廠，將上下兩部拆開，刮掉內面之舊胎襯物，塞桿入龍頭，敷塗石英粉9份火泥1份之混合物於下部之各處，用壓縮空氣運動築機築緊之。如能用含金銀銅之硅氧礦砂以代石英，尤為佳妙。旋置陽模於中央，築胎襯料於其周圍，以滿為度，取出陽模，所留之空處，即容受曇金之處也。上部之胎襯法亦同，但不需極耐火之材料耳。若為新爐，則須先胎四吋厚之火氈，然後方加塗胎襯料。事畢，用木柴生火燒乾，繼之以煤或焦煤，且鼓微細之風助之，仍由起重機移還原處，以待熔煉之用。每胎襯一次，可煉曇金 5-9 次，視曇金之成分及胎襯料之優劣以為差。

340. 酸性爐中煉法之進行

入爐之曇金含銅自 32% 至 40% 不等，上達 40-50%，尤為相宜。過乎此數，反有困難。因反應所需之熱，由曇金中之硫化鐵而來，成分過高，其硫化鐵必過少也。反之低至 32% 以下，則硫化鐵必太多，其侵蝕胎襯物必過速，所生

之熔渣亦必過多。今將安納康打公司瓦叔煉廠(Washoe Works)從前所用之法追述於下，以資觀摩。

爐之胎襯物既乾，移置架上，鼓入微風，使存留之燃料燒盡。嗣投入煤塊若干，即注加含銅約45%之曇金8.5噸，同時並添加少許之煤，鼓16磅壓力之風吹之。推爐向後畧倒，使龍頭更完全沒在曇金之下。起始時因鉛、鋅揮發，爐口多白煙，燄色先紅，漸轉淡綠，綠色愈久愈顯。再吹40-45分間，將爐放倒，傾出含銅微少之熔渣，以免爐內積聚太多，致再行熔煉之耗費。旋即扶起，繼續鼓風，火燄轉為灰藍，蓋此時鐵將化盡，有硅酸銅發生故也。再行放倒，傾盡熔渣入生鋼巨杓，轉送至鼓風爐或反燄爐中熔煉之，因其含銅約2%也。加銅屑或含銅豐富之材料入爐，使白色金屬退冷。啓開風路，將爐扶起，繼續鼓風，直至白色金屬還原為金屬銅為止。熱度之高下及銅屑等之多寡，由火燄之色定之。如為櫻紅，恰到好處。若太紅，則熱度過低，須加煤以增高之。若太黃，則熱度嫌高，須更添銅屑以降低之。鼓風時頻插長桿入龍頭穿通風路，計自加銅屑至火候完足，約需1-1.5小時。惟火候完足之點，頗難審定。其第一要緊處，即看濺起之銅，膠着於爐之上部否也。蓋不黏而反躍，則火候成矣。此點既達，將爐放倒，傾銅少許於地，如表面凹凸不平，更足為火候完足之證。乃分

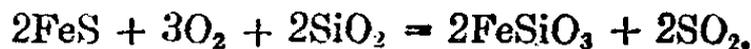
次傾入內胎火泥之巨鋼杓內,用起重機送至精煉爐精煉之,末尾傾出之渣,分量不多,含銅約20%左右。

在他煉廠,出爐之泡銅,不逕送入精煉爐,先鑄成爲200-300磅重之錠,若銅中含金銀甚多,而又銷售他處,則錠之重不得過100磅,其厚不得過3吋。

若所煉者爲成分低之曇金,則先吹成白色金屬,傾去熔渣,添加曇金,再吹成白色金屬,然後合煉成金屬銅,此法名曰加倍法(doubling)。

841. 爐中之反應

變化分兩期,第一期硫化鐵氧化,放出SO₂,所生之氧化鐵與二氧化硅化合成渣:



上之反應,放熱(exothermic)甚多,可由下式證明之:

2FeS之分解 = - 48000 卡路里(calories)

2FeO之構成 = + 131400 卡路里

2FeO與2SiO₂化合 = + 17800 卡路里

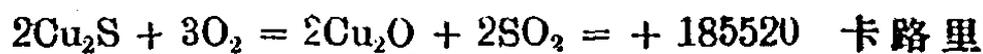
2SO₂之構成 = + 138520 卡路里

共 + 239720 卡路里

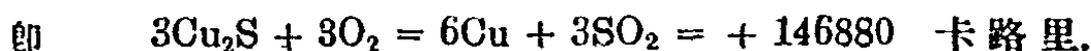
每噸之FeS能放熱 1362 卡路里

第二期爲還原期,即含鐵少許之白色金屬還原成

泡銅也。一部分之 Cu_2S 氧化成 Cu_2O ，轉與其餘之 Cu_2S 化合，發生金屬銅： u



共 + 146880 卡路里



由以上諸式觀之，爐中有放熱反應，又有收熱 (endothermic) 反應，但放出之熱，較收入之熱為多，計每噸之 Cu_2S ，能放熱 308 卡路里。

342. 鹽基性迴轉爐

爐內先胎火軛，繼胎碳酸鎂。最初創造者係平臥式，嗣因直立式者具有酸性直立爐之數優點，乃改平臥為直立，今述平臥式者之普通工作法如下。

當上次之銅既行傾出，即注入 30-40 噸之曇金，及 3 噸之極乾硅氧礦砂，啓開風路，將爐扶起，使龍頭正沒在曇金之下，開始若干分時，風力不過 5 磅，迨曇金二氧化硅兩相混亂時，增大至 10-12 磅，直至二氧化硅全與氧化鐵化合為止，將爐放倒，傾出熔渣，添加適當曇金及硅氧礦砂，再行鼓風，依法行之數次，迨爐內積有充足之白色金屬，方一次吹成泡銅。此爐運用得法，胎襯物之消蝕

多限於龍頭上下各一呎之處,大半由鐵桿時常貫通所致。

本法之長處:

(a) 不似酸性胎襯爐之時須修理,故不須建設修理廠。

(b) 胎襯物之修理可就原處爲之,故爐之形式可加大。

(c) 處理成分較低之曇金,其費用較酸性者爲低。

(d) 不適於酸性胎襯爐之金,銀,銅礦砂,可於鹽基性爐中提取之。

其短處:

(a) 工作時須留心照顧,否則胎襯物消蝕甚速。

(b) 乾礦砂易於吹散。

(c) 龍頭時須用鐵桿貫通,易損傷該處之胎襯物。

(d) 因胎襯物較薄,熱易散失,故爐體不能小。

直立式鹽基性爐,大瀑布之波斯頓蒙塔納煉廠用之。爐壳內徑20呎,高17呎,靠龍頭一邊之胎襯物厚2.5呎,對邊則祇厚2呎。龍頭62枚,每分間鼓入空氣25000立方呎,壓力6-12磅。開首時傾入曇金65噸,繼續添加,共吹成泡銅52.3噸。併入爐出爐之時間計算,共7小時又23分。

343. 迴轉爐法中銀銅之損失及雜質之除去

含銀銅適中之曇金，一經熔煉，銅之損失約1-1.5%，銀之損失約2-2.5%。若曇金含鋅及鉛，則銀之損失增大。

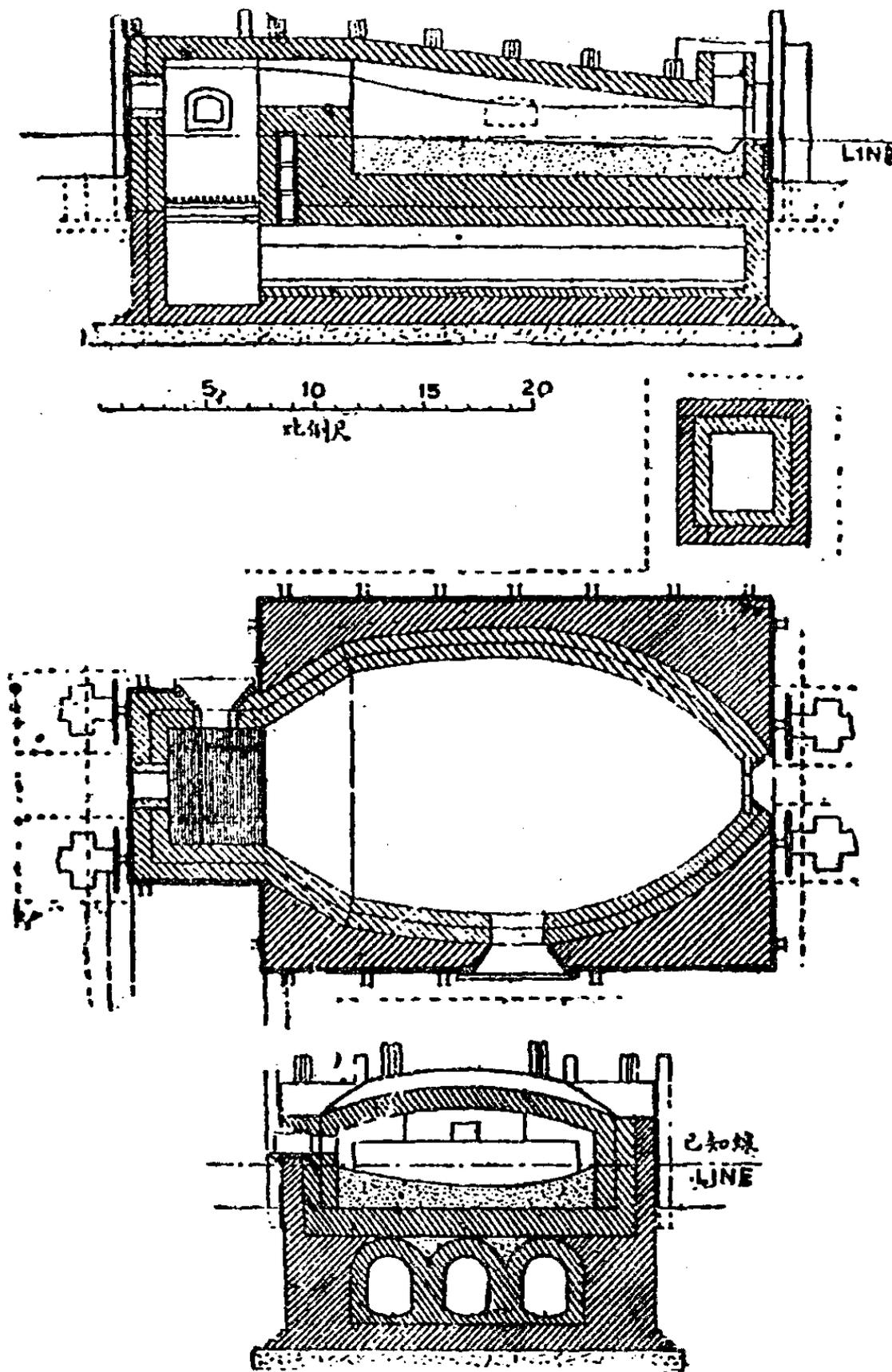
雜質除去之程度，不僅與曇金中原含之數有關，且與他雜質存在之多寡有關。鐵，鈷，鋅易於氧化，故其除去平均達99%之多。鉛次之，約96%。銻揮發之數約94-96%。砷70-90%，銻，硒，碲60-73%。

精煉法

344. 精煉法

鼓風爐，反餞爐，或迴轉爐所煉出之生銅，常含硫，鐵，鉛，砷，銻諸雜質，次之則鋅，鎳，鈷，又常含金，銀，足以提取獲利。精煉分反餞爐之乾法及電解之濕法。大約生銅含金銀甚多，而銅質又須特別純淨者，則用電解法。若製普通韌性銅或供製造銅管，銅板之銅，則用反餞爐。又電解法所需之陽極銅，亦須用反餞爐熔鑄成之。

煉普通韌性銅及銅管，銅板銅之反餞爐，其形式及工作法，與製陽極銅者大異。今就英國所用之爐述之，其形如第74至76三圖。全體外包鐵甲，並護以鐵條。煉坑長18呎，寬12呎，建於甃砌之臺上。其下有平行之凸洞三，由爐前直達灰坑。工作底係火星石或含二氧化硅95%以



第 74, 75, 及 76 圖 英國式煉銅性銅之反饋爐

上之硅氧沙鋪作二層,各厚10吋,火箱長6.5呎,寬4.5呎,火橋之頂,距爐橋4.5呎,火箱內胎普通磚及火磚,各厚9吋,其後壁開有一孔,以便修葺火橋,爐旁內胎最佳之硅氧磚,厚9吋或12吋,其外再加普通磚護之,爐頂係厚12吋之硅氧磚砌成,頂之中央距火橋不及6吋處開有一孔,以便放入空氣,其兩旁另開有較小之二孔,爐旁之門爲泡銅之入口,前面一門爲精煉銅及渣滓之出口,所用之煤須多含油質,燃時燄長,含硫須少,因精煉銅能吸收 SO_2 也,灰屑須低,且須係不熔之物,出爐之火氣由下行管穿入數爐公共之地中氣道,然後上昇高煙突而去。

345. 精煉法之進行

將泡銅條從爐旁之門送入,疊之成堆,其高幾觸爐頂,即生火從速燒之,至銅開始熔解,堆上之銅成熔質下滴時,啓爐頂之孔,放入空氣,全體既熔,從爐前之門撇去熔渣,此時銅因 SO_2 竄出,全體沸騰有聲至平定時,再將渣滓撇出,並用生樹攪之,逐盡其 SO_2 ,嗣取長鐵器將銅面用力拍擊,或插入鐵管,鼓送壓縮空氣吹之,經2-3小時,使銅中發生6%之 Cu_2O ,其功候須於拍擊或鼓送空氣時,頻取銅少許,加以考驗,看其凝固後表面下陷成溝否,如下陷,則功候始足也,乃撇淨表面之渣,由爐前之門

送入充足之石炭或木炭及生樹十餘根，封閉該門，加足火力，經 30-40 分間，再行啓開。取銅少許，試其韌性。添加生樹數根入爐，更取一長樹，將其尾端用鐵叉擒牢，使其粗端沒入銅內，用小杓取銅，冷後折斷，若表面凹陷，斷口現紅靛色，其性仍脆，須再行攪和，直至試樣面平，斷口現金紅色及絲狀而後已。挹銅若干，鑄成一錠，趁熱時碾薄其一端，浸入水內退冷，旋將該端覆上碾平，若不生垢裂，精煉之火候方確實完足。於是抽出長條，將銅上之煤及木炭推向後方，用鐵杓挹銅，注入模內，當鑄時，仍頻頻由爐內取銅少許，加以考驗，若見其變脆，仍送入木條及長樹條。若見其過性，則將煤及木炭撤出一部分，任銅稍行氧化以調劑之。

生銅含砷銻者，須於近攪和收尾時，頻頻加入石灰及氫氧化鈉以除去之。考驗之法，將銅少許與鋅併成合金，其配合約銅 60 鋅 40，傾入鐵模，鑄成見方四吋厚一吋之板，冷後碾破，若斷面不現晶形或光亮條紋，火候可認為完足。

出精煉爐之銅，名精煉韌銅，含銅 99.44%。渣滓名精煉銅渣，含銅 20-50%，送入鼓風爐或反饋爐，再行熔煉。

鐵道機關車火箱之銅，含砷 0.3-0.6%。其煉法係於精煉後攪加適量之砷，或白砒與木炭之混和物為之。

346. 精煉生銅爲陽極銅法

由迴轉爐煉出之生銅,如直接鑄成陽極銅,其表面必粗糙,體中多空隙,因其含雜質多,易使電解液污穢,且各部之溶解不等,常成碎塊崩落,足以減低池底金銀泥之成色,故必須加以一部分之精煉,爲之救濟,今述安納康打所用之法如下:

將迴轉爐中之生銅用杓輸送入精煉爐,每次五噸。若有銅屑,先加入爐,爐既半滿,即由沒於銅液面下之鐵管鼓入壓縮空氣,使其氧化,同時將生銅添加至於滿爐,繼續鼓風,迄銅全體平定爲止,乃撤出熔渣,從爐前之門插入木條,按之銅內,加以攪動,逐出溶解之 SO_2 。片時之後,投入木炭或煤, Cu_2O 遂開始還原,屆時取銅少許,鑄成一錠,如凝固後表面平坦,即認爲火候已足,抽出木條,蓋所煉者爲陽極銅,不須求完全之韌也。放瀉爐中之銅流入懸於架上之活動巨杓,由是傾倒入模,模安於循環運輸帶上,用水力轉動之,盛銅之模轉至盡頭,即行翻轉,錠落入水,由他運輸器移至儲藏地方。

在多數他煉廠,有裝置倭克爾鑄機(Walker casting machine) 專司鑄錠者,此機不僅煉陽極銅之爐用之,即煉銅板,銅絲銅之爐亦用之,其形爲一水平圓圈,安模於其周圍,用電力使之旋行,各模由爐前繼續經過,承受銅

液,轉至遠處,模即翻轉,傾凝固之錠入水槽,由他運送器送至儲藏地方。

347. 電解精煉法

其目的在於提取生銅中之金銀,且使銅質變純,工作法分平結式 (multiple or parallel system) 及順結式 (series system) 之二種,前者所有之生銅,均聯於電池之陽極,所有之純銅,均聯於陰極;後者則生銅與純銅成對互換聯絡也,今將其優劣比較之。

平結式優於順結式之處:

(1) 任何種之銅均可處理,陽極銅可由迴轉爐直接鑄成,如先施以一部分之精煉尤佳,因電解液較難變污,效力爲之加增也。

(2) 陽極銅一鑄即成,故費用減少,若順結式所用者,鑄成之後,尚須軋壓。

(3) 所需之電壓較低,池中泥渣及池壁所生之局部電流較少。

(4) 陽極陰極銅之入池出池,可用機械,故人工減省。

(5) 電池如使用得法,其效力可達理論數之95%,若順結式則祇能得85--90%

- (6) 銅面生碎屑較少,可免剝剝之勞費。
- (7) 電極之成本較低。
- (8) 維持費較少。
- (9) 進行時不須十分留意。

其劣於順結式之處:

- (1) 機械設備費較昂。
- (2) 陰極純銅板須特別預備,順結式則不需此。
- (3) 池中銅之出產較少。

平結式美國多數煉廠用之,順結式則僅二煉廠用之。

348. 平結式之進行

電池爲杉木所製,長 10-15 呎,寬 2.5-3.5 呎,先將木板浸透石蠟,然後鑲攏成形,內面胎六磅重之鉛皮,全體載於浸透石蠟之兩硬木橫梁上,下用玻璃絕緣物支之,再下爲浸透石蠟之四方杉木塊,木塊之下方爲甄砌之基。八池列成一行,成階級狀,高下相差 2-3 吋,以便電解液之流行,又於各池中鼓入少許壓縮空氣,激動電解液,惟不攪動池底之泥渣。

傳導絲裝於池上,與長邊平行,用瓷托承之,使與池壁絕緣,陽極銅有兩耳,一挂於傳導絲上,一挂於玻璃或

瓷製之絕緣物上。陰極片用橫條懸之，橫條之一端載於陽極傳導絲上，他端則由對邊之陰極傳導絲載之。

陽極銅普通長 3 呎，寬 2.5 呎，厚 2 吋，鑄有兩耳，以便懸挂。陰極片之製法，取厚 $\frac{1}{8}$ 吋之銅片，其大小比欲製之陰極片長 2.5 吋，寬 1 吋，先浸於熔解之牛羊油內，旋取出瀝去其過量，任其餘之油凝結。於兩面上加塗極薄之石墨，然後合共 24 枚與陽極銅 12 枚，同置於電池中，經過二日取出，揭下兩面所結之薄層銅，是為陰極片。

電解液含硫酸銅晶顆 15-20%，硫酸 5-10%。先由供給池流入內胎鉛皮之小池，以蒸汽通過迴環鉛管使之熱至 40° - 54° C.，然後引入最高之電池，以次流至最低之電池，而達於貯蓄池，仍壓上至於供給池，循環不息。當其在電池中時，因比重之差，硫酸銅常在溶液之下方，而硫酸則在上方，故須注射空氣，加以攪和。經時既久，液中含陽極分來之雜質漸多，發生妨礙，按時放出其一部分，添加新液以補其缺。引舊液入內胎鉛片之池，和銅顆煮沸，沈澱其銀。又將其上之清液放入結晶釜，令硫酸銅結晶。此後之母液，或用鐵沈澱其銅，或蒸發使濃，取其硫酸。池中泥渣每三個月出盡一次，瀝過於每平方吋有 40 小孔之篩，隔去碎銅，裝入內胎鉛片之池，加硫酸煮沸，適可而止，切不可溶解所含之銀。瀝取殘渣，洗淨烘乾，送至煉

金廠

電壓普通約0.1-0.3弗(volt),電流密度每平方呎約10-20安培(ampere),密度愈高,陰極上所得之銅愈多,然電流通過之難易,實視陽極銅純淨度之高下以爲差,若用密度高之電流以分解含雜質甚多之陽極銅,則陰極上所結之銅,必受污垢。

349. 用電解法處理銅墨金

德國登司飛用電解法處理含銅72%之墨金,曾經有效,其工作法與電解精煉法同,不過陽極爲墨金耳,困難之處,在電壓需0.75弗之高,墨金性脆易碎,及溶液易爲雜質所污等事。

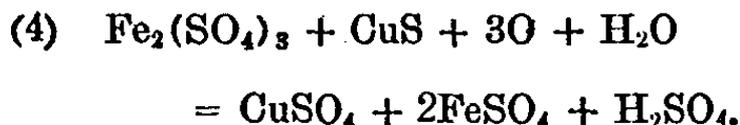
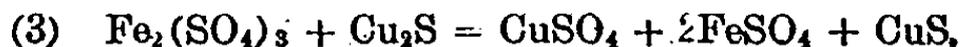
濕法提銅

350. 濕法提銅

用濕法以處理銅礦砂,罕能獲利,惟西班牙之 Rio Tinto 礦屬於例外,因其具有特別原因也,該處所產礦砂爲塊狀黃鐵礦,含銅約3%,就中以輝銅礦占大部分,而難於受大氣分解之黃銅礦,一硫化銅礦次之,茲將礦砂之變化列示於下。

暴露之結果,先生若干之硫酸亞鐵,再氧化成硫酸

鐵,轉與硫化銅化合,發生能溶於水之硫酸銅:



(3)式經時數月,即能取出銅之半數。(4)式需時二年,方能由所餘之銅中提出80%。

851. 工作法

擇不透水且傾斜之地一方,將粗石砌成見方1呎之氣道若干處,其上鋪礦砂,每隔50呎砌一煙突,與底下之氣道通。礦砂之大約2-3吋,粗塊與細粉相間成層,高至30呎為止。堆頂坦平,用礦砂間成方格,俾水之下浸更為均勻。堆中因氧化生熱,煙突中之熱度達77°-82°C之高,此時須關閉堆底之氣道,令氧化之作用展開,惟不可使堆中因熱發火。氧化之程度既足,每小時約淋50立方呎之水於其上,溶解堆中之銅鹽,再任其氧化,再用水淋。經過一年,更改堆頂方格之位置,即間牆與方格交換位置是也。依法氧化,仍用水淋,直至堆中含銅僅0.3%而後已,將堆拆卸,售之硫酸廠。

淋得之溶液含硫酸鐵少許,與後來分解頗有妨礙,須先令其穿過小堆生砂,還原成硫酸亞鐵:



然後引入貯蓄池,按時放瀉入盛有生鐵之長木槽中,往復流行若干次,使銅沈澱,至末槽流出之液,不含有銅為止。

槽中之沈澱含銅約70%,逐日分若干槽取出,傾於長槽首端之穿孔銅板上,用水沖之,粗者不能穿過,拋之成堆,選出其中之鐵,細者下落入槽,藉水力分成數等,積於頭數碼之處者,名第一號沈澱,含銅94%,砷不過0.3%。位於其下者為第二號沈澱,含銅92%,砷0.75%。再下為第三號沈澱,含銅50%,砷5%,另夾有銻,鉍,石墨等雜質。第一第二兩號,裝袋出售,第三號製之成球,送入鼓風爐熔煉。

352. 焦砂(Burnt Ore)中提銅濕法

焦砂含銅者,可和食鹽 10-15%,磨碎為粗粉,按下法分段處理之。

第一段烘焙: 將和鹽之砂,傾入反餽爐,以低熱度焙之,至所有之銅能溶於水為止,耙出爐外,任其退冷,其反應大約如下:

(1) 硫化銅經火烘焙,一部分變為硫酸銅,轉與食鹽化合,發生硫酸鈉及二氯化銅,若熱度過高,亦發生若干一氯化銅:



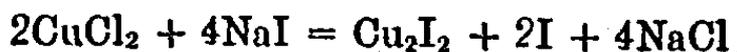
(2) 二氧化硫與氧化鐵之氧化合,發生三氧化硫更與氧化銅化合成硫酸銅,硫酸銅與食鹽化合,亦成氯化銅。

第二段溶濾: 上段焙過之砂,用底板穿孔上鋪石子之盆盛之,注入含鹽酸之水,使氯化銅及他鹼性鹽溶濾而下,而氯化銀隨之,盆中殘餘之渣,謂之紫砂,幾全為三氧化二鐵,可用以填補煉鐵爐之煉坑,或製造成甌,送入鼓風爐煉鐵

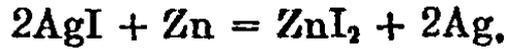
第三段分銀及銅: 將濾過之溶液放入桶內,俟硫酸鉛沈澱,引出上面清液,用克羅對法 (Claudet's process) 取銀法先測定銀之成分,注入適量之碘化鈉或其他碘化物溶液,則氯化銀變為碘化銀沈澱:



惟須留意碘化鈉不可過多,以免與氯化銅化合,析出游離之碘

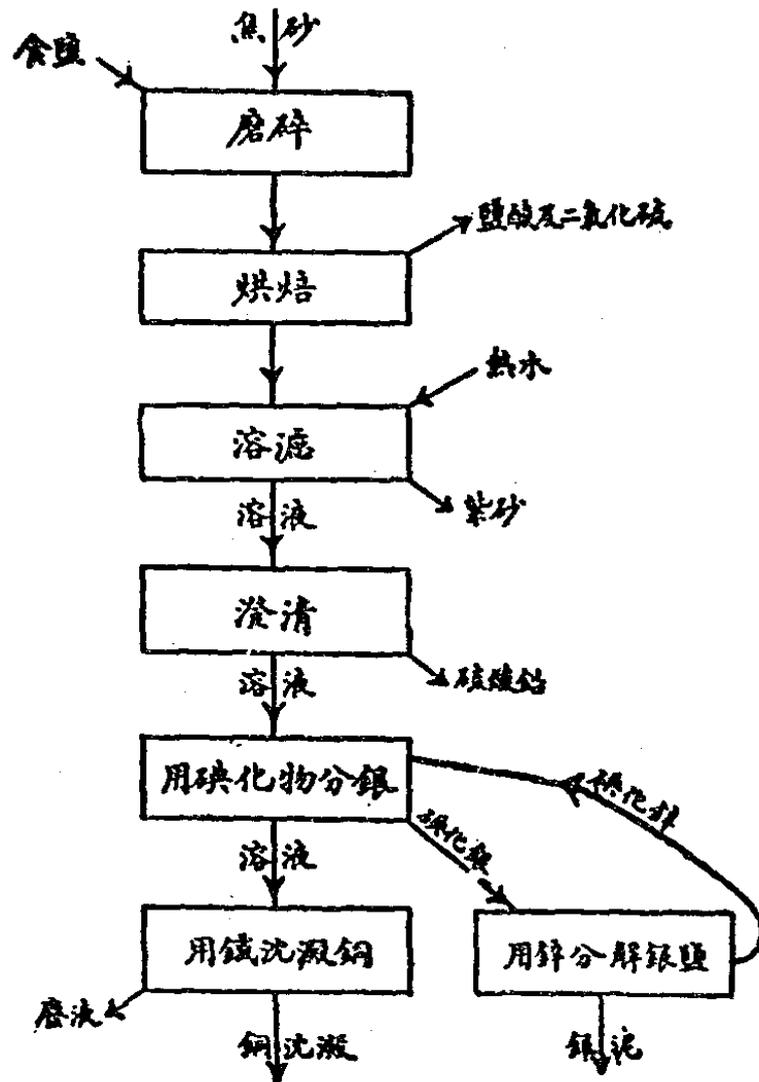


全體澄清,引出上面清液,用鐵沈澱其銅,即世所稱銅沈澱也,將碘化銀用水洗淨,加鋅混和,則化合而生沈澱之銀:



收集烘乾,是名銀泥 (silver mud), 至附生之碘化鋅溶液,可測定其成分,為他次取銀之用。

焦砂中取銅之次序



第十五篇

鉛

353. 物理性質

鉛 (lead) 色藍灰,性軟,易爲指甲刮傷,若含砷,銻,銅,鋅等金屬,則硬度加高,比重11.35-11.37,含砷,鋅等雜質者,比重較低,生鉛之韌性約 0.81 噸,展成片者較強,造成管者尤強,熔點 327°,將鉛燒近熔點而折斷之,斷面現柱狀結構,柱愈粗壯,鉛之成分愈高,展性甚強,可展成薄片;但延性甚弱,故不可延成細絲。

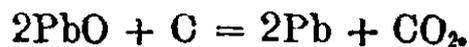
354. 化學性質

當平常溫度時,在乾空氣中不起變化,若遇潮濕,則因氧化之故,表面變暗,易溶於稀硝酸,鹽酸對之幾無作用,比重在 1.76 以上之沸熱硫酸亦能溶鉛,故用內胎鉛皮之器蒸發含硫酸之溶液,須留心不可使溶液之比重高過 1.72,鉛通空氣燒熔,則氧化成蜜陀僧,

355. 氧化鉛

冶金術中占重要者僅蜜陀僧,即一氧化鉛,若就試金術言之,則紅鉛亦頗為重要,前者為強鹽基,熔點 883° - 900° ,熔時能侵蝕陶泥坩堝,火甌等物,與其中之二氧化硅化合,構成硅酸鉛。

在暗紅熱時,易為碳素,一氧化碳,輕氣,及精氣所還原,其還原之熱度,實在 CO_2 與碳素化合變成 CO 之熱度之下,故反應所生者為 CO_2 而不為 CO :



其最有用之性質,為能與其他氧化金屬合成易熔之化合物,利用此理及其氧化性質,而成下列之三法:

- (1) 用骨灰杯法煉銀。
- (2) 使硬鉛變軟。
- (3) 用骨灰杯法及鉛煅法試驗銀之合金及礦砂。

將硫,砷,鐵,錒,錒,錫,銅,鋅與蜜陀僧合熔,則俱變成氧化物,或行揮發,或溶於過量之蜜陀僧中,同時有相當之鉛還原。

356. 硅酸鉛

二氧化硅與蜜陀僧混合燒之,則化合成硅酸鉛,不易為平常還原劑所分解,例如碳素不藉助於 FeO 或

CaO 諸鹽基,不能使鉛從硅酸鉛中析出也,但用鐵則各種硅酸鉛均能分解,如用氧化鐵與碳素之混合物以代鐵,其奏效亦同。

357. 硫酸鉛

在亮紅熱時不生分解,熱度上達白熱方行分解揮發,實為異於他種硫酸鹽之處,與二氧化硅混合燒之,發生硅酸鉛,硫酸鉛能與硫化鉛化合,發生金屬鉛。

358. 炭酸鉛

燒至 200°, 失去 CO₂, 能為碳素或一氧化碳所還原。

359. 硫化鉛

燒至強紅熱,熔解如水,能透過陶泥坩堝及煉爐之火甌,燒時隔絕空氣,能揮發而不分解;透入空氣,則氧化而生氧化鉛及硫酸鉛,燒之愈緩,熱度愈低,或礦砂中含有黃鐵礦,則所生之硫酸鉛愈多,硫化鉛能與銀,銅,鋅,鐵諸硫化物合成曇金,在亮紅熱時,又能與氧化鉛硫酸鉛化合,發生金屬鉛。

360. 鉛礦砂

已於第六篇述及,其分佈最廣產額最巨者,厥為方鉛礦,近世煉鉛之法,多視此礦之性質而為更張,先將巖

砂壓碎,按比重之理,除去其無用之物,使所餘者含鉛達70-84%之多,乃行熔煉,方鉛礦常含銀,煉鉛提銀,兩事並行。

361. 煉鉛法之分類

(1) 反燄爐熔煉.

(a) 空氣還原法.

(b) 鐵還原法.

(2) 鼓風爐熔煉.

(a) 小爐,例如渣滓爐.

(b) 水套爐.

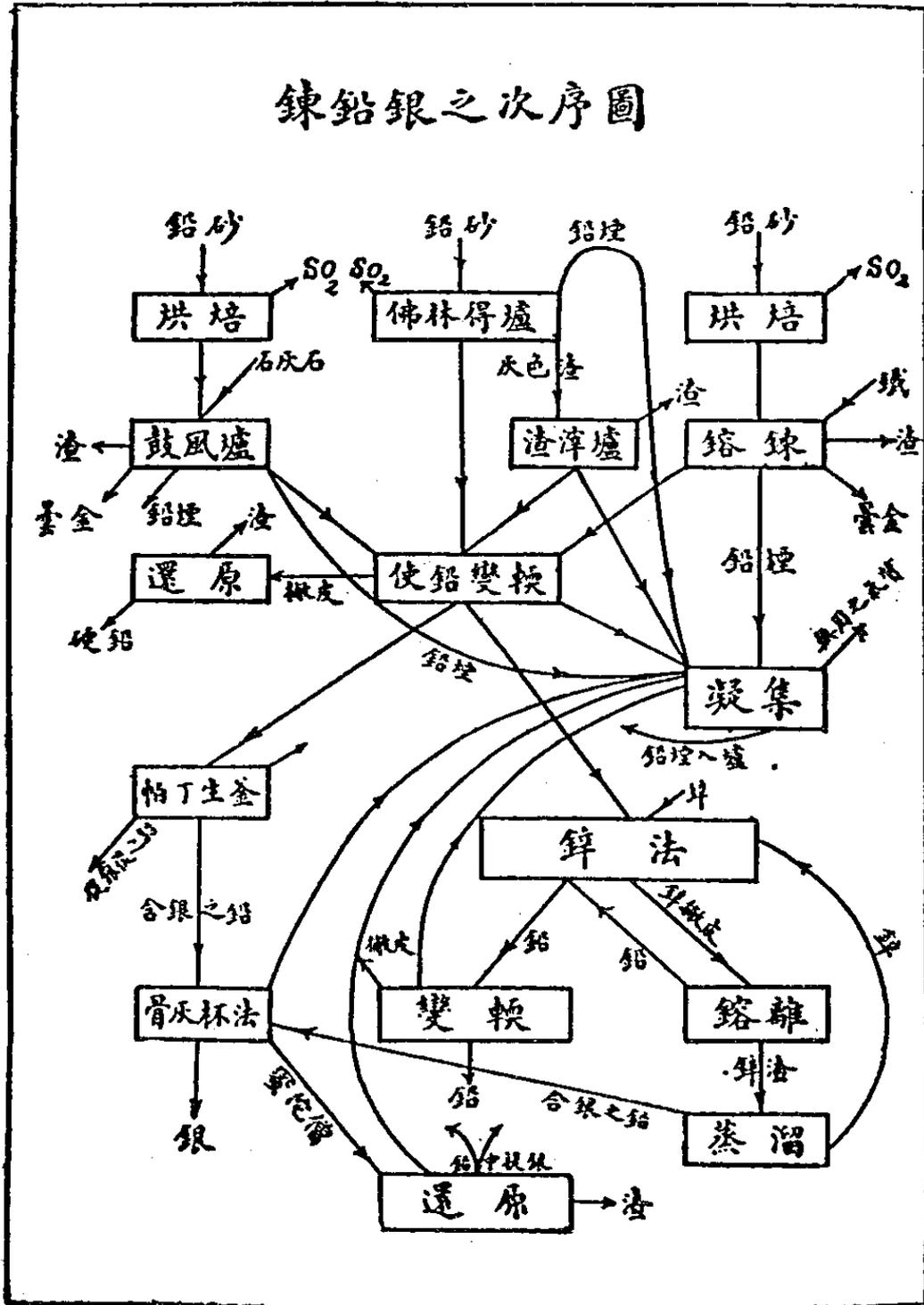
(3) 淺爐熔煉.——蘇格蘭鉛砂淺爐.

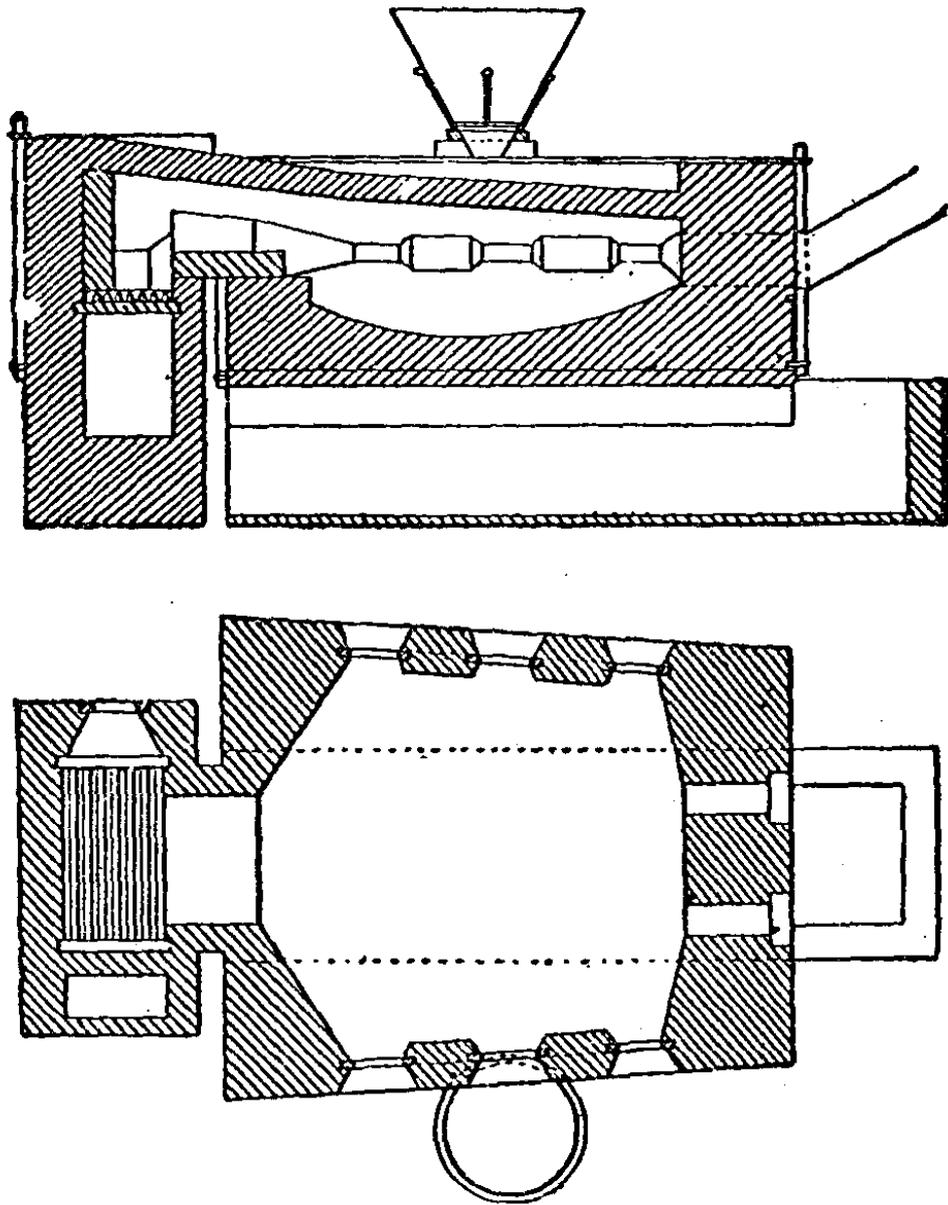
362. 空氣還原法 (Flintshire or Air-reduction Process)

此法在北威爾斯 (North Wales) 用以煉鉛砂,由來舊矣,所煉之礦砂質甚純淨,其雜質大半為碳酸鈣,與熔煉無妨.

所用之爐名佛林得爐,煉坑之井有孔通於爐外之鉛罐,煉時先生火於爐,燒壁作暗紅色,取灰色鉛渣(gray slag)投入熔之,旋任其退冷成漿糊狀,用耙耙開,蓋滿煉坑之火甌,是為工作底,然後注入29英擔之礦砂,勻鋪於

煉坑之高處,以適宜之熱焙之,隨時耙動,免其膠黏,如是者約二小時,關閉爐門,添火熔解,則見鉛汁漸次下流入





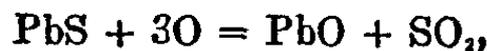
第 77 及 78 圖 佛 林 得 煉 鉛 爐

井,至停滯時,加足火力,使全體熔解如水,乃啓門投入石灰,用長桿混和之,熔解之礦砂遇冷石灰而凝固,耙至煉坑高處,降低熱度再焙之,火候既足,復加火熔解,折出其鉛,其不熔者,再和石灰,耙至煉坑高處烈火熔之,至取出

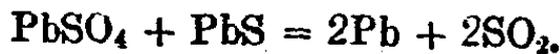
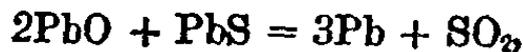
足量之鉛而後已。斯時鉛面之渣用少許石灰使之膠結，從爐背之門耙出之，是為灰色鉛渣。灑碎煤於鉛面，瀉入罐中，其面上所結之皮可搨取之，入爐再煉。按此法需 8 小時竣事，礦砂 29 英擔（含鉛 75-80%），可煉鉛 1 噸，及灰色渣 3.5-4 英擔。渣中含鉛約 50%，用他法提取之。

363. 變化之理

此名空氣還原法，因其分解鉛砂不假助熔劑之力，僅賴空氣故也。其變化頗繁，要與空氣中之養氣有關，當烘焙時，礦砂中之硫逐漸氧化，發生一部分之一氧化鉛及硫酸鉛：



迨熱度增高，此二物與未行分解之硫化鉛化合，而發生金屬鉛：



至加石灰後所起之變化亦同。

用空氣還原法所煉之鉛砂，應具以下之特性：

- (1) 含鉛不得在 58% 以下。
- (2) 含二氧化硅不得過 4%，此物與一氧化鉛化

合成硅酸鉛，性極易熔，烘焙時令礦砂膠結，且包裹礦顆外面，阻其氧化，其自身又不能為煉爐火熱分解成鉛。

(3) 含黃鐵礦，硫鋅礦，或方解石，均不得超過10%。黃鐵礦太多，發生硫化鐵曇金，帶去硫化鉛。硫鋅礦太多，妨礙礦砂之氧化。方解石太多，減低礦砂之可熔性，即阻礙其熔解時反應之進行。

(4) 含黃銅礦，重晶石，及螢石，均不能多，前者太多，發生曇金，帶去硫化鉛。後二者同時存在太多，能使礦砂熔解過易。

(5) 含銻或砷均須極少，二者性俱易熔，烘焙時膠結礦砂，阻其氧化，又易於揮發，帶去鉛銀，而致損失。

364. 煉法之變更

空氣還原法按各地之情形及礦砂之性質，而為變更，然其理不殊，即先烘焙礦砂為氧化鉛，硫酸鉛，復令此二物與未行分解之硫化鉛化合而發生金屬鉛也。苟礦砂中雜質容易成為易熔之渣滓者，則烘焙一層，火候須十分完足，煉畢時，鉛與渣滓均瀉出爐。此法英國德被州 (Derbyshire) 之煉鉛廠用之。

365. 鐵還原法 (Cornish or Iron-reduction Process)

英之康瓦爾 昔日產鉛甚多，礦砂含二氧化硅，硫化

銅等,空氣還原法不適於用,於是有鐵還原法者代之,分二段進行。

第一段烘焙: 傾礦砂兩噸於反餞爐中,以適當之熱烘焙之,經 15-20 小時之久,耙至爐下空洞中而俟其冷。

第二段熔煉 (Flowing): 蓋鉛渣於反餞爐之煉坑內,生火熱爐,取焙過之礦砂二噸,啓門送入,即緊閉而從速熔之,析出之鉛隨時放瀉出爐,又和石灰於未行分解之礦砂內,令其稠結,耙至煉坑高處,加鐵屑 100-200 磅,再行熔解,瀉入罐中之物,最下者為鉛,中為硫化鐵,上為黑色渣,各以另模盛之,鉛之質硬而脆,內含他種金屬,硫化鐵雜有銅,鋅,錫,銀等物,黑色渣幾全係硅酸鐵,可以棄之。

366. 爐中反應

起初之變化與空氣還原法同,惟加入鐵後,另生反應,凡未行分解之礦砂,與鐵化合而生金屬鉛:



硅酸鉛亦為鐵所分解,發生鉛及硅酸鐵:



後者與硅酸鈣化合成渣。

367. 煉法之變更

此法分二段,已於上言之矣。近世有不行烘焙,加巨量之鐵屑直接熔煉之者;亦有祇用一爐以行烘焙熔解二事者。如用後法,須於烘焙後卽和鐵屑熔解,不需石灰,復不須耙至煉坑之高處。

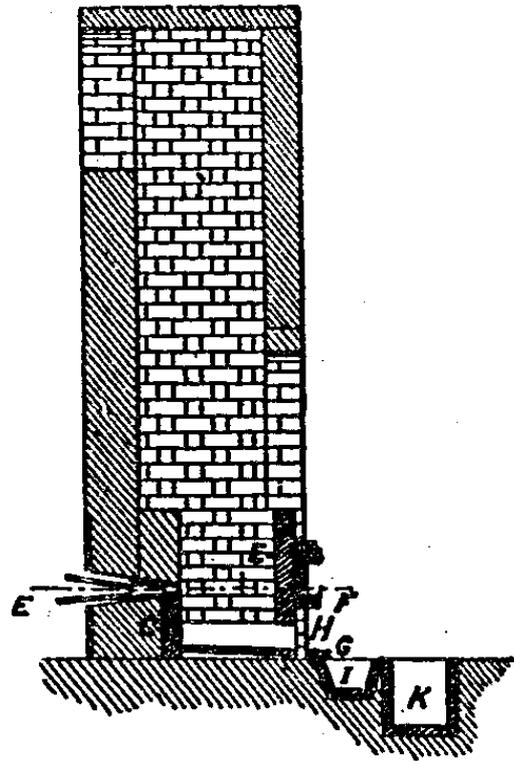
368. 氧化鉛之還原

和碳於氧化鉛,而熔於反酸爐中,則氧被奪去,而得金屬鉛。然除分解蜜陀僧等物外,幾無用之者矣。爐之形與佛林得同,先鋪灰色鉛渣於煉坑之底,嗣和煤屑於蜜陀僧,送入熔之,俾金屬鉛析出。鉛面之渣,含硅酸鉛。

369. 渣滓爐(Slag Hearth)法

此法所用之爐,身細而長,下部內胎火甌,高達4呎。前有圓門,底置鐵板,向圓門斜迤而下,門外置鉛罐渣滓爐各一,以受放出之鉛及渣,後者用磚砌成,前者以鐵爲之,中隔爲大小兩部,其下相通,大部中實以鉛屎(cinders)。爐前圓門有鐵板閉之,謂之前石(forestone),其頂約與火甌齊,上方留空處,所以進砂,其腳距爐底之鐵板6吋。爐後裝置空氣龍頭一枚,高於鐵板者1呎。煉時先鋪煤灰於鐵板上,灰層之後面低於空氣龍頭1吋,前面則較前石之腳爲高。嗣泥封前石下之空處,用泥煤引火,添入焦煤,至風烈火熾時,將焦煤,灰色鉛渣,黑色鉛渣(black

slag), 及煤灰中黏著之渣 (browse) 分期送入, 約自生火後七小時之久, 不再添入鉛渣, 任將爐中所有者燒熔而後已, 析出之鉛穿灰層下達於鐵板, 由出砂孔流入鉛罐, 濾過大部中之鉛屎, 轉至小部, 搗之入模, 爐內之渣則由前石下泥封之處穿孔放瀉之, 溢流鉛面, 達於渣滓罐中, 事畢, 關閉風管, 耙出爐內煤灰, 凡黏著之渣刮下再煉, 傾水入爐, 俟其冷而清掃之, 煉得之鉛, 質硬不純, 名渣滓鉛 (slag lead), 每煉鉛 1 噸, 須用灰色渣 4.5 噸。



第 79 圖 灰色渣滓爐

E 前石 H 出鉛口
I 鉛罐 K 渣滓罐

870. 爐中反應

爐中變化與空氣還原法畧同。(1) 鼓入之空氣將一部之硫化鉛變為氧化鉛, 此氧化鉛旋與焦煤化合而生金屬鉛。(2) 硅酸鉛藉鼓風爐之高熱, 能為碳素所分解, 發生金屬鉛。(3) 熔煉時有時加入鐵渣及鹼基性硅

酸鐵,二者能與焦煤化合而生鐵,所生之鐵轉與鉛渣化合而生鉛。

371. 水套爐(Water-jacket Furnace)

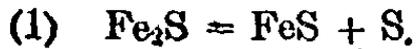
凡含二氧化硅在 4% 以上之鉛礦砂,及不宜用反餞爐處理者,均須用鼓風爐熔煉之,而尤適於處理含黃鐵礦甚多之鉛砂。

礦砂若為白鉛礦或方鉛礦與白鉛礦之此合物,可直接入爐煉之,若全係方鉛礦,或方鉛礦之外另含他種硫化物,則非先行烘焙不可,其目的在於驅除大部分之硫及砷,藉以減少熔煉時曇金及斯派斯之量,然礦砂含銅者,仍須留足量之硫,俾與銅化合,其所生之曇金以等於礦砂之 5-10% 為宜。

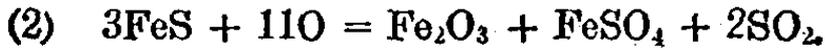
焙砂之爐,種類甚多,就中以人工耙動之長牀烘焙爐為最佳,其內有四煉坑,排成階級狀,彼此高下相差 2 呎,礦砂由距火最遠之處啓斗送入,漸用耙移近火橋,焙成之砂,顆粒太細,不能逕送入鼓風爐,故近人於火橋貼切處另加一煉坑,與爐等寬,將焙成之砂耙入其內,加熱使之膠結,然後出爐。

372. 烘焙之反應

黃鐵礦遇熱,析出一原子之硫:



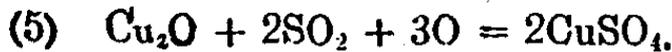
此硫氧化成 SO_2 及 SO_3 , 而 FeS 亦行氧化:



所生之硫酸亞鐵於熱度增高時分解:



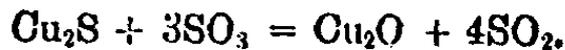
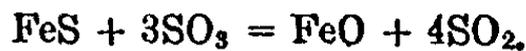
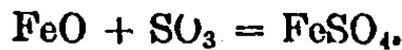
硫化銅同樣氧化:



所生之硫酸銅於熱度增高時分解:



(3),(5),(6)三式中之 SO_3 與銅鐵化合物起下之反應



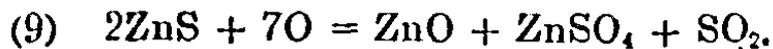
方鉛礦氧化成蜜陀僧及硫酸鉛,後者不為熱所分

解:



硫銻礦氧化成氧化銻及硫酸銻,後者僅一部分分

解:



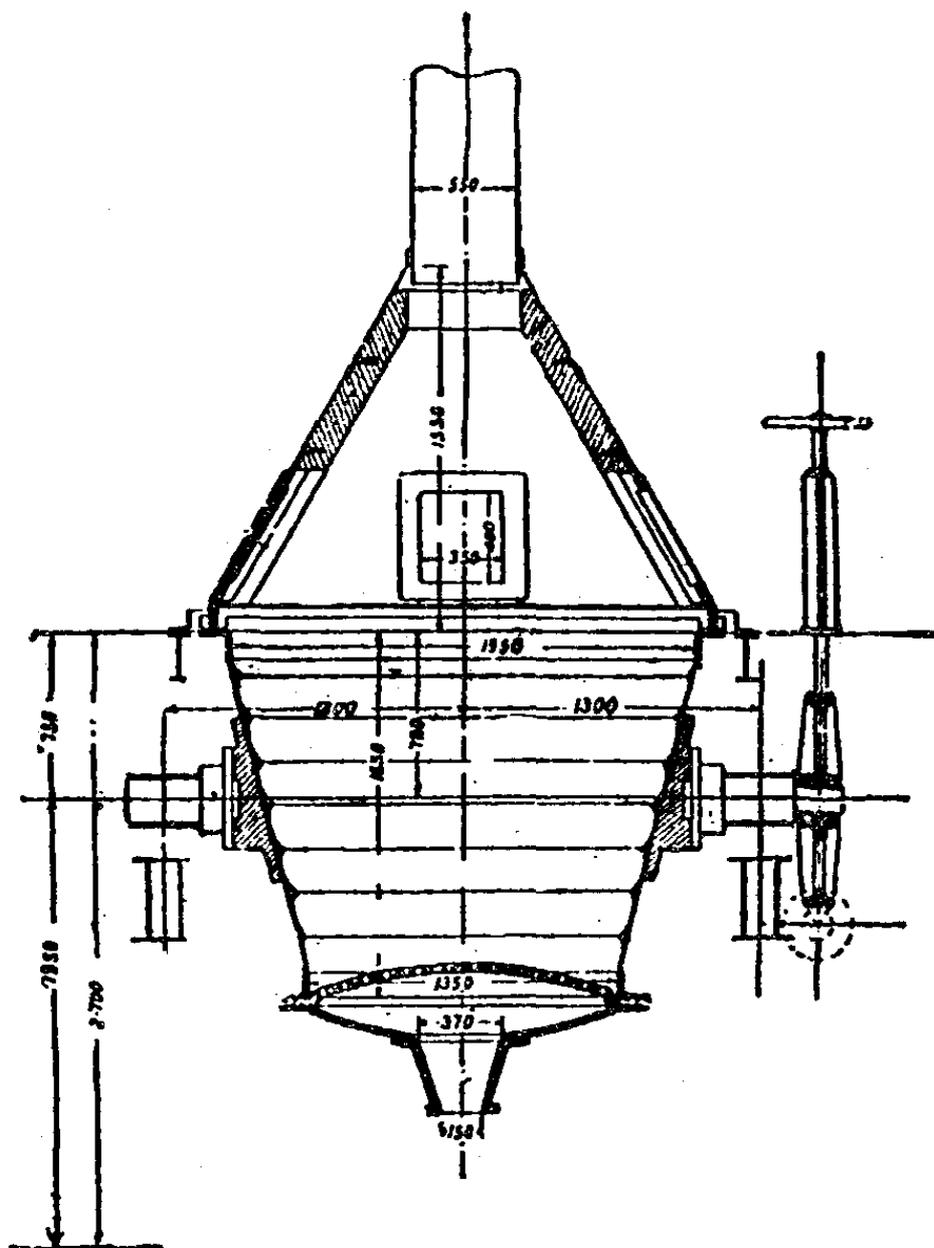
礦砂若含硫化銀,則烘焙時分解生金屬銀,轉與 SO_3 化合而成硫酸銀:



礦砂中若有銻,砷,則一部氧化揮發,一部仍存於礦砂之中.

373. 鼓風烘焙法或鐵甕烘焙法 (Blast Roasting or Pot Roasting Process)

用此法烘焙,損失鉛銀較少,又能節省費用,故近日大煉廠多用以代反酸爐.法分數種,茲將罕亭吞希柏林法 (Huntington-Heberlein Process) 略述之.將硫化物礦砂加和石灰石,鐵礦砂,及二氧化硅諸助熔劑,先按常法加以不完全之烘焙,使所含之硫低至 10-12%. 加水潤濕,送入第 80 圖之巨鐵甕中,由底部鼓入空氣氧化之.甕之大者可容礦砂 12-15 噸,小者可容 8 噸.兩旁有耳,挂於堅固之架上,得以機械顛倒扶直之.甕口上方有引導鉛煙之斗,底上少許有穿孔之鐵板假底,底下有風之入口.先用木柴或煤生火於假底上,其上蓋焙過之熱礦砂,再上則加蓋潤濕之礦砂,鼓入空氣,則礦砂氧化生熱,而發生 SO_2 及 SO_3 . 工人時用長鐵桿刺入,使空氣之路分佈均

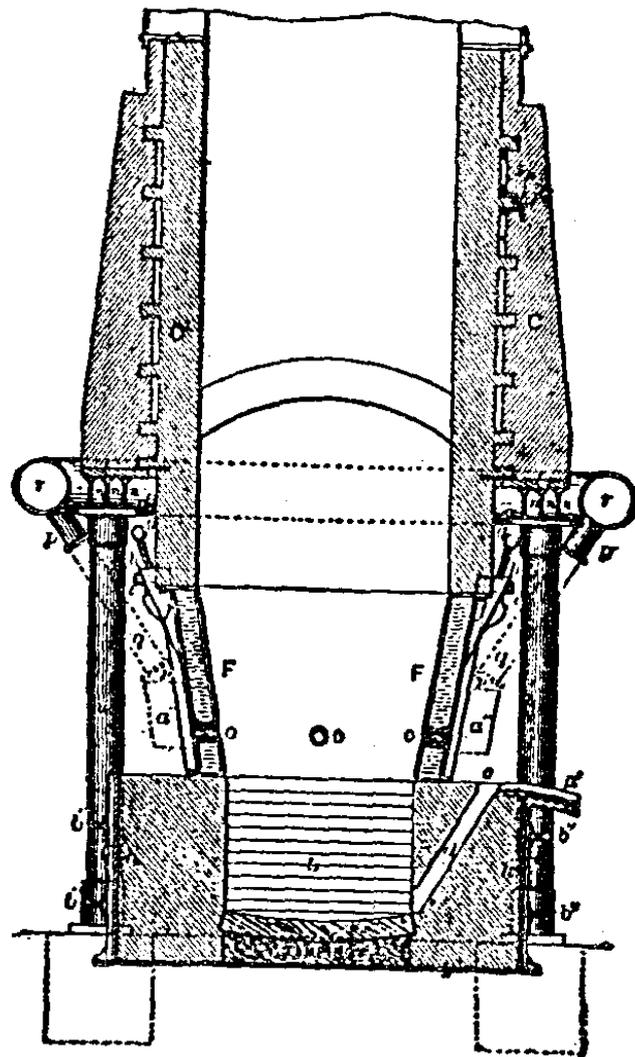


第 80 圖 8 噸 之 烘 焙 爐

勻，火候既成，礦砂熔結成塊，所含之硫低至 3-5%，乃昇起鑿口之斗，將鑿顛倒，傾而出之。

新式鼓風爐有圓形及直角形之二種，前者歐洲小煉廠用之，後者美國及他國用以處理大宗鉛砂，第 81 圖

即刺歇特直角形鼓風爐 (Raschette furnace) 也,裝有水套,附設凝集機及出鉛虹吸管,管之一端通於煉坑之底,鉛入其中,即向他端溢出,以杓舀之,附生之渣滓曇金,另有缺口放出,煉時先生火於爐,將焙過之鉛砂和赤鐵礦,石灰石,及含鉛甚多之渣滓送入,其上加焦煤或木炭,煤之上復添礦砂,兩兩相間,鐵礦之分量以能分解方鉛礦為限,附生之渣又宜屬一硅酸鹽,成分於 $(2\text{FeO}\cdot\text{SiO}_2 + 2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2)$ 為近.



第 81 圖 刺歇特鼓風爐

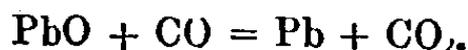
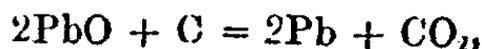
- F 水套
- r 機風箱
- o 容納龍頭之孔
- b 煉坑
- a 空氣外套
- d 出鉛虹吸管
- C 爐身
- i i 放瀉熱水之嘴

若礦砂為碳酸鉛硫化鉛之混合物,則不獨鐵礦砂可以

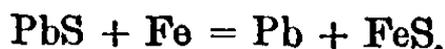
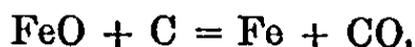
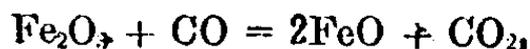
少用,即烘焙一層亦可免除,茲將爐中生產物分列於下:
 (1)正項之鉛質硬含銀;(2)曇金,內含銅銀;(3)斯派斯,亦屬常見,內含鐵,鉛,鎳,鈷等金屬;(4)渣滓,色黑易熔,含鉛甚少,出爐時逕瀉入極深之模,俾所雜之金屬鉛,易於沈定;(5)鉛煙及煙道灰塵。

374. 爐中之反應

變化之理與渣滓爐頗同。(1)一氧化鉛與碳素及一氧化碳化合,析出金屬鉛:



(2)硫化鉛與赤鐵礦化合,發生金屬鉛:



(3)硫酸鉛與碳素及鐵化合,發生金屬鉛,若所煉者為氧化鉛砂,則不須添加鐵礦;然礦砂若含有硅酸鉛或多量之硫酸鉛,仍以加入為妙,一因其能分解硅酸鉛及硫酸鉛,二因其能化為易熔之渣,使鉛汁易於沈定也。

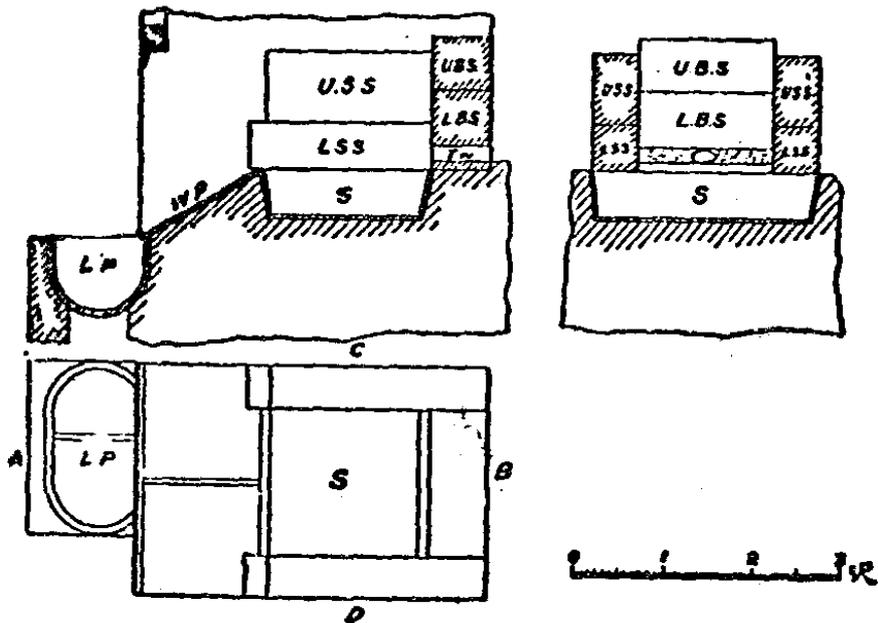
375. 煉法之變更

方鉛礦不甚佳者,有時合空氣還原及鼓風爐二法

煉之。先入礦砂於反酸爐，以適當之熱烘焙，嗣添火熔解之，使析出一部分之鉛，其未行分解之部含有硫化鉛及硅酸鉛等，不加和石灰，逕行瀉出，退冷鎚碎，再依鼓風爐法提煉之。

376. 蘇格蘭鉛砂淺爐 (Scotch Ore Hearth)

淺爐煉鉛，通行於英之北境及蘇格蘭等處。爐中有鐵槽 (sump)，長 24 吋，寬 22 吋，深 6 吋，外包靛石，三面圍以見方 8 吋之鐵塊，俗謂之背石及旁石 (back and side



第 82, 83, 及 84 圖 蘇格蘭鉛砂淺爐

- | | | | |
|-----|-----|-----|------|
| USS | 上旁石 | LSS | 下旁石 |
| UBS | 上背石 | LBS | 下背石 |
| LP | 鉛罐 | WP | 傾斜鐵板 |
| S | 鐵槽 | Tu | 空氣龍頭 |

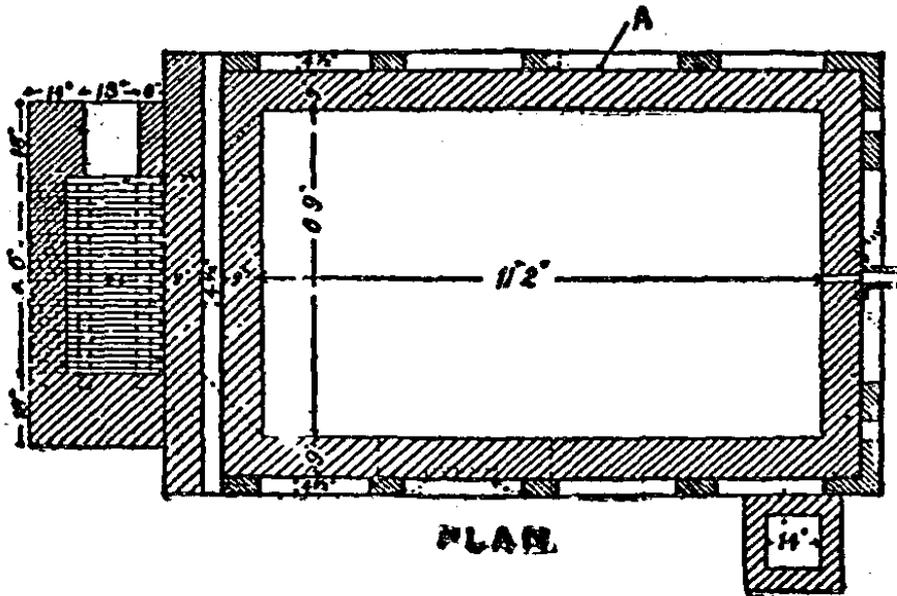
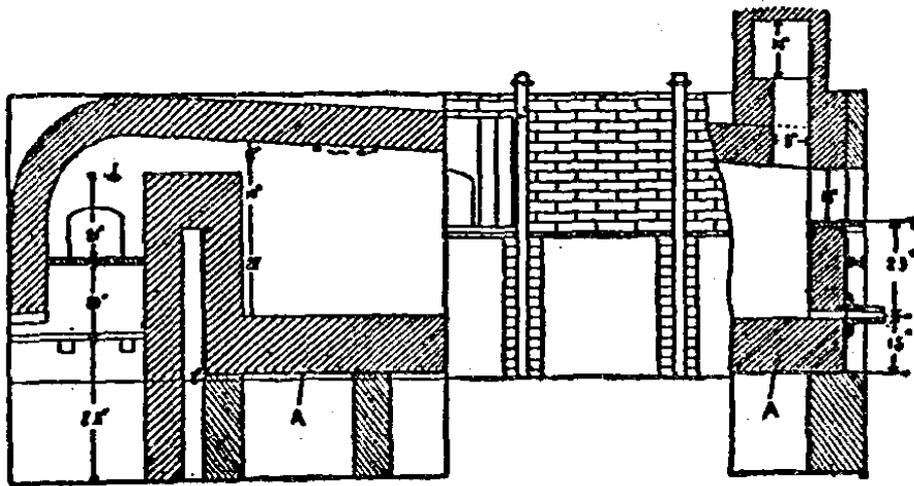
stones), 其餘之一面,裝設鐵帶,其位置與旁石之頂等高,所以承載引出鉛煙之罩者也。空氣龍頭穿背石之下方鼓風入爐。爐前置鐵板如斜坡,面造有溝,鉛循溝下流入罐。罐直隔為大小二部,其下相通,大部中貯鉛屎,鉛穿大部而達小部,以杓挹出之。當熔煉時,煉坑中滿貯燃料及礦砂,高及旁石。熔解之鉛充於槽內,工人用長桿將熔質耙至鐵板上瀘取其鉛,旋將其翻轉,剔去堅硬之渣,復還餘者於爐。乃加入一勺之石灰,並添礦砂燃料,至熔解時,再耙至鐵板上瀘之,每次相隔 5 分間之久。煉砂一爐需 6 小時,得鉛約 0.9 噸。添礦出鉛,繼續不停。附生之灰色渣,雜有鉛砂,石灰,煤屑等物,含鉛約 30-40%,可用前述之渣滓爐熔煉之。爐中之反應與空氣還原法同。

377. 英國鉛砂淺爐

此與蘇格蘭爐應用之理相同,惟形式較巨。用中空之鐵塊以代背石旁石,內灌冷水,川流不息,保鐵於不壞。亦有不灌冷水,鼓空氣穿行其中而得熱風者。用爐若干個排列成行,發出之鉛煙及火氣,由爐頂之罩各穿入一共同煙道中,由是用吸扇送至袋房。

378. 使鉛變軟(Softening the Lead)

以上各法所煉之鉛,含有銻,銅,鐵等物,質硬而脆,須



第 85 及 86 圖 硬鉛變軟爐

先行除去而後提銀,若是者謂之變軟,但遇含雜質甚少之鉛,用鋅取銀者,不在此例,變軟爐之煉坑,係生鐵或熟鐵板造成,其形如條盤,內砌火甌,在美國有用水套圍繞其之上部者,鉛初熔解,熱度宜低,俾較難熔之金屬雜質,

與表面氧化之鉛合成硬皮,浮於鉛面,此物須隨生隨撇,免其再熔入鉛,嗣增高熱度,使未行去盡之雜質氧化上浮,亦行撇去,更隨時搗鉛少許,察其變軟與否,工人有時用長桿推過鉛面,如現虹彩,即知火候已成,乃瀉鉛入模,爐內撇出之鉛渣(pan dross),積得既多,可用反燄爐或鼓風爐煉成硬鉛,依法變軟,此時所生之撇皮,含銻甚多,祇宜於造活字金等物。

379. 鉛中分銀

各種鉛礦砂俱含有銀,還原之後,銀混入鉛,故提銀為煉鉛者之所必講,提銀之法有二 (1) 結晶, (2) 用鋅是也。

380. 結晶法或帕丁生法 (Crystallization or Patinson Process)

熔解之鉛任其退冷,則最初所結晶之鉛,含銀較未凝之部為少,此本法應用之原理也,法將半圓形鐵釜列成一行,多者至12具,口徑 5.5 呎,各生火熱之,每兩釜間安設起重機,以運動掬取結晶鉛之杓,杓徑 16-20 吋,底穿小孔,其徑 0.5-0.75 吋,由長柄與起重機相聯,此杓之外,更有撇鉛皮之漏瓢,及轉注鉛液底不穿孔之杓,提銀之鉛,先用試金精定其每噸含銀之數,今設每噸含銀 16 噸,

取 9 噸送入六號釜中,生火熔解,用桿攪和,旋滅火任其退冷,或灑水其上以求速,隨時將面上凝結之硬殼按入鉛內,更用漏瓢撇去表面之皮,鉛液漸冷,次第結晶,沈於釜底,用結晶杓撈取之,左右簸動,瀝去其未凝之鉛,然後轉入五號釜內,循環不絕,至釜中鉛撈出 $\frac{2}{3}$ 爲度,事畢復生火燒熔釜中之鉛,轉入七號釜內,如此則五號釜有鉛 6 噸,每噸含銀約 8 噸,七號釜有鉛 3 噸,每噸含銀約 32 噸,兩釜共含銀 144 噸,適符原數也 ($8 \times 6 + 32 \times 3 = 16 \times 9$).另注每噸含銀 8 噸之鉛入於五號釜內,與原有者合成 9 噸,依法熔解而任其退冷,將所得之鉛晶,送入四號釜中,每噸含銀約 4 噸,所餘之鉛 3 噸,每噸含銀約 16 噸 ($4 \times 6 + 16 \times 3 = 8 \times 9$).由是而三號釜焉,二號釜焉,數愈低則鉛中之銀愈少,迨至一號釜中,每噸之銀不過半噸耳;反之十二號釜中之鉛,每噸竟含銀 700-800 噸,依此轉注,名曰三分一法 (method of thirds),意謂每退出一釜,鉛之結晶占全體 $\frac{2}{3}$,即每前進一釜,鉛之含銀增多一倍,然按之實際,大有參差,一因含銀之倍數比例不能終始不渝,一因攪入之鉛其含銀未必恰符指定之數也。茲將菲歷普斯氏 (Phillips) 實驗所得之數,與理論上應有之數,並列於下,以資比較:

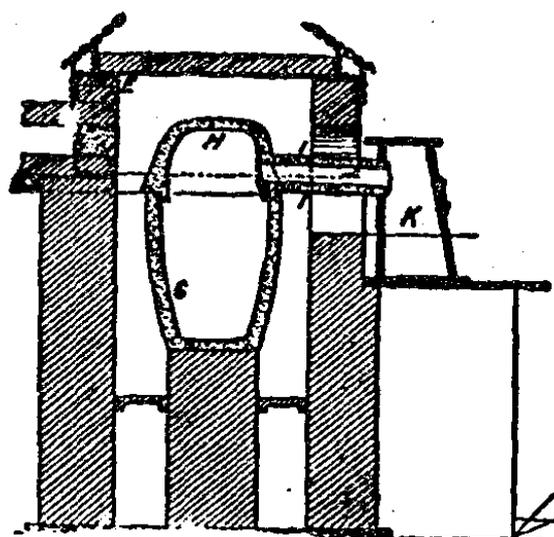
一號釜	{ 理論上之數 0.5 噸 實驗之數 9 本尼 15 克冷	七號釜	{ 理論 32 噸 實驗 22 噸 10 本尼 3 克冷
二號釜	{ 理論 1 噸 實驗 19 本尼 7 克冷	八號釜	{ 理論 64 噸 實驗 26 噸 19 本尼 12 克冷
三號釜	{ 理論 2 噸 實驗 1 噸 18 本尼 14 克冷	九號釜	{ 理論 128 噸 實驗 59 噸 9 本尼 16 克冷
四號釜	{ 理論 4 噸 實驗 8 噸 17 本尼 4 克冷	十號釜	{ 理論 256 噸 實驗 96 噸 9 本尼 4 克冷
五號釜	{ 理論 8 噸 實驗 7 噸 7 本尼 21 克冷	十一號釜	{ 理論 512 噸 實驗 167 噸 3 本尼 2 克冷
六號釜	{ 理論 16 噸 實驗 12 噸 17 本尼 5 克冷	十二號釜	{ 理論 1024 噸 實驗 273 噸 8 本尼

令十二號釜中之鉛再行結晶,其底部之鉛每噸含銀 514 噸 9 本尼 (pennyweights) 18 克冷 (grains)。

用結晶法提銀,每噸鉛含銀之量,由理論上言之,不能多過 800 噸,就實驗考之,其數尙不及此,其故因鉛一噸約與 800 噸之銀相併,構成善熔合金 (eutectic alloy, 參看第九篇 § 199), 其熔點較鉛為低,若鉛中之銀低於此數,則冷時鉛先結晶,遺銀於未凝之部,鉛凝愈多,未凝部含銀愈富,至合於善熔合金之成分為止,反之鉛中含銀超過此數,則退冷時銀必先行結晶,總使殘餘之部,成為善熔合金而後已,此結晶法取得之鉛,所以含銀不能超過 800 噸也。

381. 鋅法 (Zinc Process)

此法係帕克斯氏所發明,故又名帕克斯法 (Parke's Process), 盛行一時,旋即廢棄不用,近日略加改良,復用以代結晶法提銀,所用器具為四鐵釜,兩大兩小,大者可容鉛10噸以上,其底有孔瀉鉛,以省用杓之煩,大小釜各另火燒之,先傾鉛10噸於大釜之一,燒至鋅之熔點,每一噸之銀,須投入 1.5 磅之鋅,時時攪拌,或注射乾蒸汽至釜之底部,激動鉛液,更為有效,旋添濕炭入爐,降低熱度,徐徐冷之,則見銀溶入鋅,上浮鉛面,用漏瓢撈取,轉入小釜之一,復將大釜之鉛添火熔解,投鋅如前,依法冷之,此次浮上之鋅,不可轉入小釜,與第一次所得者相混,宜用於他次提銀,事畢,啓釜底之孔瀉鉛入模,又將小釜中之鋅生火熔解,熱度略較鉛之熔點為高,俾所含之鉛熔離而出,以杓挹之,併入他次之鉛提取其銀。所餘之鋅銀,含鉛較少,退冷鎚碎,和木炭少許送入蒸溜器燒之,揮發其大部分之鋅,殘留之銀鋅鉛合



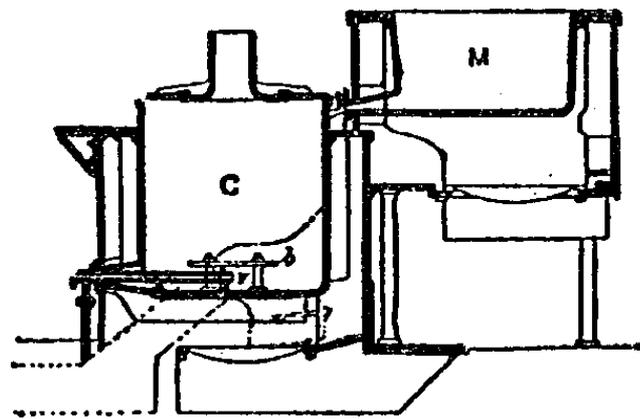
第 87 圖 鋅煉槽器
 G 石壘坩堝 H 石壘坩堝蓋
 I 石墨管 K 凝集器
 E 爐蓋

金,每噸含銀 2000-3000 兩,可選用骨灰杯提取矣.揮發之銻含銀甚多,收集後即用以提鉛中之銀.

882. 盧羅二氏法 (Luce-Rozan Process)

此係改良之帕丁生法,用機械節省大部分人力,故凡用帕丁生法提銀之煉廠,多用此新法以代舊法矣.所用之器爲兩鐵釜,其位置一高一低,在下者之口沿,高出地面 12 吋,約可容鉛 36 噸,較在上者大一倍有奇,兩者底下各有爐橋生火.先將提銀之鉛用起重機裝入在上之釜,既行熔解,啓底旁之管放瀉入在下之釜,與上次所得之結晶體相混,旋由釜底壓入蒸汽,助其混和,全體既熔,抽去釜底之薪,且注射少許之水於鉛面,所結硬殼下沈於底,漸使鉛之熱

度降至結晶點.此操作至釜中鉛有 $\frac{2}{3}$ 結晶爲止,其未凝之 $\frac{1}{3}$,則由釜底之兩管放瀉之.嗣閉兩活瓣,添注與結晶鉛含銀相等之鉛於在上之釜



第 83 圖 盧羅二氏釜

M 小釜

C 大釜

v 壓送蒸汽之管

b 使蒸汽分佈更勻之鐵板

中，轉瀉入在下之釜，合成36噸，再使結晶，行之數次，至鉛中銀不足供提煉始已，至兩管放出之鉛，其含銀成分比原來約增一倍，可依法再行處理，以使用骨灰杯法提銀。

383. 結晶法與鋅法之比較

結晶法之優點：(1)機器及法則均甚簡單，(2)可得其純之鉛，(3)可以除鉍，(4)最宜於處理含銀不富而頗純淨之鉛。

其劣點：(1)人工耗費甚鉅，(2)需要巨量之鉛，(3)鼓風爐煉得之鉛，如用結晶法提銀，須先行變軟，為時甚久，(4)不適用於處理合金之鉛。

鋅法之優點：(1)人工及費用均較少，(2)鉛與銀之損失較低，(3)可以提金，(4)鉛中之銀每噸可增至2000-5000兩，(5)出售之鉛每噸含銀不過4-6本尼，(6)可以除鉛中之銅。

384. 鉛中去鋅

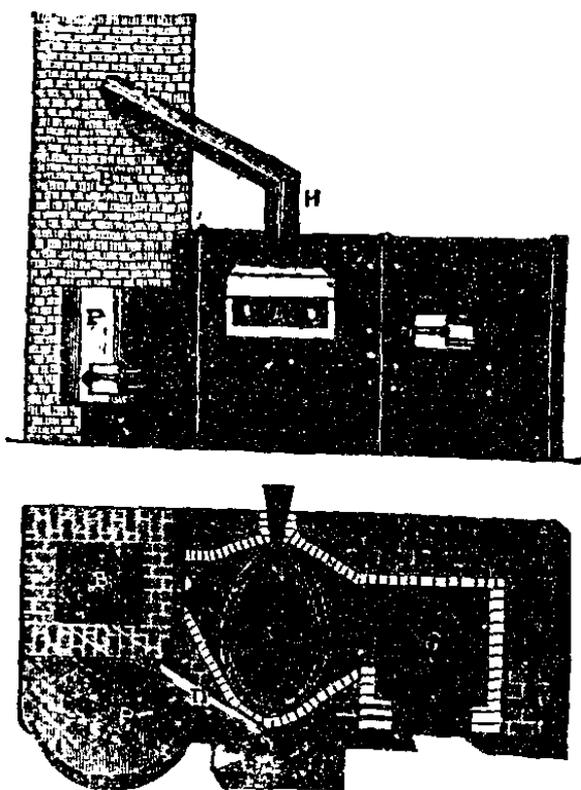
鉛用鋅法提銀後，雜入鋅約1%，須用前述使鉛變軟之法以求其純淨，法將鉛傾入反餞爐，通空氣燒之，經15-24小時之久，須用樹枝攪和，助其氧化，則見鋅成渣上浮，而少許之鉛隨之，撇去後，注爐中之鉛入釜，按捺木片於其內，更使之淨。

385. 骨灰杯提銀法

用骨灰杯以提銀,其理已詳於前矣,茲再將爐式及煉法略述於下。

英國骨灰杯爐有活動之煉坑,火坑及煙道分居其左右,後有龍頭一枚,向下傾斜約 30° , 前開一門,照料一切,煉時有滑動門閉之,門之上方倒懸一斗,為鉛煙散入煙突之路,煉坑用熟鐵橢圓圈造成,長徑4呎,短徑2.5呎,深約5吋,底安鐵條,和碳酸鉀少許於濕骨灰,填築其中,以滿為度,中央作淺渦,約可容鉛500-600磅,俟其極乾,載以鐵車,駛至爐下,置於火坑煙道間,是即活動之煉坑也。煉坑既紅,注入熔解之鉛,火氣橫掠其上,轉入煙突,鼓動空氣,鉛面之蜜陀僧隨風趨向杯之前部,於該處作溝引流入生鐵罐中,杯內之鉛因氧化之故,漸行減少,則隨時加鉛以補其缺,今設所煉之鉛,每噸含銀700 兩,至煉成2 噸為 $\frac{1}{4}$ 噸時,關閉風路,駛鐵杓於骨灰杯下,穿孔瀉鉛,旋將其孔用骨灰填塞,再行提煉,然須察其有無破裂,以便更換,計16 小時可瀉鉛一次,六次共得鉛1.5 噸,每噸含銀5000 兩以上 ($700 \times 2 \div \frac{1}{4} = 5600$), 合熔於釜中,再以骨灰杯煉之,此次鉛面之蜜陀僧,不可與前六次所得者相混,俟鉛化盡,關閉風管,杯中之銀面光如鏡,設面有他種雜質,須即時撇去,免其後來黏著不脫,事畢滅火,銀

面又結薄膜,此薄膜復爲銀中放出之養氣吹起成泡,泡冷則破裂,濺出碎銀不少。故見一泡發生,即須用鐵針刺破,銀爲氣質所壓,隆起成錐,屢刺不已,至銀質平定爲度,乃曳出骨灰杯,碎取其銀,權之約重8000兩($5600 \times 1.5 = 8400$)。鋅法所得之銀鉛,其成分高過結晶者數倍,可以直接一次提取其銀。



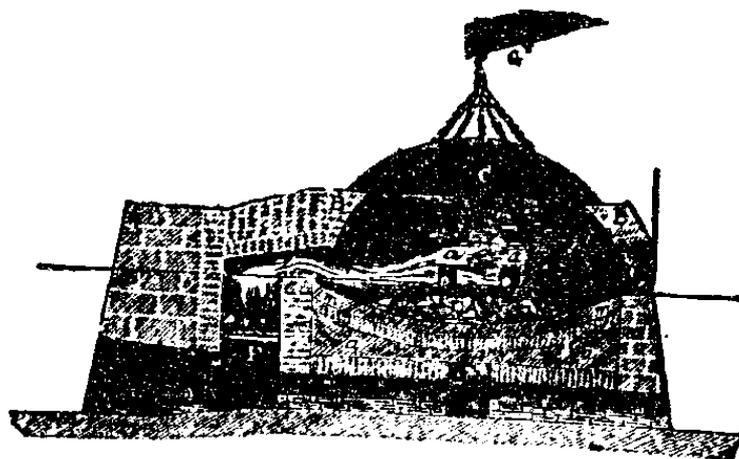
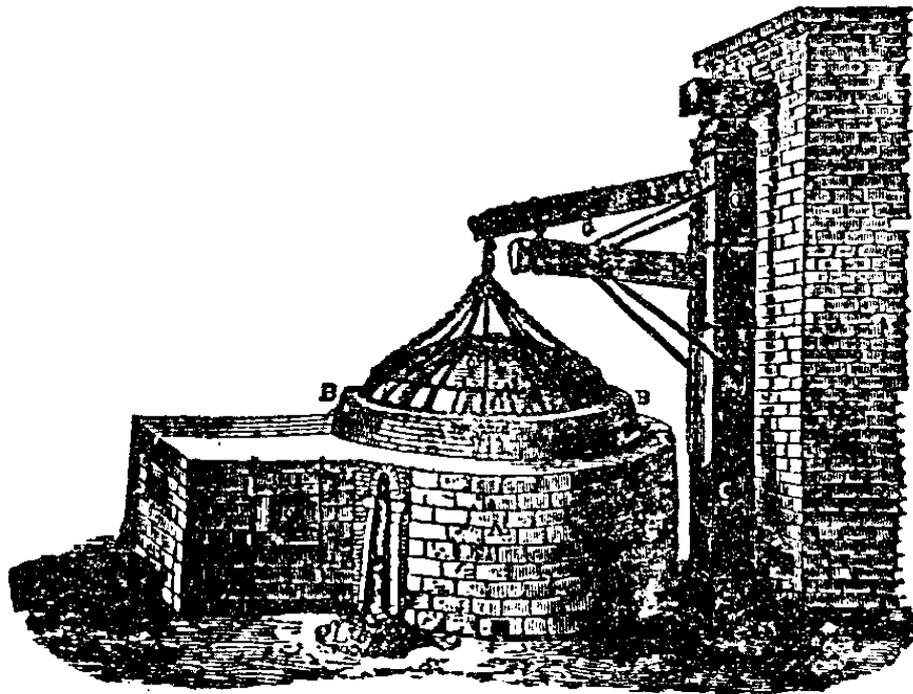
第 89 及 90 圖 英國骨灰杯爐

- | | |
|--------|--------|
| C 活動煉坑 | N 空氣龍頭 |
| G 火坑 | P 傾鉛之釜 |
| B 煙突 | H 倒懸之斗 |

386. 蜜陀僧之還原

上法所生之蜜陀僧,含銀甚富,須和10%之重之碎煤,送入反燄爐煉之。爐之煉坑長闊各7-8呎,內塗煙煤,此物遇熱則成疏鬆之焦煤,可以濾過煉出之鉛,又可以防熔解之蜜陀僧侵蝕煉坑之火甌。鉛循煉坑流入鐵罐,

每噸含銀 30-40 噸,用銑法或結晶法提取之。



第 91 及 92 圖 德國骨灰杯爐

- | | |
|-------|--------|
| G 起重機 | C 鐵頂 |
| A 煉坑 | a 空氣龍頭 |
| F 火坑 | o 齒輪出口 |
| L 齒輪 | |

387. 德國骨灰杯爐

此爐有固定之煉坑，上罩圓頂，其內塗火泥，可用起重機起落之。煉坑形圓，徑約10呎，內胎天產之灰泥(marl)或石灰與火泥之混合物，面窪下如盆，中央有圓穴，徑20吋，深0.5吋，以容納析出之銀。空氣龍頭二枚安於爐後。用木柴為燃料，取其燄長而明。將煉之先，鋪乾草於煉坑，其上置鉛4-25噸，視爐之大小而異。閉門焙解，開始三小時不需風力，迨鉛熔如水，撇去面上之渣，鼓入空氣，其量仍不多。二小時後加足火力，凡爐中之氧化物，均耙向缺口流出，如是者約1.5小時，乃增大風力，爐中之蜜陀僧發生甚速，隨風趨向缺口而流，瀉於地上，工人隨鉛面之減低，將缺口隨時加深，鉛盡而銀出，面光如鏡，滅火噴水，遠行退冷。惟其質不純，須用骨灰杯再煉之。

388. 鉛之電解精煉法

法分數種，惟以柏茲氏 (Betts) 所發明者為能奏效，英美煉廠採用之。電池以木製，內塗土瀝青，承於絕緣物上，若干池列成階級之形，以便電解液之流動。惟彼此位置相差，最須適當，務使溶液由高池流入低池時，與空氣接觸最少，否則雜質之銻將氧化而溶解，再沈澱於陰極上，使鉛不純也。

電解液爲氟硅酸鉛 (lead fluosilicate) 之酸性水溶液,含鉛 8%,遊離氟氫酸 15%,此外每 10 呎 (litre) 加膠質一克,俾陰極上所結之鉛堅實光滑.配合之法,將 35% 之氟氫酸攪等容之水沖淡,混和石英細粉至於飽和,再加適量之炭酸鉛,俟變化完全,濾去渣滓,添適量膠質於溶液中,即得.

陽極生鉛長 3 呎,寬 2 呎,厚 1 吋,陰極純鉛長 2 呎 8 吋,寬 2 呎 10 吋,厚不及 $\frac{1}{10}$ 吋,每池中置陽極鉛 22-28 枚,陰極 23-29 枚,彼此相距 $1\frac{3}{4}$ 吋,溶液熱至 30° - 35° C. 然後入池,電流一通,陽極鉛漸消,陰極鉛漸長,後者每 4-5 日更換一次,前者爲時倍之.陰極鉛之成分,比任何他法所煉得者爲高,每噸含銀不過 4-7 克,銻則全無,雜質之金,銀,銅,銻,銻併成泥渣,落於池底,鐵,錫,鋅,鎳,鈷則溶於液中.經時既久,液中含雜質太多,須按時更換新液.舊液中之鉛,用硫酸使成沈澱,而氟氫酸則先用氯化鈉變爲氟硅酸鈉,後用硫酸分出其氟氫酸.池中泥渣按時掃出,用下六段之法處理之.

第一段將泥渣混和硫酸鐵溶液,用蒸汽空氣攪之,則銅,銀,鉛俱成硫酸鹽,砷,銻,銻俱成氧化物,同時發生硫酸亞鐵及遊離之硫酸.

第二段將第一段溶液中之銀用銅使之成沈澱.

第三段將第一第二段之殘渣過濾壓機,用水洗淨,與含氟氫酸 12-15%,硫酸 2-4% 之溶液攪和,氧化錒為硫酸所溶,亦成溶液。

第四段將第三段之殘渣和蘇打熔解,鑄之成條,置於含硫酸氫甲基質(methylsulphuric acid) 15%,銀 7.5%,及膠質少許之溶液內,通電流分解之,則銀結於陰極,而金存於盛陽極之布袋中,銅與銻俱成溶液,放出後,先用銅沈澱其所含之銀,後用鉛沈澱銅與銻,此二物再用硫酸鐵處理,將所生之氧化銻還原成金屬。

第五段加氧化銅於第四段所得之溶液內,用電分解之,陽極為碳素,池中所生之硫酸鐵溶液仍可供第一段之用。

第六段將第三段所生之氟化錒用電分解,所生之氟氫酸仍於第三段用之。

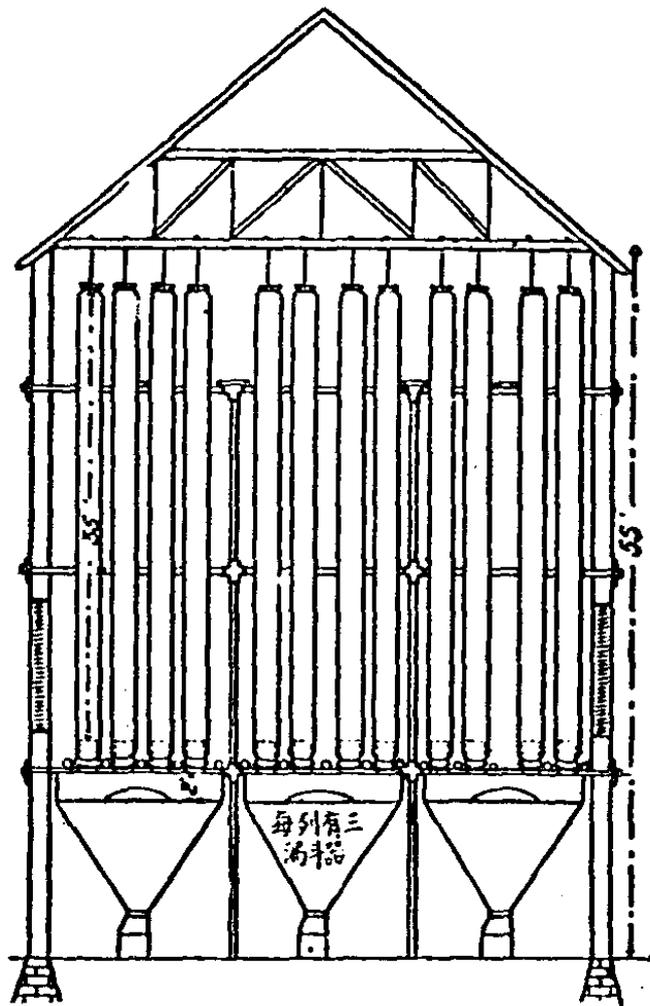
389. 煙道灰塵及鉛煙(Flue Dust and Lead Fume)

煉鉛之熱度甚高,故發生煙道灰塵及鉛煙不少,前者為細顆之礦砂,燃料,及助熔劑,多得於與爐相近之凝集室中;後者大半為硫酸鉛,氧化鉛,及氧化鋅,多得於距離較遠之凝集室中,欲完全收取之,須將煙道擴大增長,使火氣流行遲緩,熱度降低,例如夫賴堡煉鉛廠之煙道

長至五哩是也。然欲近日諸煉廠均造有此種最長煙道，實爲不可行之事，故於短煙道間添設若干巨大之暗室，其中加砌迴環往復之牆，或懸鐵板鐵絲於其內，增大吸收鉛煙之面積，有時且加造徑十餘呎之熟鐵煙道，與磚砌煙道銜接，使火氣退冷更速。若煉廠周圍之地位窄狹，則將煙道造成螺旋或「之」字形，煙道尾端有高煙突，引動火氣之前進。

若煉廠在農田村莊之附近，或礦砂含鉛銀之成分甚高，則由礦律上或經濟上言之，須添設袋房 (bag house) 濾取未行凝集之鉛煙。房分上下兩層，上層之頂倒懸毛布或棉布袋數百隻，長 30-35 呎，徑 18-20 吋，其口張開，適套於底板之缺口上。火氣經過長煙道後，熱度降至 82° 左右，用吸扇送入下層，穿缺口上昇入袋，鉛煙被隔，而火氣穿袋而過，瀰滿上層，達頂上之吸扇而去。房中有牆間爲數部，各部可關閉煙道之活瓣，使與火氣隔絕，以便入內修理，或搖動布袋，令鉛煙落至下層。

濕法凝集之最難處，在於鉛煙有抵抗潤濕之性，故不易使與水十分密接，僅少數煉廠用之。就中以設斐爾德煉鉛公司 (Sheffield Smelting Company) 之法爲最佳。引火氣穿行長氣道及鐵管中，降其熱度至 49° - 50° C.，然後用風扇壓入鐵池，池中置若干之鐵絲網，重疊成層，淹沒



第 93 圖 袋 房

水內,火氣由若干鐵管分注網下,穿網上行,故得與水密接。

390. 鉛煙之還原

鉛煙落於袋房之下層,積得一二呎厚時,即用火引燃,半熔為塊;煙道灰塵則加和石灰或陶泥,搗之成餅;二者均送入鼓風爐煉之,所謂巴特勒特法(Bartlett process,

者,亦屬鼓風爐煉法之一,其目的不在於得金屬鉛,而在於製純淨之顏料。法將鉛煙半熔成塊,和硬焦煤鼓熱空氣燒之,因空氣之多,僅小部分之鉛煙還原成金屬,然全體之銀幾盡集於其中,另法提之,所餘大部分之鉛煙,仍隨火氣揮發,收入布袋,取為顏料。

391. 鉛皮(Lead Sheet)

鑄鉛成餅,見方 5 呎,送至輥機上往復壓之,每輥一次,兩筒即扣攏少許,鉛漸薄漸長,剪為兩段,分而輥之,達於所需要之薄為度,是謂鉛皮。用途甚廣,最純者名化學鉛(chemical lead),不為硫酸所侵蝕,裒硫酸室用之。

392. 鉛管

造鉛管之法,將最堅之鐵圓筒,置於水力機臺之上,筒底有孔,與鉛管之外徑等,孔之中央有鐵心,緊附於筒,與鉛管之內徑等,機臺中裂有口,以為鉛管之出路,筒之上端以固著不動之鐵塞閉之,其四周有生火熱鉛之槽。先俾鉛入筒,俟其凝結,動水力機臺上昇,筒中之鉛遇固著之鐵塞,擠向筒底之孔而出,用鉗夾之,繞於圓軸之上,即鉛管也。至筒中鉛將盡時,降下機臺,加注鉛液,則筒中所餘者始與之相合而熔,終與之相合而凝結。故機臺再

昇之際,造成之鉛管牽連不斷,可造成任意之長。

393. 鉛彈

製鉛彈之法,和砷少許於熔鉛內,傾入杓中,杓底有孔,上鋪鉛屎,鉛瀘過後,自成小顆,經過百餘呎高之塔,漸次凝結變圓,下墮入水,乃令其由斜板滾下,板腰有裂縫,彈之圓者滾下甚速,橫掠而過,以篩分其大小,和石墨簸動之,求其光滑,其不圓者由縫墜落,再熔製之,惟此法祇能製最小之彈,至徑 $\frac{3}{10}$ 吋者,非模鑄不可,近人又因塔高多不便之處,故將塔改矮,鼓風逆上代之。

394. 蜜陀僧片(Flaky Litharge)

法熔鉛於骨灰杯內,令其自行氧化,熟極而流,以罐承之,俟其凝而傾出,即崩裂成片,其色暗橙。

395. 蜜陀僧粉

傾鉛一噸入矮反碓爐燒之,爐之生火處有二,與工作門同在一旁,常不設煙道,發出之火氣,經中央之門上穿煙罩而去,鉛既熔解,集於煉坑之低處,漸行氧化,且加入含錫之鉛 $\frac{1}{20}$ 噸以助其勢,惟熱度不令過高,以免蜜陀僧之熔,此物在鉛面隨時耙向一邊,令居下之鉛與空氣相觸,經10小時之久,鉛之氧化將盡,瀘去殘餘之鉛,而耙

取生蜜陀僧,和水研細,貯入池中,攪拌之,則鉛顆重而下沈,蜜陀僧輕而上浮,溢流入澄清池,去水烘乾過篩即得。

396. 紅鉛(Red Lead)

紅鉛不逕由鉛製成,常假蜜陀僧粉爲之,所用之著色爐(colouring oven),與製蜜陀僧粉者相似,傾蜜陀僧粉於其內,燒之成暗紅色,時時耙動,則吸收養氣,變爲紅鉛($3\text{PbO} + \text{O} = \text{Pb}_3\text{O}_4$),熱時色深紫,冷後即紅,煉製之時,頻取少許擦於青石板上,以驗火候之成熟與否,約48小時歲事,出爐後和水研細,俟其澄清,搨去上面清水,唧餘者入鐵桶,轉入他爐烘乾。

397. 橙鉛(Orange Lead)

橙鉛色較紅鉛爲淺,其製法燒碳酸鉛(PbCO_3)於著色爐中,驅出碳酸氣即得。

第十六篇

鋅 鎳 錫

鋅

398. 物理性質

鋅 (zinc) 色白,略帶藍灰,當平常溫度時性脆,熱至 100° 150° , 具有展延二性,可展薄成片,延長成絲,退冷後仍保存此等性質,比重 6.9-7.2, 經輥壓者 7.25, 熔點 419° , 沸點 940° , 上達亮紅熱,易於蒸發成氣,鑄成之錠韌性 2809 磅,成片成絲者在 18703 與 22188 磅之間。

399. 化學性質

當平常溫度時,在乾空氣中不起變化,久觸潮濕空氣,表面結堅實之鹽基性碳酸鋅,能保護其內,不再腐爛。熔時易於氧化,至沸點則燃燒成氧化鋅。

易溶於多數酸類及鹼類溶液中,而尤以與遊或白金接觸時為甚,又能從溶液中使多數金屬沈澱,例如加鋅入金睛化鉀溶液,則金沈澱而出是也。

400. 氧化鋅

揮發點約 1200° ，在 1360° 與 1400° 之間揮發尤甚，能溶於多數酸類及碳酸銻，氫氧化鉀，氫氧化鈉諸溶液中燒至強紅熱，易為碳素或一氧化碳所還原，以故用碳素還原氧化鋅，二物不必十分混和，惟前者之量須超過反應應有之數，以免碳酸氣之發生可耳。

401. 硅酸鋅

在高熱時氧化鋅能與二氧化硅化合成硅酸鋅，自然產之硅酸鋅有二種，一含水，一不含水，均能為碳素分解還原。

402. 硫酸鋅

常存於焙過之硫鋅礦中，當蒸溜時，與碳素化合，變成硫化鋅。

403. 硫化鋅

自然產者為硫鋅礦，燒之幾不能熔，研細烘焙之，則發生氧化鋅及硫酸鋅，熱度加高，硫酸鋅仍分解為氧化鋅。

硫化鋅在蒸溜罐中之熱度，不能為碳素所還原，然易為鐵及過量之石灰所分解，如係石灰，同時須有碳素

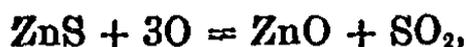
存在。故蒸溜鋅砂，攪和鐵及石灰，實為有益，因其能使未行氧化之硫化鋅還原也，不過鐵之分量須有限制，以免發生硅酸鐵，傷損蒸溜罐耳。

404. 烘焙

其目的視礦砂之種類而異，如為菱鋅礦，則在驅去其碳酸氣及水，使礦體疏鬆；如為硫鋅礦，則使氧化成氧化鋅，且逐去砷、銻等物，今分論於下。

(1) 烘焙菱鋅礦 碳素能使菱鋅礦還原，與對氧化鋅之作用同，但蒸溜之時間較久，又因驅除碳酸氣及水之故，不獨罐中之熱度減低，且放出之 CO_2 及水汽，足使一部分之鋅氧化，故礦砂仍須先行烘焙。烘焙時礦砂不須壓之甚細，成塊者用小鼓風爐，細者用旋轉之圓筒爐，粗細相混者用反餞爐。

(2) 烘焙硫鋅礦 礦砂須研碎，其顆粒不可大過 2 厘，用反餞爐或焙爐焙之，進行時硫化鋅氧化成氧化鋅及硫酸鋅，至收尾時，將熱度增高，俾硫酸鋅亦行分解，其反應式如下：



礦砂中之鉛變成氧化鉛及硫酸鉛,若同時有多量之石英存在,則成硅酸鉛,若烘焙之熱度不高,或礦砂中含有他種硫化物,則硫酸鉛發生愈多,此物於烘焙終結時,需甚高之熱度始能分解,故發生極大困難,例如礦砂含石英及鐵或鉛,熱度增高,必致變成硅酸鐵或硅酸鉛,性俱易熔,包裹礦顆外表,使其不能氧化,硫酸鉛易熔,其爲害亦正相同。

烘焙時鉛因揮發或成灰塵之損失約 2%,若砂中含銀,銀之損失可多至 10%,故烘焙硫酸鉛礦不可用鼓風爐,祇能用反燄爐或熔爐,如砂中之硫不利用以造硫酸,則有時先用圍牆烘焙或鼓風烘焙,逐去其過量之硫,使礦砂崩裂,然後研細,送入反燄爐或熔爐焙之。

405. 鋅餅鋅板(Spelter and Sheet Zinc)

市上出售之鋅分兩種,一鋅餅,一鋅板,質皆不純,可由其斷面驗之,無鐵者晶面明亮而光滑,含鐵者內雜暗晦之斑點,鐵多者結構成極細顆粒狀,其次則鉛,試將鋅鉛合熔,從容退冷,兩者互相分離,然鋅之內雜有 1.5% 之鉛,此鋅中鉛之所由來也,若過於此量,退冷時能自行析出,或成薄皮或爲細顆,亦可於鋅中見之,今若將鋅蒸溜,仍含鉛 0.2%,再蒸溜之亦然,鉛之外更含錫,錳,砷,銅

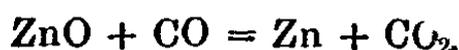
諸雜質,惟分量常甚少耳。

406. 鋅之用途

鋅大半用以鍍鋼鐵,防其生鏽,其次造黃銅等合金,冶金術中用以分解含金之金精化鉀液,及由鉛中提銀。

407. 熔煉法

將焙過之礦砂混和過量之焦煤或木炭,以亮紅熱或近於白熱之熱度煉之,則氧化鋅與碳素及變化所生之一氧化碳化合,而鋅生焉。在高熱揮發成氣,引入凝集器收之,其反應式如下:



烘焙硫鋅礦所得之氧化鋅較由菱鋅礦所得之氧化鋅還原所需之熱度為高,推之烘焙硫鋅礦所用之熱度愈高,則其氧化鋅還原所需之熱度亦愈高。

氧化鋅還原之熱度,雖在鋅沸點以下,然其變化不達沸點之上不能完全,以故析出之鋅揮發為氣體,欲其凝成液體,須注意下二事。(1) 鋅氣不可與空氣,水蒸汽,及碳酸氣相觸,否則必致氧化,凝成鋅煙 (zinc fume, 即

粉末狀之金屬鋅與氧化鋅之混合物)。(2)凝集之熱度須保持在 419° 與 550° 之間,不及 419° ,氣體鋅祇能凝成粉末狀之鋅煙,超過 550° 以上太遠,氣體鋅又全不能凝。

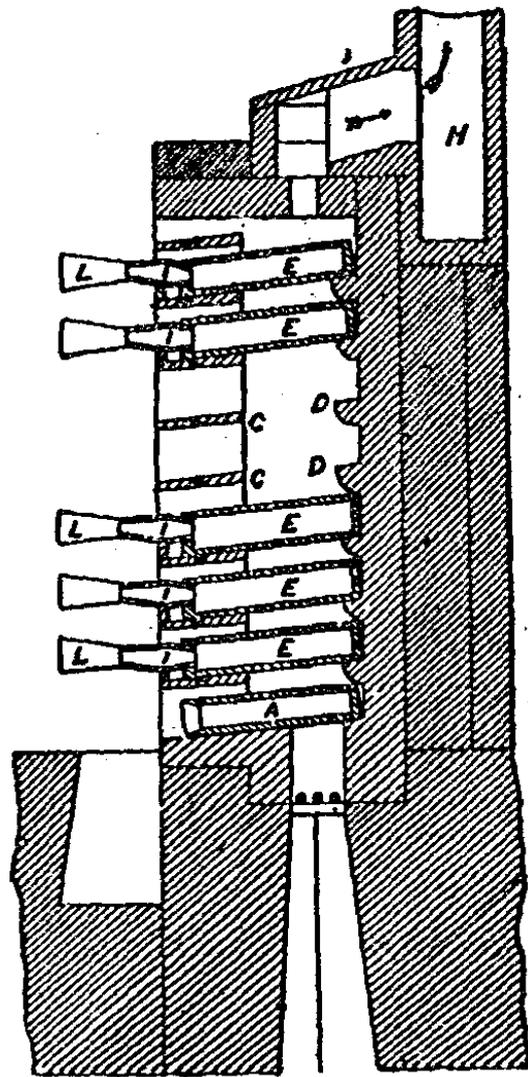
408. 比國法(Belgian Process)

此法近世通行,所用之蒸溜罐係火泥所製,厚 $1-1\frac{1}{4}$ 吋,長 4 呎至 4 呎 9 吋,切面形圓或橢圓,圓者徑 $6\frac{1}{2}-8$ 吋,橢圓者長徑 9-10 吋,短徑 $6-7\frac{1}{2}$ 吋,一端固閉,一端開口。蒸溜爐爲直立之房,其頂隆起,上安煙道,生火處居於底部,其旁闢有火門,後方之壁內面裝凸出之臺,前方無壁,惟架有若干水平之鐵板,各較後面之臺略低,罐入爐時,置固閉之一端於臺上,其開口之一端則由鐵板架承之,其勢向前畧斜,計每爐可容罐數十,每罐可容礦砂百餘磅,佈置既妥,用陶泥甃石砌塞罐頭鐵架之空處,生火熱爐,罐內礦砂先和碎煤,居上之罐受熱較少,故所入之砂較少,在下者火熱較大,故入砂亦多,最下之一層常中空無物,以防火力之過猛,砂既入罐,套泥製之凝集器於罐口,塗泥接合之,則見一氧化碳發生,至凝集器口而燃燒,繼則鋅揮發而出,著火發生白煙,若礦砂中有鎳,煙色帶櫻,係氧化鎳所成,於斯時也,加套鐵圓錐於凝集器之上,凡該器未行凝集之鋅,可免致散失,閱兩小時,取下鐵錐,

掘出器內之鋅，傾入鐵
杓，復行套上，全工約11
小時可畢，傾罐出渣，驗
其破裂者易之。

409. 爐內之出產

(1)正項之鋅，再行
熔解，撇去表面之皮，鑄
成重 40-80 磅之錠。(2)
鐵錐內深灰色粉末，為
鋅及氧化鋅混合所成，
送入上層罐中，再行提
煉，或運售之為顏料，即
俗所謂鋅灰 (zinc gray)
也。(3) 罐中之渣，仍含
10% 之鋅，在比國因人
工燃料之昂貴，本法祇
能化煉成分較高之鋅
礦砂，含鋅須在 40% 以
上，且其弊有三：(1) 礦
砂中之硅酸鋅不全行分解，(2) 礦砂中所含之鐵，常變



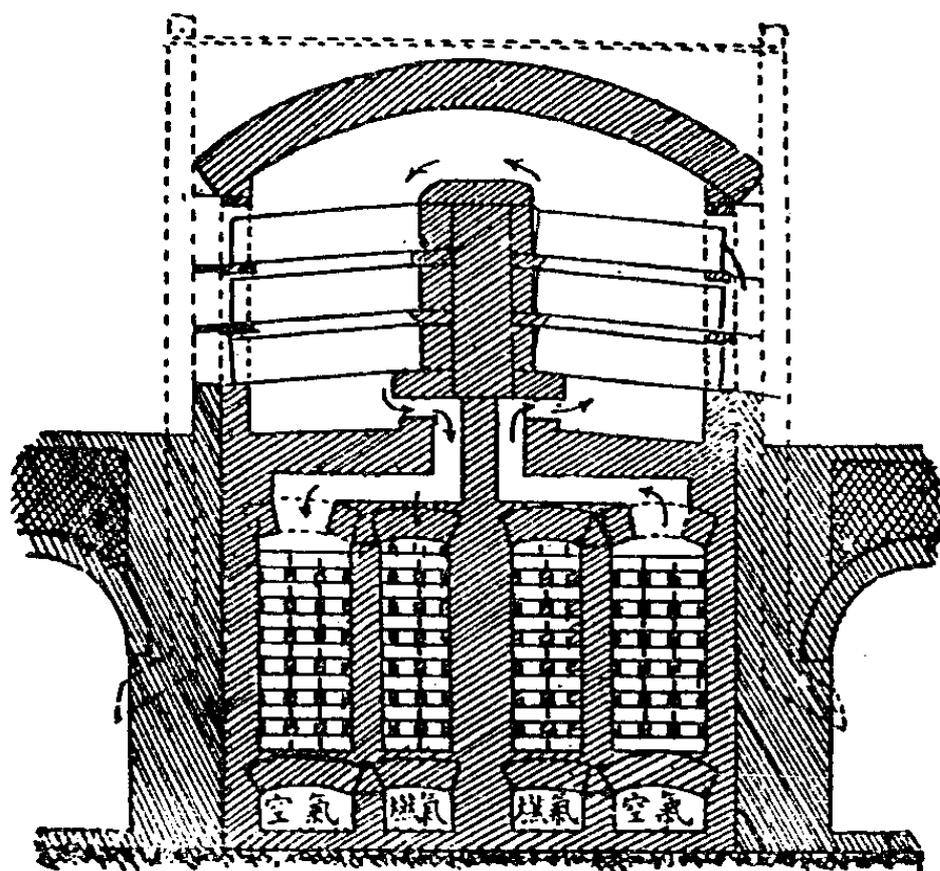
第 94 圖 比國煉鋅爐

- E 蒸溜爐
- I 凝集瓦器
- L 鐵圓錐
- D 支爐尾之蓋
- O 支爐頭之鐵線
- A 空爐
- H 煙道

易熔之硅酸鐵，(3) 礦砂含鉛多者，煉時成氧化鉛，蝕傷蒸溜罐。

410. 煉法之改良

近世煉鋅多用氣體為燃料，爐之形式增大，可容蒸溜罐 112-320 枚，有循環爐熱風熱氣，如第 95 圖，其中蒸溜罐僅列三層，空氣及氣體由一旁之循環爐底部送入，達頂部會合燃燒，穿入煉爐，由是下達他旁之循環爐至於煙突，每半小時轉動活瓣，使空氣氣體改向流行，切而言

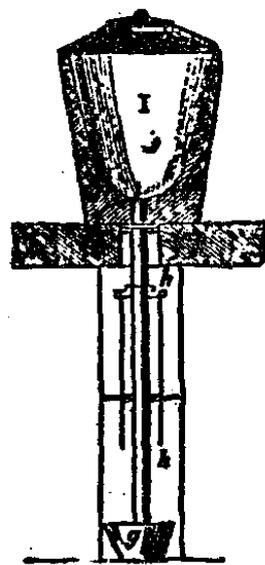


第 95 圖

之,此種爐實可列入萊因式爐(Rhenish furnace)之中也。純粹比國舊式爐,僅用波伊迪斯爐(Boëtius furnace)以造氣,不用循環爐熱氣熱風,所以不用之故,非以其不適用也,實因用循環爐,則舊式比國爐必行廢棄,而易以新式之煉爐也。

411. 英國法(English Process)

所用之坩堝,以等量之比國火泥(幾屬純淨硅酸鋁)及磨細之舊坩堝造成,約可用四個月之久,此四個月間可蒸溜鋅2噸坩堝高4呎,寬2.5呎,底安鐵管,徑7吋,分為兩截,在上之短截用火泥嵌於坩堝底,在下之長截長約8呎,臨用時方接上之。一爐可容六坩堝,環例於長火坑之周圍,火燄穿行於坩堝之四周,出爐頂之缺口,竄入錐形之煙罩而去。每坩堝所立處下開缺口,鐵管由此而達於下方之空洞中,短截上部有焦煤一塊鬆塞之,防礦砂之墜入管內。每坩堝可容焙過之礦砂4-5英擔,焦煤或石灰2-3英擔。裝畢,泥封其蓋,生火煉之,則見短管口有藍色火燄,為



第 96 圖
英國煉鋅坩堝

I 坩堝
h 長管
g 水盆

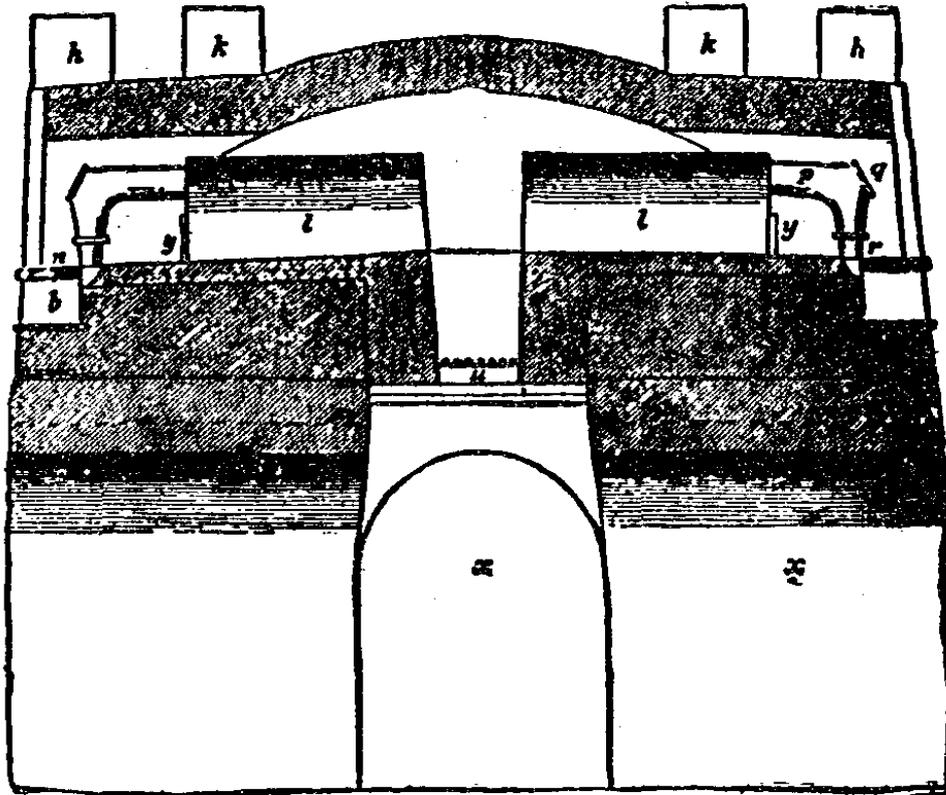
礦砂與碳素化合所生之一氧化碳燃燒所成，數小時後，火燄白而帶綠，為蒸溜之鋅燃燒所致。斯時加套長截鐵管於短管之下，熄滅火燄，凝集之鋅墜入下方水盆之中，工人時將長管取下通之，復行套上，蒸溜約60小時可畢，所得之鋅約抵礦砂中之鋅之 $\frac{1}{3}$ ，質不堅結，且內雜氧化鋅，須入鐵罐熔解，鑄之成餅，其熔解時表面撇去之皮，則混和礦砂再煉之。

若礦砂中含充分之錳，則蒸溜時先鋅揮發而出，短管口之火燄色棧，於此例須將居先凝集之鋅與居後者分別盛之，因前者含大部之錳，可再行蒸溜取得之也。

本法煉鋅1磅，須耗煤25磅，近人已廢棄不用矣。

412. 西利西亞法 (Silesian Process)

此法所用之蒸溜罐，較比國法所用者為大，長5呎3吋至6呎7吋，寬6-8吋，高1呎 $7\frac{1}{2}$ 吋至2呎 $1\frac{1}{2}$ 吋，形如字母D，其平邊切於爐底，列為二行，分居火坑之左右。罐之一端有火泥管，上套鐵圓錐及長鐵管以凝集揮發之鋅。轉角處有缺口，為清掃管內一切及入砂之用。當煉時塗泥封之，凝集之鋅流入暗室，其不及凝集者，任其氧化成粉，引至他凝集室收之。在西利西亞用此法所煉之菱鋅礦砂，含鋅僅18-20%，仍可獲利，煉鋅1磅，耗煤



第 97 圖 西 利 西 亞 煉 鋅 爐

- | | |
|-------------------|---------------|
| <i>l</i> D 形罐 | <i>x</i> 凸橋 |
| <i>y</i> 出渣門 | <i>pr</i> 凝集管 |
| <i>b</i> 鋅之受器(暗室) | <i>g</i> 入砂口 |
| <i>ht</i> 煙道 | <i>u</i> 爐橋 |

約 10 磅 左右。

413. 舊法之改良

西利西亞舊式爐本為提煉易於還原之菱鋅礦砂而設，近該種礦砂將次開盡，以故現在所煉之物，以焙過之硫鋅礦居多，所需之熱度較高，蒸溜罐之容積理宜減小，分列兩三層，用氣體為燃料，有時更用循環爐熱氣熱

風。

414. 萊因法或比國西利西亞法 (Rhenish or Belgo-Silesian Process)

蒸溜罐作橢圓形,其數 120-240 枚,視爐之大小為差,列成兩三層,分居火坑之左右,凝集器腹部下垂,開有缺口,可以出銻,用西門子生產爐四座以造氣,所造之氣及空氣穿兩循環爐而入煉爐,彼此會合而燃燒,由是下入他兩循環爐轉向煙突而去,每半小時轉動活瓣,使空氣及氣體改向流行,蒸溜罐 240 枚共入含銻 49-55% 之礦砂 10 噸,煤 $\frac{3}{4}$ 噸,及煉過之銻礦殘渣約 10 英擔。

415. 銻之精煉

凝集器中所得之銻,俗名生銻 (crude zinc),內含鉛,鐵等雜質,除去之法,將銻 20-30 噸送入反餞爐,用適當之熱熔之,經二日之久,全體熔解,鉛鐵之比重較高,故沈於下,而銻浮其上,將表面之渣用漏瓢搨去,又用杓搨取 $\frac{1}{3}$ 之銻注入鐵模,同時加入等量之生銻以補其缺,俟其熔解,如法再搨去之,爐底沈下之鉛,含銻約 6%,鉛之上更有銻鐵構成之硬銻 (hard zinc),含鐵約 15-20%。

416. 銻消失之原因

(1)渣滓含鋅常在 3-5% 以上。(2)蒸溜罐吸收一部分之鋅,舊蒸溜罐吸收之數,有時達 7-8% 之多。(3)一部分之鋅氣由蒸溜罐滲出,然近日用水力機製造蒸溜罐,組織較密,且有塗釉於罐之內外兩面者,此種失耗,因之大減。(4)啓開凝集器取鋅時鋅之逃散。(5)破罐或破裂罐中鋅之逃散。(6)一部分之鋅變成鋅灰。

417. 電解鋅 (Electrolytic Zinc)

用電解法提取純鋅以供製造高延性合金之用者,近世多有,若以之提煉普通鋅,則殊不合算,因電費太昂,陰極上又常結氧化鋅,質不堅實故也。製純鋅之法,先將礦砂和食鹽烘焙,使成氯化鋅,用水溶之,或不和食鹽,將礦砂先焙成氧化鋅,再用碳酸氣及氯化鈣(製碳酸鈉之副產物)溶液加壓力處理,其結果亦同 ($ZnO + CaCl_2 + CO_2 = ZnCl_2 + CaCO_3$)。液中雜質如鐵錳則加漂白粉及碳酸鈣使成沈澱,如銅鉛則加鋅灰使成沈澱,濾取清液,用爲電解液,其中應含有 0.08-0.12% 之游離鹽酸。陰極爲旋轉之純鋅板,或如近人所擬,改作圓筒之形。陽極爲碳素板,以特別之瓶裝之,其上有導線氣出池之管。電流每 10.8 平方呎 100 安培,電壓 3.3-3.8 弗。電流一通,電解液分解,鋅結於陰極上,其質甚純,含鐵僅 0.01%,氯氣由陽極

上之管引出,爲製漂白粉之用。

418. 鋅砂之電熔煉法

用電爐熔煉鋅砂,營業上難收實利,因電流電極所費均昂,鋅之外發生甚多之氧化鋅,須再行熔煉故也。茲將法國哥德及皮能兩氏(Cote and Pierron)煉鋅鉛複雜礦砂之法述之。爐作圓形,底及四圍均胎石墨,頂如覆盆。用火甌砌成,其中央開孔,容納能昇降之巨大碳素棒一枚,是爲陽極,陰極爲錐形石墨,矗立於爐之煉坑中。煉之初,將陽極降下與陰極相觸以通電流,旋升高少許,發生電弧,從爐頂缺口注入礦砂及石灰之混合物,此時爐中熱度比較不高,硫化鉛爲鐵所分解,析出金屬鉛,啓爐旁之孔放出。嗣將陽極升高,增高熱度,則硫化鋅亦爲鐵所分解,析出金屬鋅,由爐上部之缺孔竄入火甌建砌形如圓筒之凝集室中,室內有紅熱之焦煤或石煤,防止鋅變成鋅灰。鋅既凝結,以時由室底之孔放出,終乃放瀉熔渣及硫化鐵出爐。

419. 鋅白 (Zinc White, ZnO)

鋅白爲顏料之一,其製法或燃鋅於空氣中氧化爲粉,或逕由礦砂煉成。如用後法,須將鋅礦磨碎,和石灰石碎煤二物,鋪於直角形窯之煉坑內燒之,坑係鐵板所造,

其面穿孔,空氣由孔入爐,析出之鋅隨火氣上昇,熱度稍低,即與炭酸氣分解所生之氧及爐中殘餘之養氣化合,而成鋅白: $Zn + CO_2 = ZnO + CO$. 仿凝集鉛煙之法,引入長鐵管,減低熱度,然後用毛布袋濾取之。

鎳

420. 鎳 (Cadmium)

市上出售之鎳條,其狀如錫,折之有聲,質較錫略硬,韌性亦較錫為強,比重 8.6, 復較錫為高,冷時富有展延性,熱至 $80^{\circ}C$. 變脆,至 322° 熔融, 770° 沸騰化氣,鎳 10%, 錫 13%, 鉛 27%, 銻 50% 所成之合金,熱至 60° 則熔,故易為沸水所熔解。

421. 鎳之提煉法

鎳藏於鋅礦砂內,其分量不過 2-3%, 性較鋅更易於揮發,當煉時隨鋅之前半部蒸溜而出,斯時火燄色櫻,謂之櫻色燄 (brown blaze) 時期,若將此前半部之鋅和以木炭,加 $800^{\circ}C$. 之熱,再行蒸溜,僅使氧化鎳還原,則凝集器中所得之粉末狀物,含鎳必加多,依法更和木炭送入小陶泥蒸溜器燒之,還原之鎳,凝集於器之前部,穿孔瀉出,鑄之成條,此乾法也,濕法取鎳,尙未築廠實行,其法將

含錫之鋅或鋅灰用鹽酸處理之，鹽酸之量，恰使一部分之鋅存留不溶，以故既溶之錫及鉛，藉鋅而變成沈澱，嗣添注鹽酸使鋅全行溶解，而少許之錫隨之，此少許溶解之錫，投鋅棒於溶液內復使之成沈澱，事畢，取全體沈澱灑淨烘乾，和木炭蒸溜，即得純錫，溶液含鋅，投鋅灰於其中使之中和，嗣加氫氧化鈣而得氫氧化鋅之沈澱。

錫

422. 錫(Tin)

錫色銀白，富於展性，撓之斷裂有聲，謂之錫鳴 (cry of tin)，錫愈佳則鳴愈甚，但絕對純淨之錫不鳴。當平常溫度時，不為空氣所侵，惟燒紅時能與氧氣化合成二氧化錫 (SnO_2)。熱至 232°C 。則熔，過此漸行揮發，退冷時易於結晶，由電解法分析而出者亦然。性易溶於濃鹽酸及溫熱之稀硫酸中，若遇硝酸則成不溶於水之錫酸 ($5\text{H}_2\text{O}\cdot 5\text{SnO}_2$)，又能與鹼類熱溶液化合成錫酸鹽。錫之性質居金屬與非金屬之間，能占酸中之氫之位置而構成鹽類，其氧化物亦能與他酸性氧化物化合成鹽，是為有金屬性質之證，然二氧化錫之酸性強而鹽基性弱，故又能與鹽基化合成鹽，是轉而為非金屬矣。夫如是，故焙煉之時，發生種種困難。

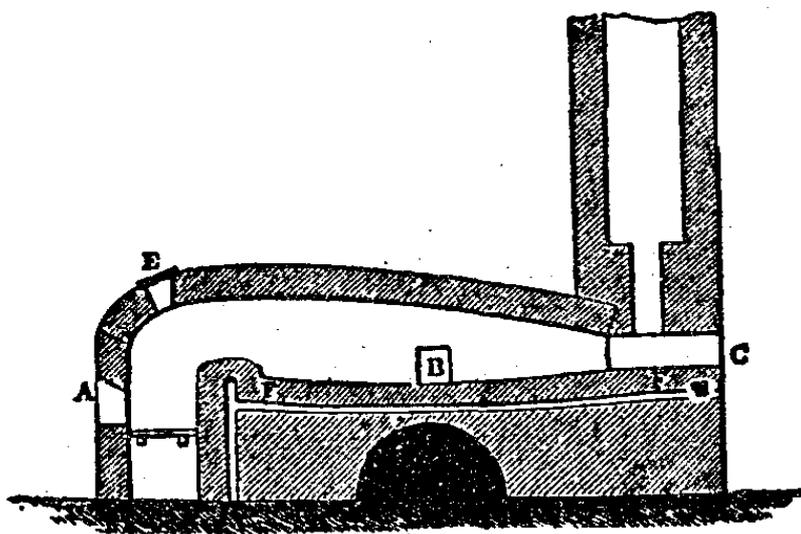
423. 製砂

錫礦砂之足供提煉者僅錫石一種,當其由礦脈中取出時,常雜有石英,方鉛礦,黃鐵礦,黃銅礦,毒砂,狼鐵礦等,氧化錫不過居全體中 5% 耳。此等雜質與熔煉有妨,入爐之先,須竭力選出以求其淨,法將錫砂先傾於格子篩上,用水淘洗,去其泥沙,嗣用小錘敲碎,收拾其黃銅礦砂,兼去其黃鐵礦毒砂,然後送入搗礦碓和水搗之,其粗細以能穿過每平方吋 40 孔之篩爲度,引流入一行之貯蓄池,則雜質較輕,隨水流去,錫砂性重,積於池中,愈在碓之近旁者愈佳。池中之物再用選礦桌選之,轉送入焙砂爐,加以烘焙,氧化其未行淘盡之黃銅礦及毒砂,旋露於空氣中數日之久,淋以熱水,溶去其硫酸銅。此時所餘者爲錫砂及少許之氧化鐵,再用選礦桌淘洗,去其氧化鐵,是爲黑錫 (black tin), 可以煉矣。苟礦砂中含狼鐵礦,亦須先行除去,此物體重,非水力所能分離,性質堅定,非烘焙所能分解,於是有所謂奧克斯蘭德法(Oxland's process)者,足以去之。法和芒硝(即不淨之硫酸鈉)於黑錫內,另參加煤屑若干芒硝之分量須能與錫素化合而稍過之。混合既畢,轉送入反碓爐半熔之。爐之煉坑爲生鐵板所底,火氣由坑上轉入坑底以求其勻。煤屑遇火,即將硫酸鈉之氧奪去,使成硫化鈉,此物與空氣中之氧化合而生

SO₂ 及氧化鈉,後者與狼鐵礦相變化而生錳酸鈉,及氧化鐵氧化錳,火候既成,送入水池中浸之,溶解錳酸鈉於水,可使蒸發結晶,錫砂中之氧化鐵氧化錳乃易於淘去,然此法所費不貲,且發生一部之錳酸鈉而致損失,故近人舍棄不用,惟厲行手選之法,復於烘焙後,用大力電磁石吸去之。

424. 康瓦爾熔煉黑錫法

黑錫之顆甚小,故以反餞爐煉之,每次可裝一噸,和入 $\frac{1}{6}$ 之石炭末,另加石灰若干為化去未行淘盡之二氧化硅之用,鋪入煉坑,關閉各門,生火熔煉,初煉時熱度須



第 98 圖 煉 錫 反 餞 爐

- | | |
|-----------|-----------------|
| A 火門 | B 送砂門 |
| C 工作門 | E 送砂時減弱氣流之門免噴灰吹 |
| F 煉坑下之空氣道 | 入煙道 |

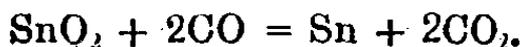
適當之低,恐二氧化錫與石灰氧化硅化合,致招損失,熱度隨煉隨增,約 5 小時錫全熔解,攪以長桿將上浮之渣撇去,再閉門煉之,經 $\frac{3}{4}$ 小時,復啓門用桿攪和,更任其熔煉 15 分間,然後瀉錫入罐,是爲生錫(crude tin),與錫同出之渣自分離爲二層,其一與玻璃相似,可以棄去;其一色黑如石,爲硅酸鐵所成,內含有錫,須和石灰再煉;至爐內之渣多屬炭質,雜有錫顆,耙出後鎚碎選取之。

425. 生錫之精煉

將生錫條重疊於熔煉黑錫之反餞爐內,徐將熱度加增,錫即熔而下流,盛以鐵釜,更隨時添生錫於爐以補其缺,約一小時之久,可得錫 5 噸在爐中者爲極不純之錫,烈火燒之,亦漸次熔解,另器貯之,此後爐中所餘不熔之物,爲色白脆性之合金,俗名硬頭(hardhead)。釜中之錫用生樹條攪和,則雜質氧化上浮,撇入爐內再煉,約一小時,錫漸變淨,是爲普通錫(common tin);再行攪和者,謂之精煉錫(refined tin),此外又有挹注之法,將釜中之錫,用杓挹出,高舉而下注之,環循不絕,錫亦變純。

426. 變化之反應

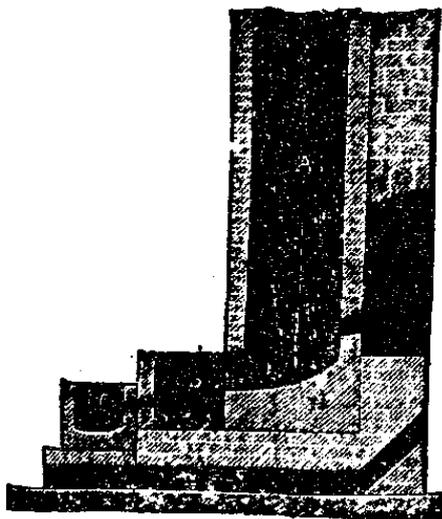
爐中之變化甚簡,即礦砂中之氧爲碳素或一氧化碳所奪去而成錫也:



若砂中含有他種金屬，亦隨錫還原，溶於錫內，是成合金。精煉時因其熔點較高，後錫而熔解，故可利用熔離法，使與錫分離。其帶入錫內者，藉樹條攪動之力，亦氧化成渣，上浮於面。至攪動之反應，其說不一，大約機械之作用為多，氧化之作用次之，惟決不似攪銅法之有還原作用，則可無疑者耳。

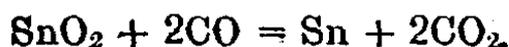
427. 鼓風爐煉錫法

用鼓風爐煉錫，耗燃料甚多，錫揮發之損失亦大，然馬來半島及歐洲等處仍有行之者，則以其所煉之礦砂成分高而含雜質少故也。爐作圓形，其體甚小，高僅10呎，頂上裝設收集礦煙之罩，爐底爐壁均用麻石砌成。所煉礦砂若含氧化鐵甚夥，須用石英為助熔劑，其已含甚多之石英者，則和石灰或鐵屎以



第 99 圖 煉錫鼓風爐
 A 爐身 D 爐底
 B 石槽 C 鐵槽
 O 風管

調節之，總以能生易熔之渣爲上。用木炭爲燃料，熱度不令過高，恐他金屬同時還原，混和入錫。煉之時，頻添加礦砂木炭，保其充盈，則礦砂與一氧化碳化合而錫生焉：



與熔渣共流入內塗火泥木炭之石槽中，撇去其渣，一經貯滿，卽穿孔瀉入鐵槽，攪以樹條，求其純淨。爐中所餘者爲錫與他金屬之合金，卽硬頭也。苟錫砂含鉍，須於烘焙後用鹽酸處理之，然後入鼓風爐熔煉。

428. 從洋鐵屑及舊洋鐵器取錫法

方法甚多，均係濕法，就中以哥德士密特氏 (Goldschmidt) 所計劃者爲最有效。先將舊洋鐵上之紙漆等有機物去淨，裝入高13呎，徑3呎3吋之鐵筒中，筒有穿孔活底，由其下以四倍之空氣壓力壓入綠氣，使與錫化成四氯化錫。變化時生熱甚多，故鐵筒須設法退冷，免遭綠氣之侵蝕。全體之錫既熔，筒中之綠氣不再生消耗，故氣壓不起變更，斯時將綠氣及氯化錫吸出，盛於受器中，留心加水，而得固體之氯化錫沈澱。

429. 錫之用途

錫不爲空氣及稀酸類所變化，可展薄爲片，胎襯鉛管，或鍍於銅鐵等金屬之面，以防氧化。錫板 (tin plate) 者，

鐵片之鍍錫者也,俗名洋鐵,或貯食物,或盛洋油,其用最廣,茲將鍍法略舉於下:熔錫於生鐵釜內,上蓋牛油或櫻油(palm oil),厚 3-4 吋,所鍍之鐵片表面須十分光潔,穿牛油按入錫內,繼用叉送至牛油中之輓機上壓之,擠去浮面之錫,然後取出措淨,苟錫片之面欲現彩紋,可將其炙熱,以海棉蘸稀硝酸及鹽酸食鹽或氯化銻之混合物措拂其上,繼噴水退冷,則錫面為酸所蝕,現出晶形組織,甚為美觀。

錫與銅之合金名曰青銅 (bronze), 其顏色性質視兩者之配合而異,用途甚廣。

第十七篇

鎳 附 鈷

鎳

430. 物理性質

鎳(Nickel)色白中帶灰,光澤較白金更強,含雜質少,富於展延二性,燒軟時易於煅接,又可煅接於鐵,磁性與鐵成1與1.5之比,韌性較鐵為高,而熔點略低,熔時吸收CO,退冷時仍吐出,致所鑄之器起泡孔,然當熔時攪加少許之鎂,可免此害。

431. 化學性質

當平常溫度時,在空氣中不易氧化,若燒紅則表面結灰綠色之氧化鎳,王水硝酸溶鎳甚易,鹽酸硫酸亦能緩緩溶之,因其抵抗鹼類之力甚強,故用以製坩堝,熔解含二氧化二鈉之物。

432. 氧化鎳(NiO)

強熱硫化鎳或砷化鎳則成此物,在紅熱時易為輕氣所還原,碳素及一氧化碳亦能使之還原,不過熱度須近於白熱耳。

氧化鎳與硫化鐵或砷化鐵混合燒之,則化合成硫化鎳或砷化鎳,而鐵成一氧化鐵,若同時有二氧化硅存在,則一氧化鐵變成硅酸鐵熔渣,氧化鎳亦能與二氧化硅化合成渣。

氧化鎳與硫化鎳合燒,並無反應,與銅之作用大異,以故純淨鎳曇金不能用柏塞麥迴轉爐法處理。

433. 硅酸鎳

硅酸鎳有數種,均能為碳素所還原,不過同時須有鹽基存在,俾與二氧化硅化合成硅酸鹽耳。若其中原含有鐵,則鐵之一部分亦行還原,與鎳併成合金。

硅酸鎳與硫化金屬合熔,則化合成硫化鎳;若與砷化物合熔,則僅一部分能成砷化鎳。

434. 鎳化炭基質[Ni(CO)₄]

在 50°-150° 時,將 CO 通過金屬鎳,則化合成氣體之鎳化炭基質,加熱至 180°, 仍分解為 CO 及金屬鎳,此麥德提鎳法應用之原理也。

435. 硫化鎳

王水硝酸能溶硫化鎳,鹽酸硫酸對之無作用,烘焙時先僅一部分氧化,其生成物為氧化鎳,硫酸鎳,及未行分解之硫化鎳,若將熱度增高久焙,亦能全變為氧化鎳。

將硫化鎳硫化鐵之混合礦砂竭力焙之,均能變成氧化物,設烘焙之火候恰使硫化鐵氧化,而留充足之硫與鎳化合,則結果必生氧化鐵及硫化鎳,嗣和碳素及二氧化硅熔之,鐵必變成熔渣,鎳必仍為硫化鎳曇金。

436. 砷化鎳

鎳斯派斯除含砷化鎳外,常含鐵,鈷,銅之化合物,一經烘焙,即成氧化物,砷酸鹽,及未行分解之砷化物,嗣和碳素及二氧化硅煉之,則鐵成硅酸鐵熔渣,而鎳,鈷,銅成砷化物。

437. 鎳礦砂

最重要者(1)加尼爾礦石,產於新喀利多尼亞者含鈷甚少,砷硫之量亦微,平均含鎳 7-10%。(2)坎拿大之磁性黃鐵礦,含鎳約 2.5% 及等量之銅。(3)鎳石,(4)針形鎳礦,與坎拿大之磁性黃鐵礦伴產。

438. 提煉法

近日煉鎳最要之法皆為乾法,視礦砂之性質而分為下之四種:

- I. 從硫化物礦砂提取法.
- II. 從第一法之生產物用夢德法提取法.
- III. 從硅酸鹽礦砂提取法.
- IV. 從砷化物礦砂提取法.

439. 從硫化物礦砂提鎳法

此法所處理之礦砂係含鎳之磁性黃鐵礦,有含銅與不含銅之分,今先述不含銅者之煉法如下:

第一段: 將礦砂研碎烘焙,驅去其大部分之硫,然必須留充足之硫,俾與全體之鎳及一部分之鐵化合,否則鎳之一部將於熔煉時竄入熔渣.

第二段: 送焙過之礦砂入爐熔煉,使大部分之鐵及他雜質化成熔渣,而得生曇金 (raw matte). 此物若含鎳太低,須再行烘焙,氧化其更多之鐵,再和二氧化硅入爐熔之,則 Fe_2O_3 與硫化鐵化合,變成 FeO , 轉與二氧化硅化合而成熔渣,由是曇金中之鎳成分增高.

第三段: 第二段之曇金仍含硫化鐵,送入反酸爐熔之,鼓風於其表面,使鐵氧化僅膜少許,發生之 FeO 與爐壁之二氧化硅化合成渣,同時一部之鎳,亦行氧化,混

入渣中,故此種熔渣不可拋棄,須併入第二段熔煉之,如不用反餞爐,則將曇金送入鼓形迴轉爐,用柏塞麥法處理之,風由爐旁鼓入,因硫化鎳不能與氧化鎳互相化合發生金屬鎳,故爐中之生產物不為金屬鎳,而為含鐵極少之鎳曇金,附生之渣含鎳甚多,併入第二段煉之。

第四段: 將反餞爐或迴轉爐所得之硫化鎳加以強熱,使成氧化鎳,嗣和木炭燒之而成金屬鎳。

440. 硫化鎳礦砂含銅者之提煉法

此種礦砂,坎拿大產之甚多,含鎳約2-3%,銅約2%,鐵約50-60%,硫約36-44%。煉法較處理不含銅之礦砂為繁,分六段進行如下:

- (1) 將礦砂成堆焙之,去其大部之硫。
- (2) 送焙過之礦砂入鼓風爐熔煉,使成生曇金。
- (3) 將生曇金入爐熔煉,使成純淨之銅鎳曇金。

- { (4) 將銅鎳曇金加以強熱,使成氧化物。
- { (5) 使氧化物還原成銅鎳合金。

- 或 { (4_a) 使銅分離,得純淨之硫化鎳。
- (5_a) 烘焙硫化鎳,使成氧化鎳。
- (6) 使氧化鎳還原成金屬鎳。

- (1) 坎拿大產鎳之區,附近無農田,又無硫酸銷場,

故將礦砂成堆烘焙,堆高 10-15 呎,長 80-110 呎,寬 50 呎,足容礦砂 1000-3000 噸,堆砂之法,擇廣平乾燥之地,先鋪木柴一層,厚 9 吋,其上傾成塊礦砂,次則碎礦砂,最上為礦砂粉末,堆中留風道,以便礦砂之氧化及木之燃燒,每堆烘焙需時 2-5 月之久,所得之生產物為鐵,銅,鎳之氧化物及硫酸鹽,此外尚有未行分解之硫化物,所含之硫祇抵礦砂中之 7-8%,足以與鎳,銅,及一部之鐵化合。

(2) 將焙過之礦砂送入水套鼓風爐熔煉之,有時更添注生砂,總之所煉之物須含足量之二氧化硅,能與充分之氧化鐵化合,使曇金中銅鎳之成分增高,便於用柏塞麥法處理,當熔煉時,銅鎳之氧化物及硫酸鹽變為 Cu_2S 及 NiS , 而一部之氧化鐵變為 FeS , 與銅鎳之硅酸鹽化合而生銅鎳之硫化物,保其不致混入熔渣,曇金之成分,視礦砂中銅鎳之分量為差,普通約含銅鎳 36-40%, 就中鎳占 15-25%, 熔渣及曇金同流入澄定池,前者溢流入渣滓罐,後者放瀉入迴轉爐,行第三段之處理。

(3) 本段之目的,在減少曇金中之鐵至 0.3% 以下,而得純淨之硫化銅鎳,其法有三:

- (a) 將曇金烘焙,嗣和二氧化硅送入鼓風爐煉之,
- (b) 用反燄爐熔煉,
- (c) 用柏塞麥迴轉爐法。

如第二段之曇金含銅鎳甚少,而鐵甚多,則用(a)法,然曇金中之鐵不能完全除去,曇金中銅鎳之成分達於普通之數,而生產額又不甚鉅時,則用(b)法,然處理之後,曇金中仍含鐵 2-3%,且耗費人工燃料均多,是其短處也。茲略述其方法之進行:法將成塊之生曇金送入烘焙銅礦之反碓爐中從緩熔之,熱度宜低,空氣宜足,經若干時加入石英,俾與 FeO 化合,至曇金中之鐵僅餘 2-3% 為止。撇去表面熔渣,放瀉曇金出爐,渣中含鎳約 2%,併入 2 段熔煉之,放出之曇金有時須入爐再煉,使所含之鐵減至 0.5-0.75%。(c) 法最佳,因其能於最短時間處理巨量之曇金也,其生產物且較 (a) (b) 兩法所煉得者成分為高。迴轉爐係平臥式,風從爐旁鼓入,變化所生之氧化鎳不能與硫化鎳化合生金屬,而與爐壁之二氧化硅合成硅酸鎳,混入熔渣,故爐中之正項生產物不為金屬鎳而為成分甚高之銅鎳曇金也。其法之進行如下:當爐放倒時,將澄清池中之生曇金及若干之石英注入,至近於風管龍頭為止,啓開風路,將爐扶起,鼓風 30-40 分間,復行放倒,撇去熔渣,再開風路,將爐扶起,復鼓風 40 分間,此時曇金中之鐵幾全行化盡,所生熔渣如法再行撇去,有時須更鼓風若干分間,使鐵之成分降至 0.3-0.6%,煉成之曇金如體量甚多,則傾入巨杓鑄之成板,否則添注

生曇金於爐內，鼓風熔煉，積之既多，然後合而傾之，其成分不一定，普通約含鎳40%，銅44%，渣滓之成分亦不一定，起初撇出者含銅約1.5%，鎳1.5-2%；後來撇出者含銅4-5%，鎳17-18%；二者均併入第二段煉之。

北美安剔釐阿 (Ontario) 之坎拿大銅公司，因第二段所得之曇金含銅鎳較普通之數為少，而鐵較多，如用酸性迴轉爐處理，不獨需時甚久，且爐壁損壞極速，故改用內胎菱苦土之巨大鹽基性爐，初注入60噸之生曇金及10%之石英，啓開風路，熔煉30-45分間，將爐放倒，傾出熔渣，旋添加5-6噸之曇金及3噸之石英，再行鼓風熔煉，曇金石英之加入及渣滓之傾出，兩事繼續進行，至爐中煉成70-80噸之純淨曇金為止，總計需時30-50小時，入爐之生曇金共達300-400噸之多，渣中所含之銅鎳較酸性爐者為少，二氧化硅亦較低，換言之，即加入之石英助熔劑，不及用酸性爐者之多也，將熔成之純淨曇金運至美國或英之威爾斯 (Wales)，製煉(a)銅鎳合金，或(b)金屬鎳。

441. 銅鎳合金

行(4)，(5)兩段之處理，即將曇金研細送入反餘爐，噴焙之使成氧化物，嗣和木炭送入小鼓風爐熔煉，所得

銅鎳合金,含鐵甚少。

442. 金屬鎳

製金屬鎳有奧福德法及夢德法之二者,今分述之。

443. 奧福德法 (Orford Process)

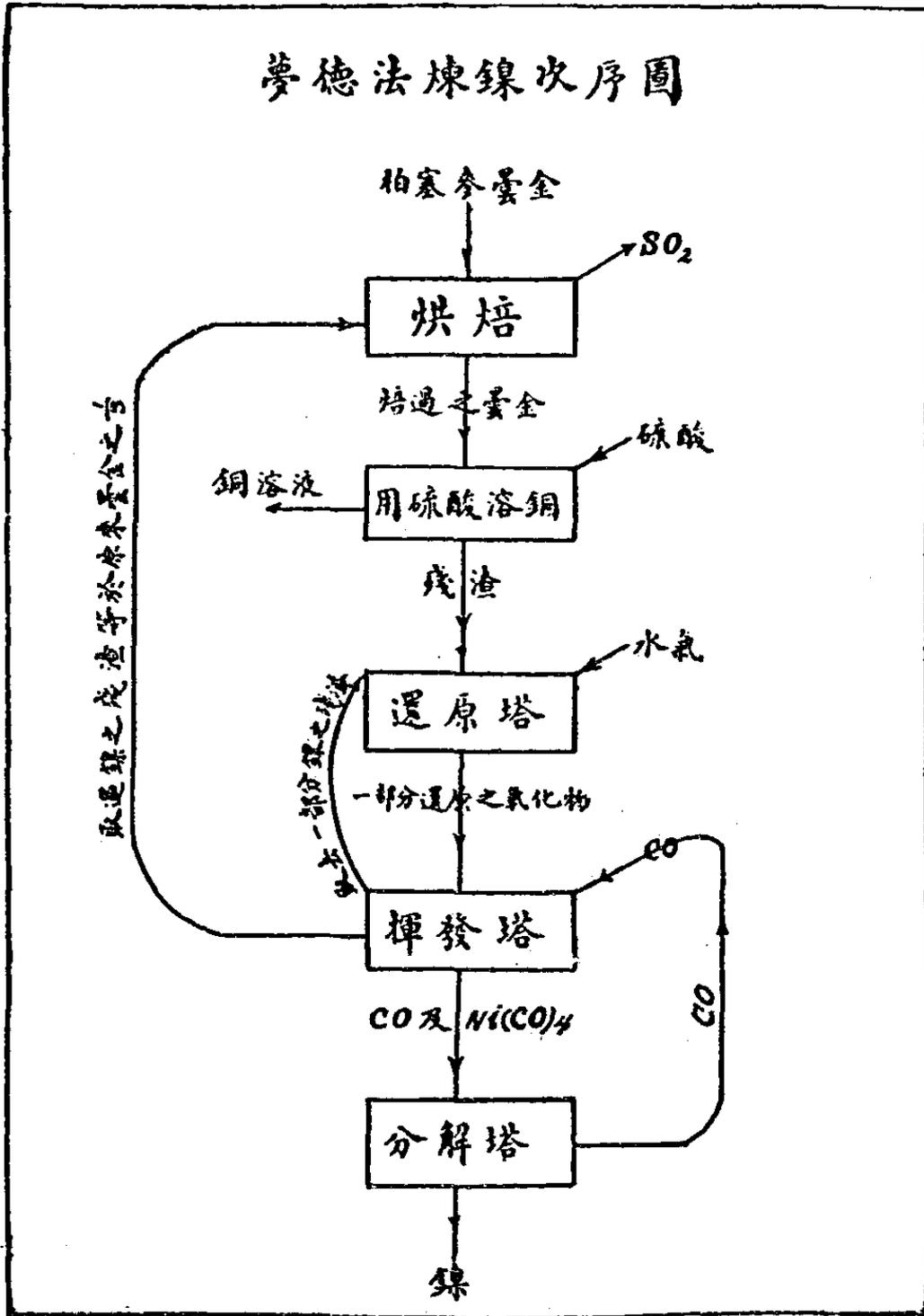
包括 (4a) (5a) 及 (6) 三段之處理,法將第三段之曇金塊和芒硝(粗硫酸鈉)及焦煤,注入內胎菱苦土甌之反餞爐內熔之,每曇金 10 噸,需芒硝 6 噸,焦煤 $1\frac{1}{2}$ 噸,焙煉 4-5 小時,須以生樹條攪拌,則硫酸鈉與焦煤化合成硫化鈉,將全體之硫化銅鐵溶於其中,放瀉出爐,逕注入模,自析為二層,上層為含銅鐵之硫化鈉,其中含鎳甚少,下層為硫化鎳,其中含銅鐵甚少,將下層之硫化鎳再和芒硝焦煤入爐重煉,可得純淨之硫化鎳,惟近人於煉成之曇金,不放瀉入模,任其在爐中自分為二層,各自放出,用此法則鎳與銅鐵之分離更為完全,將硫化鎳強焙,使成氧化鎳,再和木炭煉之,即得金屬鎳,或將曇金塊石灰碳素合煉於電爐中亦得。

444. 夢德法 (Mond Process)

鎳在 50° - 150° 之間,能與一氧化碳化合,成揮發性之 $\text{Ni}(\text{CO})_4$, 熱至 180° , 仍分解為 CO 及金屬鎳,此本法應

用之原理也.法分五段進行:

第一段: 將迴轉爐煉成之曇金壓碎研細,送入旋



轉反酸爐強焙之,使成氧化物。

第二段: 研細氧化物以熱稀硫酸處理之,溶解其 $\frac{2}{5}$ 之銅,同時被溶之鎳不過 1-2%, 送溶液至結晶池,使硫酸銅結晶。

第三段: 未溶之渣含鎳 45-60%, 烘乾後送入還原塔 (reducing tower), 用水氣使之還原,惟熱度須留意節制,不可超過 300° C., 否則鐵亦還原,於第四段時與 CO 化合成鐵化炭基質,使鎳不純,塔中裝攔板 14 層,在上之 9 層用生產爐氣熱至 250° C., 在下之 5 層灌水冷之,塔之中央有垂直之軸,其上裝若干之耙,當運轉時,將攔板上之曇金由上層耙至下層,終則達於塔底之輸送器,轉送至揮發塔 (volatilizing tower) 中。

第四段: 揮發塔之形與還原塔同,其內亦裝有攔板,不過熱度較低,總不超過 100° C. 耳,還原之鎳僅需 50° C. 之熱,與 CO 化合成揮發性之鎳化炭基質,用吸扇引出,濾去灰塵,而後送至分解塔 (decomposer) 中,曇金出揮發塔後,仍送入還原塔,由是再送還至揮發塔,循環不絕,經 7-15 日之久,至所含之鎳已取去 60% 之多為止,此後之殘渣仍經第一,第二,第三諸段之處理,而移入於揮發塔中。

第五段: 分解塔中之熱度約 180° C., 俾鎳化炭基

質分解,所生之金屬鎳結於普通鎳顆之上,而 CO 則仍引入揮發塔用之,欲鎳顆不致膠結,故於塔下安螺旋輸送器,將在下之鎳顆繼續運出,轉注於二枚圓筒形篩中,較小者穿篩而過,落於昇舉器中,由是而再運至塔頂,因如塔中全部之鎳顆爲之滾動不停,自不致有膠結之患矣。

445. 從加尼爾礦石取鎳

此種礦砂爲含水硅酸鎳鎂,內不含銅,故煉法較處理坎拿大礦砂爲簡,分六段進行:

第一段: 將加尼爾石與鹼性廢物(即硫化鈣)或石膏生煤之混合物相和,緊壓成餅,用焦煤爲燃料,熔於小水套鼓風爐中,硫化鈣中之硫與礦砂中硅酸鎳及氧化鐵之氧易位,而得含硫化鎳,硫化鐵之曇金隨時瀉出,所生之氧化鈣即與礦砂中之二氧化硅及他雜質熔解成渣,由爐之渣滓孔流出。

第二段: 將上段之曇金研碎,送入反餽爐中烘焙之,氧化其一部分之硫及鐵,以增高曇金中鎳之成分。

第三段: 將焙過之曇金加和焦煤,石英沙,及後來第四段之渣滓,送入鼓風爐熔解,使大部分之鐵變成熔渣,而曇金含鎳多至 65%,熔渣含鎳約 3-4%,併入第一

段礦砂熔煉。

第四段：將第三段之曇金，送入柏塞麥迴轉爐處理之，使成成分極高之硫化鎳，含鐵不過 0.2%，附生之渣含鎳甚多，併入第三段熔煉。

第五及第六段：與煉坎拿大礦砂第五第六兩段之法同。

446. 從砷化物礦砂取鎳

砷化鎳礦砂常含鐵硫諸雜質，煉法分六段進行：

第一段：將礦砂送入反餞爐或焙爐，加以烘焙，所生之 As_4O_6 引至凝集室收取之，熱度須留意不可太高，否則發生硅酸鎳，後來熔煉時不易為砷所分解，必致鎳竄入熔渣，又烘焙之程度，宜留充分之砷於礦砂中，與鎳化合成 Ni_2As ，否則鎳亦必竄入熔渣。

第二段：將焙過之礦砂送入鼓風爐熔煉，添加二氧化硅使與 FeO 化合成渣，其中含 FeO 不在 30% 以下，若不及此數，則渣中必帶去若干之鎳，礦砂含鈷者，其鈷亦入於渣，爐中之生產物除可拋棄之渣滓外，為生斯派斯，若礦砂含銅，則更有若干之銅曇金。

第三段：將生斯派斯送入反餞爐，再行烘焙，氧化其更多之鐵。

第四段：將焙過之斯派斯，按第二段之法再行焙煉，事後再加烘焙，輾轉行之數次，至得含鐵甚少之斯派斯爲止。

第五段：將第四段之斯派斯強焙，於結局時更加入土硝，則以前未行除去之砷均變爲鹼性砷酸鹽，易於用水洗去。

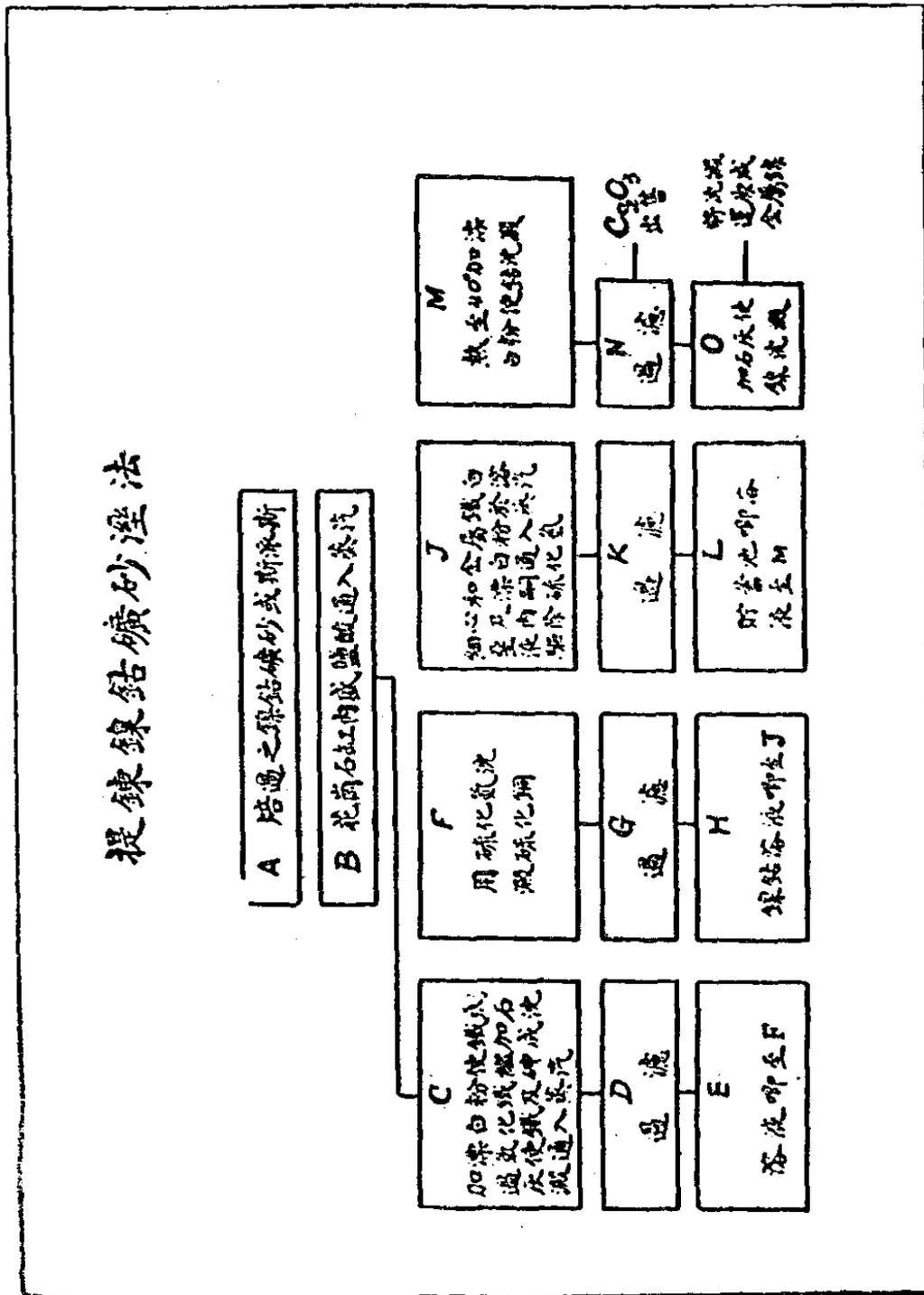
第六段：將所得之氧化鎳，加和碳素，按常法煉之成金屬鎳。

447. 由斯派斯製煉金屬鎳之濕法

將上法第二段或第四段所得之斯派斯，按第五段之法強焙之，竭力除去其砷，出爐研細，送入花崗石缸 *B* 中，用鹽酸處理之，鼓入蒸汽以使之沸，如是者約12小時，任其澄清，引溶液入 *C* 盆，鼓入蒸汽，至將沸時，加入漂白粉使鐵成過氧化物，煮沸三小時，則砷與鐵化合生沈澱下落，若溶液中無鐵，須外加若干之鐵以調節之，將溶液過濾器 *D*，放瀉入地下之 *E* 池，由是壓至地面之 *F* 池，通入硫化氫使銅沈澱，將上面之鎳鈷溶液過濾器 *G*，放瀉入地下之 *H* 池，再唧入 *J* 池，依次加和金屬鐵，白堊，漂白粉，及水於其內，鐵所以使過濾時溶解之銅再生沈澱，而漂白粉諸物則又使所加之鐵成沈澱也，用蒸汽管將溶

液煮沸,逐出硫化氫,移貯於 L 池,轉送入 M 池,加和漂白粉,熱至 40°C,使鈷沈澱,其上面含鎳之溶液,則引入 O

提鍊鎳鈷礦砂溼法



池,加石灰使生氫氧化鎳之沈澱,收集之送至壓機,濾去其水,烘乾焙燒,研成細粉,按常法以製金屬鎳。 M 池中之氧化鈷含有少許之鎳,須用鹽酸溶之,加石灰令其中和,用漂白粉使生純淨之氧化鈷沈澱,烘乾出售。

448. 赫倫士密特氏取鎳濕法

新喀利多尼亞所產之礦砂,除前之加尼爾石外,尚有一種含二氧化錳 18%,一氧化鈷 3%,一氧化鎳 1.25%,三氧化二鐵 30%,三氧化二鋁 5%,石灰石及氧化鎂 2%,二氧化硅 8%,赫倫士密特氏用下法處理之。

將礦砂研碎,用蒸汽和入硫酸亞鐵溶液中,使錳、鎳、鈷成硫酸鹽溶解,而二氧化硅,三氧化二鋁,及三氧化二鐵成殘渣,濾溶液入石池,加和硫化鈉液,則鎳、鈷,及少許之錳成硫化物沈澱,濾取後,用三氯化鐵溶液去其錳,將所餘之純淨硫化鎳鈷送入反餽爐微火焙之,轉成硫酸鹽,溶之於沸水,加和氯化鈣溶液,使生能溶之氯化鎳,氯化鈷,與不能溶之硫酸鈣,分溶液為兩部,加石灰於第一部,則鎳鈷成氫氧化物而沈澱,濾過洗淨,加水,以綠氣空氣施壓力處理之,轉變為過氧化鎳,過氧化鈷,此時撥入第二部溶液之一部分,則固體之過氧化鎳與溶液之氯化鈷兩相化合,而生固體之過氧化鈷,能溶之氯化鎳為

惟是第二部溶液之分量，須恰不能將過氧化鎳溶盡，然後洗滌物中鈷多而鎳少，溶液中有鎳而無鈷，引出此溶液，加石灰洗滌氧化鎳，過濾烘乾，和炭入爐煉成金屬鎳。過氧化鈷之洗滌，含鎳少許，須以第二部溶液化盡之，乃成純淨氧化鈷，洗滌烘乾，可任製何種鈷之化合物。

449. 氧化鎳之還原

碳素使氧化鎳還原之熱度，在鎳之熔點以下，故出爐時仍為固體，或作立方形，或為海棉狀，視還原之方法而異。然美國奧福德銅公司製鎳之熱度在鎳之熔點以上，故鎳出爐時為熔汁，可以鑄成小條，或瀉入水中，散成顆粒。

450. 製立方鎳法

置氧化鎳於混和器中，與麥粉及少許之水十分混和，使成稠結之漿糊狀，搗成直角形薄餅，半乾後，用刀切成小立方，所用之還原爐中有六行之火泥管，高約2呎，徑約8吋，垂直而立，兩端開口，用氣體燃燒之，泥管之下各安一鐵管，長約5呎，與之聯成一體，不過位置在氣體燃燒室之下耳。煉成之立方鎳，由泥管落入其中而退冷之。煉法先裝若干之碎煤於泥管，俟燒至充分之熱，將氧化鎳立方體及25%之碎煤混和送入，以1200°C.之熱煉

之數小時,此後每隔45分或一小時,將鐵管底下之活瓣啓開,放出若干煉成之鎳,隨即取等量之氧化鎳立方體及碎煤由泥管之頂送入,故工作繼續不停。

451. 製海棉狀鎳法

將氧化鎳研細,加和木炭,盛以坩堝,送入熔爐中,以 1200°C .之熱燒之數小時之久,則氧化鎳還原,膠黏成塊,惟不結實耳。

452. 製熔解之鎳

美國奧福德銅公司和16%之木炭於氧化鎳中,盛以石墨坩堝,用石油爲燃料,通熱空氣助其燃燒,熱度達鎳熔點之上,經4小時而熔解之鎳煉成,鑄之成小條。

以上三法所煉之鎳,皆不甚純,含鎳僅98%左右,雜質以鐵,一氧化碳,及氧化鎳占大部分,熔解之後,缺乏展延二性,不可爲用,補救之法,於鎳熔時取0.125%之鎂,盛於火泥桿端之受器中,謹慎按入,則鎳中之一氧化碳,氧化鎳,及精化鎳,均爲鎂所分解,鎳經此種處理者,富有展延性,適於製器,此夫萊特漫(Fleitmann)所發明之法也

453. 鎳之電冶法

用電解法提鎳,曾經無數次試驗,實際上均未能奏

功。據波歇斯氏之言，直接由礦砂提鎳，固不成問題，即電解法與溶濾法合參，亦決不能收完全之效，惟由生鎳或成分高之曇金製煉純鎳，尚屬可行，不過未有大煉廠採用之耳，茲將二者需要之情形列於下：

(1) 處理含金銀之生鎳。

電池用木製，內胎鉛皮。

陽極為生鎳鑄成之板，其內應含充足之硫，以便銅鐵成硫化物，兩者互相化合，溶於電解液中，其溶解之快慢實視陽極電流密度之高低以為差，欲增高電流，陽極之面積不可不較陰極特別為大。

陰極為純鎳板。

電解液為 NiSO_4 或 NiCl_2 之酸性水溶液，然以硫酸鎳為較佳，其濃度每升應含鎳 30-100 克，游離之硫酸或鹽酸不可少於 0.1 克，亦不可多於 2.5 克。

溶液熱度 $50^\circ-90^\circ \text{C}$ 。

電流密度每平方呎 50-300 安培，若為 150 或 200 安培，則電壓應為 1-1.3 弗。

以上各條如均適合，煉得之純鎳含銅不過 0.1-0.2

(2) 處理成分高之曇金。

曇金含鎳約 76%，硫 23-24%，銅 0.1-0.2%，鐵上達

0.4%，及熔渣少許。

電流密度每平方呎 250-275 安培，電壓 3 弗，其他要件與處理生鎳者同。電流通，鎳先他金屬溶解，餘下游離之硫，在陽極上結成一壳，其內含銅，鎳，鐵之混合硫化物約 20%，並不妨礙電解法之進行，陰極上所得之純鎳含銅甚少。

鈷

454. 鈷(Cobalt)

鈷色灰，略帶微紅，硬度及韌性均較鐵為強，而被磁鐵吸引之性，則遜之，熔點低於鐵約 50°C 。能與鋼鐵煅接，熱時具展性，可輾薄為片，當平常溫度時性脆，不為空氣及水所侵，易溶於硝酸，亦能為硫酸，鹽酸所溶，惟較緩耳。

455. 鈷礦砂

已於第六篇述及，含鈷之最要礦砂產於坎拿大之安別釐阿，成分極複雜，含有砷化鎳鈷，自然銀，硫化銀，及硫砷化銀等物，鈷之成分約 9-18%，銀之成分甚高。

456. 製煉氧化鈷及金屬鈷

煉取氧化鈷，須濕法與烘焙法合參，前所述由斯派

新製煉純鎳及赫倫士密特氏取鎳濕法皆是也。煉金屬鈷則將氧化鈷和木炭極力燒之，恰與氧化鎳還原之法同。

金屬鈷電鍍術用之，間亦摻入鋼中以改變鋼之性質，然尚在試驗期間。氧化鈷則用以製藍綠兩色顏料。

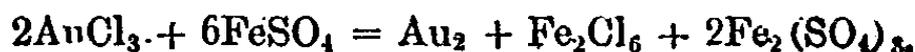
第十八篇

金

457. 金(Gold)

金之發現最早,價值最高,色黃而光澤強,富於展性延性,善於傳熱傳電,燒於乾濕空氣或養氣中不致氧化,至 1064°C .始熔,過此略行揮發,不溶於平常酸類,惟鹽酸硝酸合成之王水足以溶之,成三氯化金(AuCl_3).他如綠氣,溴,碘,在適宜之情形,亦俱能與金化合,但所成之化合物遇高熱復行分解,故綠氣,溴,碘在高熱時,反無與金化合之性也.精化鉀液易於溶金,近世處理金砂多利用之.茲將金之重要沈澱劑縷舉於下:

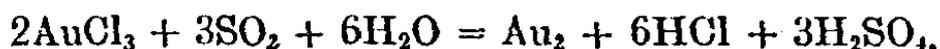
(1) 硫酸亞鐵,能於三氯化金溶液中使金沈澱:



(2) 硫化氫,亦能分解三氯化金:

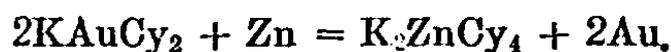


(3) 亞硫酸(或二氧化硫),能由氯化物溶液中使金生沈澱,然作用遲緩,故僅實驗室中用之:



(4) 碳素,昔日昆斯蘭摩爾根山 (Mt. Morgan) 氯化廠用之,近日精化法煉廠亦曾用之,其反應未曾十分研究。

(5) 銻,近日精化法提金廠用碎銻或銻灰,以沈澱精化物溶液中之金:



458. 金之產狀

金多屬自然產,質不純淨,常含銀銅等物,千分中金占800-950,少於此者亦有之,低至500而色白,謂之琥珀金(electrum)。又常漫藏於黃鐵礦毒砂等礦物內,狀為細顆,爾時或係自然,或係與他物化合,頗難審定,然以自然者為近,但與碲共產時,則誠為化合物耳。此外沙礫之中,石英脈及岩石之內,亦常有之,或散成細顆,或綫延成線,分量不多,仍得謂之金礦砂。

459. 淺沙金(Shallow Placer Gold)

金生於山石內,經風雨侵蝕,石塊崩裂,金亦隨之,下達於河,漸推漸遠,積於一處,遂成沙金。其狀不一,或如粉末,或為碎皮,其大者謂之金塊(nuggets),形甚粗糙,又常與重黑沙(heavy black sand,即含磁鐵礦,鎂鐵礦,及硫化

物之碎礦石)或金剛石混合一處,產地遍於全世界,最著者爲澳洲及舊金山。

460. 深沙金 (Deep Placer Gold)

沙金成於古代者,經地質之變遷,上面爲火山熔岩所掩護,無沖洗之虞,遂得保存至今,供世人之採取,其性質與淺沙金無異,不過須鑿孔開窿或用水力耳,著名之產地亦爲澳洲及舊金山。

461. 脈金 (Vein Deposits)

金散藏於成脈之礦物或石英內者,謂之脈金,若藏之者爲石英,則金不與硫化物伴合,易以水銀提取,是爲自由金 (free-milling); 設包於金屬礦物之內,則水銀提取法無效,須改用他法處理,若是者謂之難熔金 (refractory) 云。

462. 淺沙金採取法

淺沙金可用淘洗法處理之,淘洗時泥沙輕而上浮,隨水流去,金重而下沈,寂然不動,所用之器各地不同,今分舉於下:

463. 淘盆 (Pan)

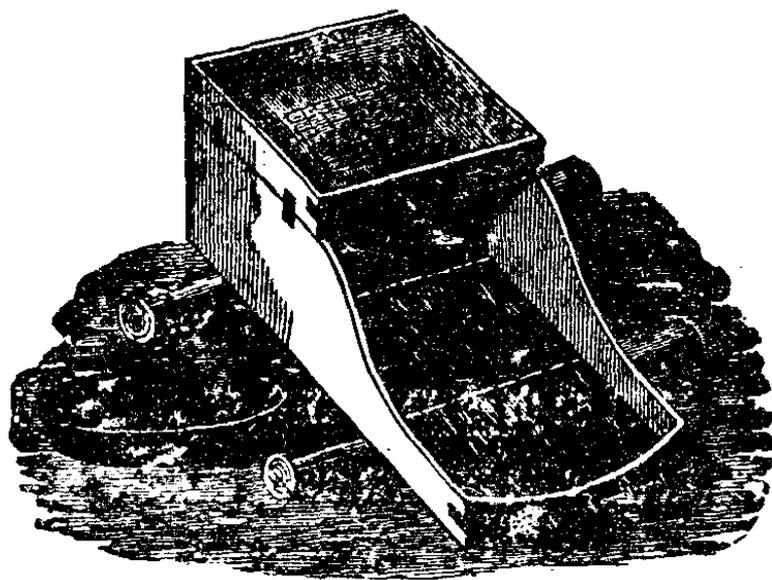
此物使用極早,形式極簡,爲一淺圓之盆,置金沙其

內,淹沒於流水面下,往復旋動,大塊者隨手碎之,則泥沙質輕,爲水帶去,又將盆中石子擲出盆外,淘之不已,至僅餘金顆及重黑沙而止,曬乾後,吹去黑沙而取其金,不然,則用混鉢法代之,按淘盆取金,昔爲全世界所通用,然耗金勞力,近日僅中國及少數他處用之耳。

錐形淘盆(batea)以木或鐵製成,其用法與淘盆同。

464. 淘金搖牀(Cradle or Rocker)

此爲改良之淘盆,用於澳洲者,形如方箱,長約6呎,支於兩圓木上,甲端較乙端高4吋,高處有入砂斗,其底穿孔數行,徑約半吋,箱底橫置木條,進砂於斗,注水入之,往復搖動,則砂自行碎裂,下落入箱,隨水勢趨向牀之低

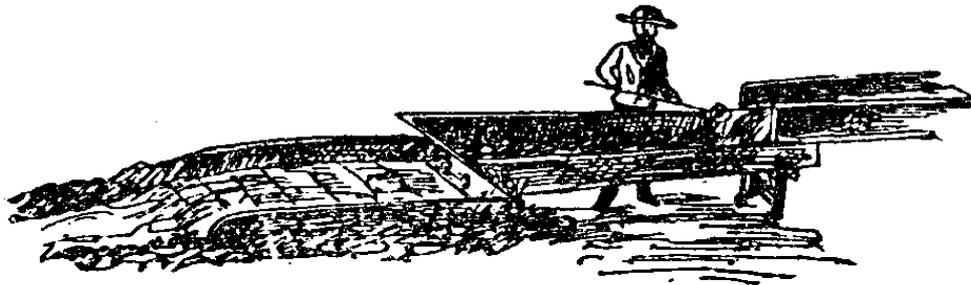


第100圖 淘金搖牀

端而去,惟金與黑沙仍留於牀底,掃入盆內,曝於日中,吹去其泥沙即得,此法較淘盆為優,兩人一日可淘沙 4.5 立方碼,惟需水甚多。

465. 淘金溝(Tom)

此為最簡單之水溝,由兩槽銜接而成,約每 1 呎斜下 1 吋,切去在上者之尾成 45° 之角,以篩板擋之,所以阻大石子之穿過也,在下之槽內置橫木條,有時注水銀於其中,金沙及水從在上之槽傾入,沙之細者穿過篩孔落入在下之槽中,所含之金及重黑沙見阻於橫木,漸為水銀所吸收,同時選取無用之石塊拋棄之,此法所淘之金沙,較搖牀約多五倍。



第 101 圖 淘 金 溝

466. 淘金槽(Sluice)

此為近世處理金沙通行之法,槽係一行之木槽所成,每槽廣 16-18 吋,深 18-24 吋,長 12 呎,尾端略大,以期能容納他槽之上端諸槽首尾銜接,成一斜坡,底置木條,間

成方格,深 3-4 吋,其內貯水銀,槽之數視金沙之性質爲差,處理平常金沙,槽長約 200-250 呎已足,金沙由上端傾入,引流水衝洗而下,所含之金漸吸收於水銀內,出槽之尾渣 (tailings),再令拂流混錫銅板之上,吸收其未行取盡之金,苟金沙雜石礫過多,則將槽尾改穿篩孔,以第二槽承其下,兩槽相聯,其形如矩,金沙由上趨下時,沙礫之大者由第一槽尾之篩孔上滾去,較細者落入第二槽中,復行淘洗,每七日清掃槽中一次,撤去木條,由上而下,收集含金之水銀,以帆布濾器濾之,其銅片上之水銀亦行刮下,合兩者而共蒸溜,提取其金,此法淘金,其利甚薄,然得水不多,則成效難觀,亦一困難也。

467. 浮金(Float Gold)

用上法淘金,因金粉極細,有浮於水面隨流漂去者,是謂浮金,欲行補救,須將出槽之水引流於毛氈上,水流淺而毛氈深,則浮金大部被阻,損失可以減少。

468. 河底採金

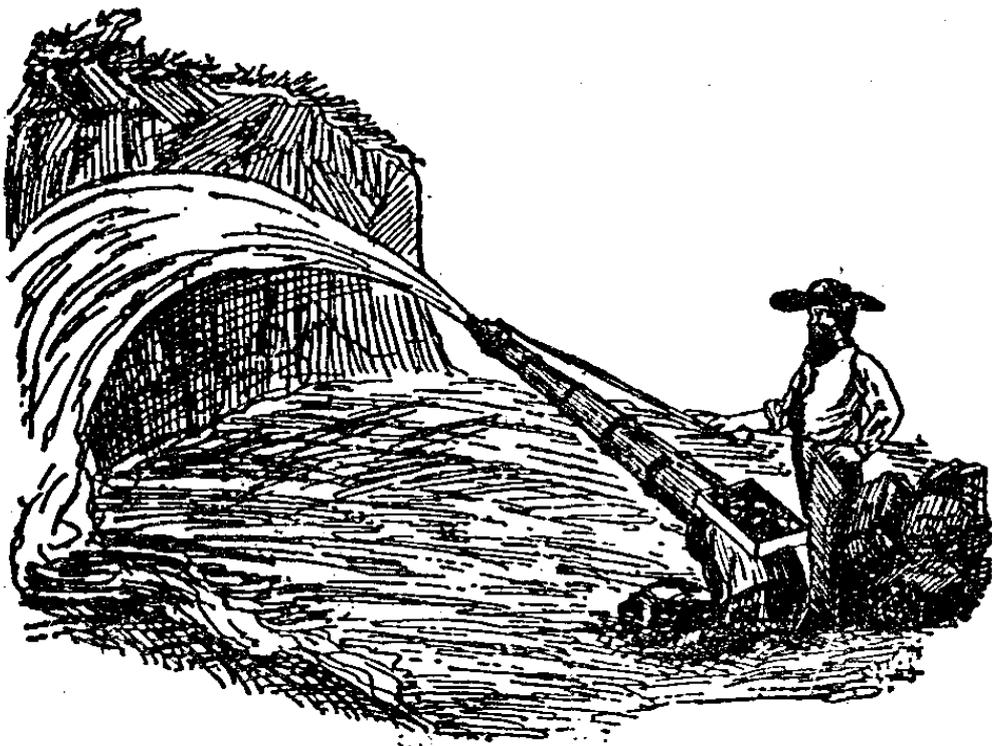
採河底金沙之法甚多,如唧沙出水,用機挖取皆是,各按情形而使用之,又有改徙河道涸水而求者。

469 深沙金採取法

深沙金多爲古代河流所成,或居現今河流之故道,上爲火山熔石火山灰所掩護,遺留至今,若金量甚豐,可仿平常開礦法作直洞橫洞採取,但舊金山用水力衝洗法代之。

470. 水力衝洗法(Hydraulicing)

如第 102 圖以管唧水向金沙面上衝洗,則金沙分崩落入水槽,此法應注意之點有二: (1) 用水須多,近世各大金礦幾無不備有水管以供衝洗之用者,管之長者穿山越谷,盡頭處裝設龍頭 (monitor), 大者徑十餘吋,可以旋動,上下左右無不如意,所需之水,或取諸附近,或引



第 102 圖

自遠方,有 200 呎之頭 (head), 其壓力甚大,引向金沙適當之面注射搏激,崩裂之沙以槽承之,間有用空氣力輔助水力者。(2)淘金槽較常用者爲大,砌石作底,寬 6 呎,深 3 呎,長 1200 呎至 1 哩以上不等,內置鐵條或木塊,間成方格,注入水銀,吸收金銀等物,出槽之泥沙仍含金少許,有時更以淘盆處理之,按水力衝洗法費用最廉,特棄去之泥沙有妨附近之河道,故近世於尾渣安置一層,特頒礦律以取締之,亦不得已之舉也,茲將舊金山採金費用按法比較如下:

	每 噸
脈金	3-10 元
沙金開窿法	0.75-4 元
淘盆	5-8 元
搖牀	2-3 元
淘金槽	0.75-1 元
衝洗法	$1\frac{1}{2}$ -8 分

471. 脈金採取法

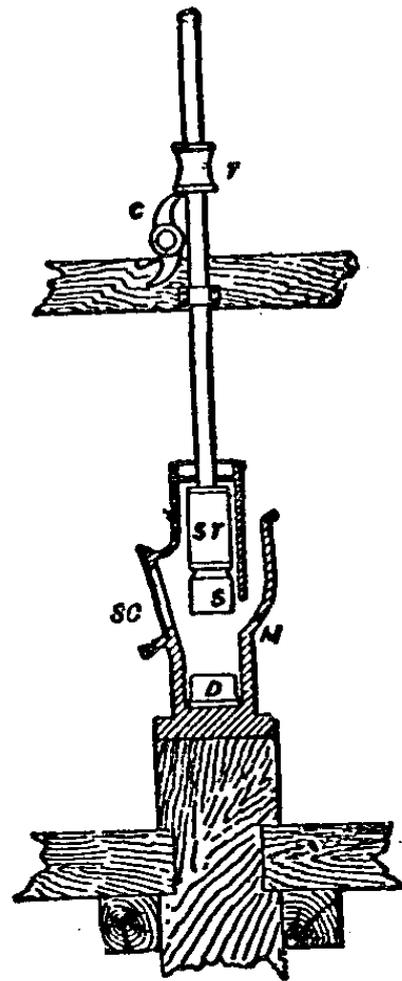
脈金分自由金及難熔金兩類,已具述於前矣,然自由金中常有一部分不爲水銀所吸收者,故混銕後之尾渣,宜更以精化法處理之,大抵一脈之中,此兩種金可同

時存在,不過近地面之部常係自由金,深沒入地中,則漸變為難熔金耳。

472. 游離金之混錄法(Amalgamation)

(1) 壓碎 先將金礦砂用手鎚或破石機壓碎,轉入搗礦碓,和水搗成碎末,臼中貯有水銀,俾能吸收金銀。每碓有杵5枚,輕者重650磅,重者重1200磅,每分時30-100擊,起落5-12吋。臼之一旁,置有篩板,孔徑 $\frac{1}{40}$ — $\frac{1}{20}$ 吋,過乎此或不及乎此者間亦有之。搗礦之杵,不可次第起落,以免礦砂擠向一邊,受力不等。在舊金山動杵之次序為1,4,2,5,3,在蘭德(The Rand)為1,3,5,2,4,在巴西為1,5,2,4,3。

(2) 臼中混錄 擦水銀於曾經強煅之銅板上,其上需擦銀錄之合金少許,裝入搗礦碓之臼內,排列成行,搗礦時更



第 103 圖 搗礦碓

- | | |
|----|-----|
| T | 節籠 |
| O | 偏突輪 |
| ST | 杵 |
| S | 杵頭 |
| D | 鞋 |
| M | 臼 |
| SO | 篩 |

添注水銀及晴化鉀少許，以助混汞之勢。臼外置類似之銅板，構成一桌，長十餘呎，恰當篩板之前，或將桌分成數段，列成階級狀，每段高下相差 2-3 吋，凡出臼之細礦砂所含之金，大半爲此桌所吸收。欲免浮金之弊，須於臼前另裝搖動銅板，形彎如弓，兩腳恰在水內，凡有浮金切板而過，幾盡爲所吸收。經時若干，停杵動作，將臼中之混汞物細心收集，又將板上之汞混金一齊措下，共以桶或盤盛之，加和新鮮水銀，引水淘去其雜質，然後用帆布袋濾之。濾過之水銀卽爲他次臼內混金之用。將未濾過之混汞物送入鐵蒸溜器提取其金，再用坩堝精煉。此法取金，損失水銀甚多，一因臼中之水銀一部分與礦砂中之毒砂、硫銻礦等互相化合，變成黑粉，失其混金之力，隨水推去；一因水銀搗撞過久，有若干變成極細粉末 (flouring)，隨水而逃。徵之舊金山之成例，處理一噸金沙，耗喪水銀 0.5-1 噸。此外金亦有失耗，此物在臼中不皆能與水銀混合；且卽令全爲水銀所吸收，而所成之汞混金未必無少許損失於尾渣之內；又金末表面間結有氧化鐵或他雜質之薄膜，謂之鏽金 (rusty gold)，致與水銀不相融洽。由此觀之，金之失耗，其原因固甚多也。

(3) 盆中混汞 臼中流出之尾渣仍含有金，須設法團聚，用混汞盆處理之。盆之形式及用法與處理銀礦

砂者同,然近人常改用精化法焉。

(4) 罕亭吞磨 (Huntington Mill) 此磨兼壓砂混餞兩事而一之,最宜於處理含金之軟黏土岩石,其形爲淺圓鐵盆,中央有垂直之軸,上端裝水平鐵圈,將圓鋼輓數枚懸於其上,輓與盆底相距 $\frac{1}{2}$ 至2吋,軸從盆下用齒輪使之旋轉,而架及輓隨之,輓轉時因離心力向外拋開,與盆內之圓形砧相撞,壓碎礦砂,使用時先注水銀數十磅於盆,繼加碎塊礦石,其大約 $\frac{3}{4}$ 吋,又從盆後之斗注水入之,金與餞混合積於盆底,而壓碎之礦砂則穿盆周圍之篩孔流入於盆外之溝,由是而達於混餞桌,以收取盆中未行取盡之金,及逃出盆外之混餞物。

徑5呎之磨一具,於24小時間,可壓碎硬礦砂約10噸,軟礦砂約20噸,穿過每平方吋30孔之篩。

罕亭吞磨與搗礦碓比較之優點:

- (1) 開始之費用較低。
- (2) 裝設所需之時間及費用較少。
- (3) 處理軟礦砂及磨碎粗尾砂之工作較佳。
- (4) 壓碎每噸礦砂所需之馬力較少。
- (5) 水銀及混餞物變成細粉者較少。

其劣點:

- (1) 不及搗礦碓之可靠。

- (2) 不適於處理含金之硬石英。
- (3) 不足以處理大宗礦砂。

473. 氯化法(Chlorination)

以綠氣處理金礦砂,則金與綠氣化合成氯化金,能溶於水,易於設法使生沈澱。昔日凡不適於混銻之礦砂,如搗礦確放出之精選黃鐵礦砂,及含褐鐵礦或氫氧化鐵之礦砂,多用此法處理,其與精化法相較之短處,在於事前常須烘焙,費用因之加增,成分低之礦砂幾不能煉取獲利,以故用氯化法諸大煉廠,現均逐漸改用精化法焉。

氯化法之通行者有三:

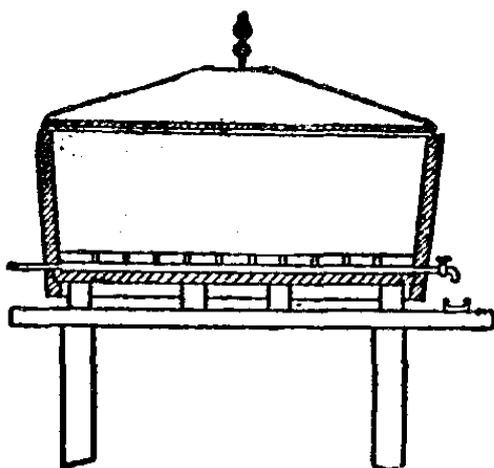
- (1) 普拉特涅法(vat or Plattner process)。
- (2) 退新法(barrel or Thies process)。
- (3) 池溶液法(vat-solution process)。

474. 普拉特涅法

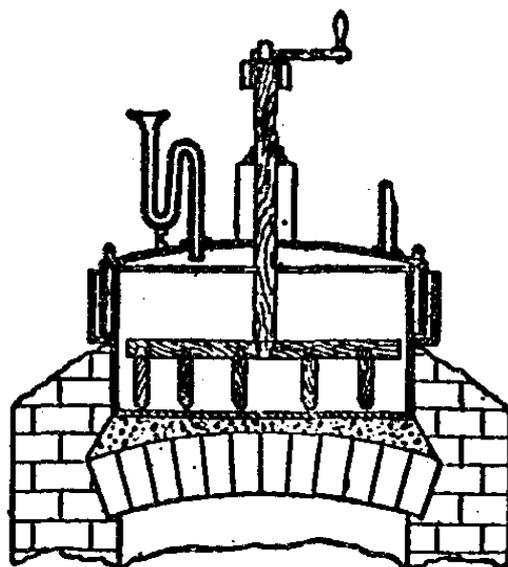
此法重要之器具凡四,即氯化盆,綠氣發生器,澄清桶,及沈澱桶是也。

氯化盆以杉木製成,內塗樹脂,徑 7 呎,深 3 呎,安有夾底,相距 1 吋,居上者面穿小孔,上鋪石子,厚約 6 吋,石之子上蓋薄木片,緊切盆內壁,亦面穿極細之孔,不然,則

緊張厚布於木框上代之,盆外有二管,通於兩底間,爲引綠氣入盆及放瀉氯化金溶液出盆之用,盆之蓋須切合盆口,不可洩氣。



第 104 圖 氯化盆



第 105 圖 綠氣發生器

綠氣發生器係鉛片製成,分上下兩部,互相套合處注水封之,上部之中央有直立軸,其下端裝旋動之耙,下部盛二氧化錳 15-20 磅,岩鹽 20-24 磅,蓋合後由蓋上之漏斗注入 35 磅之硫酸(先用水沖淡),則綠氣即行發生

$$(2\text{NaCl} + \text{MnO}_2 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Cl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{MnSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O})$$

穿蓋頂旁之垂直管而出,勢力弛時,加熱器底之沙盤助之,器旁置洗瓶,將發生之綠氣洗去其所雜之鹽酸氣,而後引入氯化盆用之。

澄清桶及沈澱桶皆作圓形，內塗樹脂，後者附虹吸管，其尾端用浮子 (float) 浮於水面，吸水去時不致將其下之沈澱物攪動。金礦砂之粗細以恰能穿過每方吋 60 孔之篩爲宜，不可有微細之粉，用水潤濕，篩入氯化盆中，取其疏鬆，至離盆口 6-8 吋之滿爲度，落下盆蓋，塗泥封之，蓋上之孔，暫勿閉塞。嗣於兩底間送入綠氣，排去盆中空氣，至綠氣由孔噴出時，始閉塞之，同時停止綠氣，置之 24-48 小時之久，隨時啓塞檢驗，若盆中綠氣不多，再行添注若干，功候既足，吹去過量之綠氣，揭開其蓋，注入清水，所得之溶液由盆底放出，穿過濾袋而達於沈澱桶，其末次濾過之水，不可與頭次所得者相混，須另器貯之，爲他次溶解氯化金之用。澄清之後，引入沈澱桶中，加充分之硫酸亞鐵溶液於其內，俾能移去溶解之綠氣，且沈澱所有之金，竭力攪勻，俟其澄清，將上面之清液由虹吸管吸去，再添注氯化金及硫酸亞鐵兩液，復生沈澱桶底之金，含鹽基性鐵鹽，須用鹽酸溶去之，滌淨烘乾，和礪砂食鹽等物，熔於黑鉛坩堝，鑄之成錠，純淨度 (fineness) 約 900-950，雜質大部爲鐵鉛。

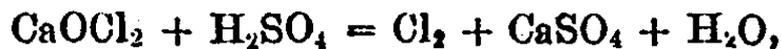
475. 變化之理

金與綠氣化合爲氯化金，溶解於水，遇硫酸亞鐵仍

分解而成金。礦砂中所含之他種金屬，其變化有與金相似者，洗滌後混於金內，此金中雜質之所由來也。

476. 邁斯法

所用之圓桶長 12-16 呎，徑 6-5.5 呎，能容礦砂 10 噸左右，周圍用 $\frac{5}{8}$ 吋之熟鋼板造成，兩端則用生鐵，內面胎 $\frac{1}{2}$ 吋厚之鉛皮。濾器或在桶內或在桶外，在桶外者係一內胎鉛片之箱，其中鋪沙子或石英等物。然新式之桶其內裝有濾器，係石棉或穿孔鉛片所成，夾於兩木格子之間，固定於桶壁之橫木條上。桶壁當濾器之上有兩入砂孔，下面有一放瀉溶液之孔。先注清水入桶，嗣注硫酸令其沈於水底，然後注入礦砂，礦砂之上加漂白粉，將桶轉動，則硫酸與漂白粉化合，發生綠氣：



與礦砂相作用。功候既成，停止動作，令濾器在桶之下面，靜止少頃，俾礦砂沈下。此時套皮帶於溶液放瀉管之上，啓開活塞，任溶液流出。嗣壓入清水，洗盡桶中溶液，復將桶旋動若干分時，再行停止，壓入清水，行之數次，至洗出之水不含金爲止。合諸次所得溶液，共引入澄清池，俟其澄清，將上面之清液轉入洗滌桶，用硫化氫處理之，俾生硫化金沈澱。送入濾壓機榨壓成餅，盛以鐵盤，微火烘焙，

然後和硼砂,碳酸鈉等助熔劑熔於黑鉛坩堝,鑄之成錠,其純淨度居 900 與 950 之間。

477. 池溶液法

此法昔日昆斯蘭摩爾根金礦山用之,近已停廢,其故因該礦上層,所產之金礦砂含硫僅 2%,適用此法處理,深至下層,礦砂變為硅氧質,含黃銅礦甚多,故熔煉之法尚焉,今將該法追述一二如下:

將礦砂用球磨研碎,穿過每方吋 20 孔之篩,送入旋轉圓筒爐焙之,驅去其高嶺土之水分,轉注入溶濾池,池以磚砌,足容礦砂 200 噸,底部有沙礫所成之濾牀,載於穿孔之木板上,其下用木條支之,注入綠氣水(用二氧化錳,食鹽,及硫酸製造綠氣,由瓷管引至水淋塔,使溶於水),俟其充滿,啓開濾牀下之活塞,用真空壓機將溶液吸出,貯於貯蓄池中,再加綠氣水於溶濾池,如法吸出,嗣用清水洗濯,至不含金為止,引貯蓄池中之溶液,穿過木炭濾器,使金生沈澱,積之既多,將木炭烘乾,焚化成灰,和硼砂及碳酸鈉於灰內,熔鑄成錠。

478. 精化法(Cyanide Process)

以精化鉀之稀溶液處理金礦砂,則金溶於精化鉀溶液內,易用鋅屑或鋅灰沈澱之,其優於氯化法之點有

四:

(1) 礦砂即令含黃鐵礦,亦不須先行烘焙,故成分極低之礦砂,能適用之。

(2) 化學藥品之費用較低。

(3) 銀與金一同提出。

(4) 用氯化法,賤金屬與綠氣化合較金為易,用精化法則情形適相反。

宜於用精化法處理之礦砂:

(1) 礦砂中之金分佈極細,且含賤金屬極少者,若有粗金同時存在,則先用混銻法,後用精化法。

(2) 搗礦碓放出之尾渣。

(3) 礦砂中黃鐵礦所含之金不分佈極細,但包覆晶類之外表,或藏於結晶面之間者。

(4) 礦砂或精選砂中之黃鐵礦所含之金如分佈極細,亦可用精化法處理,但須先行研之極細。

(5) 金礦砂含銀不含他有害物者,但須用特別溶劑,且須將溶濾之時間增長。

(6) 礦砂中之金表面結有他物,謂之鏽金,不適於混銻者。

(7) 銀礦砂。

礦砂或尾渣有消耗精化鉀過鉅,須將常法變通始

能適用者,此等物約分四種:

(1) 礦砂或尾渣曝露過久者,所含之黃鐵礦一部分變成硫酸及硫酸鹽,足以消耗精化鉀,故須先用清水,繼用石灰水洗之。

(2) 礦砂含碳酸銅,碳酸鋅,黃銅礦,或白鐵礦者。

(3) 礦砂含輝銻礦者。

(4) 礦砂含碲化金者,須先行烘焙,或用溴化精與精化鉀同時處理之。

簡單精化法: 宜於處理不含有害於精化物之石英礦砂,且壓碎後含細粉甚少者,其進行次序如下:

將礦砂送入搗礦碓搗碎,同時混錘或不混錘,嗣車運入溶濾池,用耙將上面耙平,池底裝有濾器,若礦砂含硫酸或硫酸鹽,則從濾器下壓入清水洗之,繼之以石灰水,亦從下壓入,放出後,乃注入含精化鉀 0.15-0.25% 之溶液,淹蓋礦砂 3 吋之深,經過數小時,啓濾器下之活塞,放瀉溶液出池,復壓上至礦砂之面,行之數次,然後全體放乾,吸引空氣入池,繼注入含精化鉀 0.05-0.1% 之溶液,經若干時,亦行放瀉,終則用清水洗之數次,至末次之水不含金為度,乃將諸次所得之溶液共送入澄清池,引其上面清液入鋅箱,使金沈澱。

沈澱之金含有少許之鋅,鉛,銅等雜質,熔解成錠,其

法甚多,最常用者爲先用硫酸溶去其鋅,嗣加水濯淨,烘乾,裝入鐵盤,在熔爐中燒紅,然後加和礪砂,碳酸鈉等助熔劑,用石墨坩堝盛之,熔鑄成錠

本法太簡,不適用於處理複雜礦砂,故近來大煉廠所用之機械及方法均較繁,今略述如下:

第一法: 礦砂一部成粗沙,一部成細粉。

第二法: 礦砂全體成細粉。

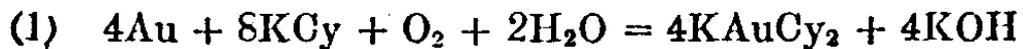
第一法分十段進行:(1)用破石機將礦砂壓碎至 $1\frac{3}{8}$ 吋。(2)用搗礦碓搗細至 $\frac{1}{4}$ 吋。(3)用圓錐 (cones) 或他分離器 (classifiers) 分之,去其若干之水,將所得細粉送至細粉機處理之,而粗沙則送入管碾機 (tube mills) 研細。(4)引管碾機中之礦砂至混鍊銅板上,施行混鍊。(5)將過板之礦砂用圓錐或他種機械分爲粗沙及細粉二種,後者送至細粉機。(6)送粗沙至收集池,分去更多之細粉,即於池中先用精化鉀溶液濾之,然後轉入下方正式之溶濾池中,礦砂藉此得以吸收空氣。(7)礦砂在溶濾池中,用精化鉀液正式處理,池以木或熟鋼製成,底部裝木格,上鋪麻布或帆布,再上鋪椰實纖維織成之蓆,蓆之上更加木格,便於濾隔礦砂,小者容砂百餘噸,大者數百噸。(8)將含金之溶液及洗液送至澄清池,由是而引入沈澱池。(9)於沈澱池中用鋅箱或鋅灰使金沈澱。(10)將

洗滌金按常法熔鑄成錠。

第二法分下之五段進行：(1)先按第一法之(1)至(5)段進行，惟圓錐分離器中之粗沙，仍須送入管碾研細。(2)貯細粉於澄清池，去其過量之水，然後送入攪和器，加精化鉀液攪和之。(3)攪和後轉入貯蓄池，由是送至真空濾器濾乾，將濾得之溶液引入澄清池澄清。(4)引澄清池之清液至洗滌池，用鋅使金洗滌。(5)將洗滌金熔鑄成錠。

479. 精化法之化學反應

金溶於精化鉀液中，成金精化鉀之錯鹽：

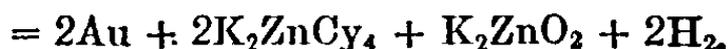


若參溴化精於精化鉀溶液中，其溶金之力大增，並不需空氣中之養氣：

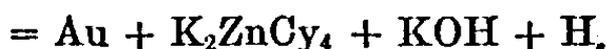


用鋅洗滌金：

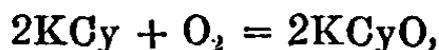




或 $\text{KAuCy}_2 + 2\text{KCy} + \text{Zn} + \text{H}_2\text{O}$



精化鉀液之分解：精化鉀遇空氣則分解，發生精酸鉀，更進而為碳酸鉀及鹵精：

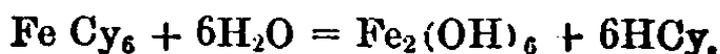
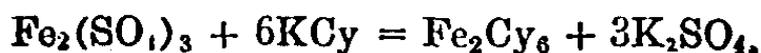
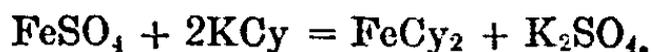
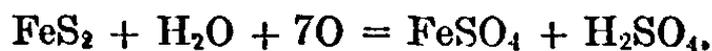


精化鉀遇潮濕或成溶液時，能為碳酸氣所分解，發生精氫酸及碳酸鉀：

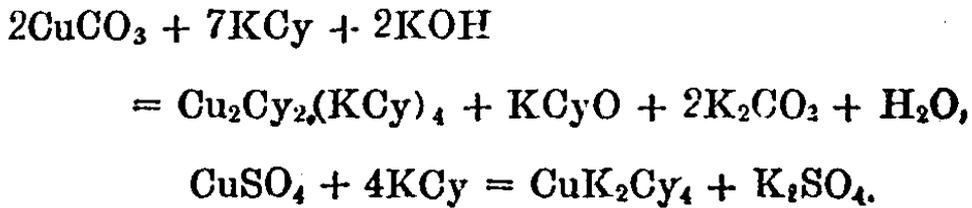


以上所述之分解，猶其小焉者耳，其最有害於精化鉀之物，實為礦砂中所含之硫化鐵，黃銅礦，碳酸銅等，此等物謂之精化物毀滅劑(cyanicides)，今分舉數種如下：

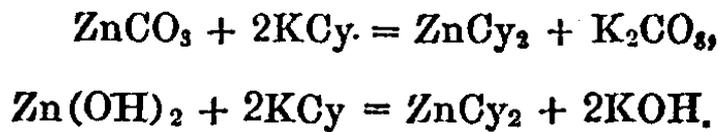
黃鐵礦成純淨立方顆時不生妨害，白鐵礦則否，易與空氣及水化合成硫酸亞鐵及硫酸，間接分解精化鉀，即由硫酸亞鐵氧化所成之硫酸鐵亦有此害：



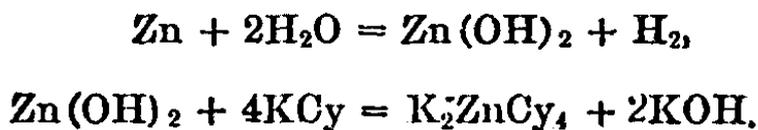
碳酸銅及由黃銅礦氧化所成之硫酸銅,均易分解
精化鉀:



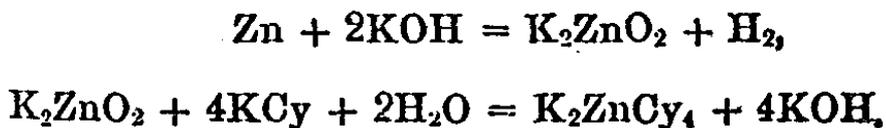
硫鋅礦與精化鉀無害,但所生之氫氧化鋅及碳酸
鋅,均有分解作用:



用鋅洗滌金時,鋅與金接觸,及鋅與所含之鉛接觸,
均能發生電流,使水與鋅化合成氫氧化鋅,溶於精化鉀
內:



上式之 KOH 與鋅化合成鋅酸鉀,轉與精化鉀化
合成鋅精化鉀之錯鹽:



480. 精選砂之處理法

含黃鐵礦之金銀礦砂,其金銀或分佈於全體,或專

含於黃鐵礦中，後者用循環帶將黃鐵礦團聚為精選砂，而棄其雜質；前者則或將礦砂作一體處理，或將其中之黃鐵礦分出與其餘之細粉分別處理，是則在各煉廠斟酌情形而取舍之而已。惟就多數之礦砂言之，後法似較前法為善，一則因細粉中不雜黃鐵礦，其精化時之作用加速；二則因黃鐵礦所需之精化鉀液較細粉所用者為強，且需時亦較久也。昔日處理精選砂，常用熔煉及氯化法，自知精化鉀液亦能提出金銀後，煉廠中乃有採用精化法者矣。當精化之先，常將礦砂強焙，俾後來溶液之奏效加大。今舉諾易瓦達之金田聯合廠 (The Goldfield Consolidated Mill, Nevada) 為例。該廠先將礦砂壓碎，送入管碾機研細，所得之精選砂每噸含金約 6.5 兩。嗣在平底之攪和池中，加石灰使之中和，旋唧入他池，加含精化鉀及醋酸鉛之溶液，攪和五次，每次八小時，一次既完，即將溶液放出，另換新液，五次俱畢，將細粉送入瀝壓機，去其過量之潮濕，入爐焙燒，嗣引出爐之熱砂，穿過旋轉圓筒退冷。筒有 40° 沒於水內，礦砂穿此端入，從他端出，直達於巨池，與水混和，由是昇送至收集及攪和池，加硫酸攪拌。每精選砂一噸，約需硫酸 20 磅。功候既足，放出酸液，用水將細粉洗淨，且用石灰中和，轉入他池，加含精化鉀 2 磅及石灰 $1\frac{1}{2}$ 磅之溶液，攪和五次，每次八小時，各換新液。

五次俱畢,將沈下之物轉入貯蓄池,再引入管碾機研細,至能通過每方吋 200 孔之篩爲度,事畢過濾,將溶液中之金,用錳沈澱之。

481. 金之精煉法

以上諸法所得之金錠,常含銀及他雜質,必須設法除去,然後適於鑄幣及工業上之用,故精煉之法尙已,法分以下四種:

- (I) 用硝酸分離(parting).
- (II) 用硫酸分離.
- (III) 用綠氣分離精煉.
- (IV) 用電解法分離精煉.

482. 硝酸法

美國費城造幣廠所分離之合金,含銀 $2\frac{1}{3}$ 分,金 1 分,在他處精煉廠,銀之配合較低,然最低不得過 $1\frac{3}{4}$: 1. 先將合金熔解,傾入水盆,散成細顆,嗣轉貯大瓷鍋中,加比重 1.2 之硝酸 1.5 倍,用蒸汽將鍋外之水沸熱,藉以熱鍋中硝酸,發出之硝酸煙,由頂之斗導引至凝集器中,經 4-5 小時,合金中之銀大半溶解, $6\text{Ag} + 8\text{HNO}_3 = 6\text{AgNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}$, 任其沈定,吸引上面清液至他石器中,加水沖淡,免硝酸銀結晶,鍋中存留之金再加比重 1.4 之

硝酸煮沸 2-3 小時,依前法洗定,吸出清液,移金入石皿用沸水洗濯,裝於石墨坩堝中燒紅,旋熔鑄成 200-400 兩重之塊,純淨度約 997-998.5.

將石器中之硝酸銀加食鹽使成氯化銀 ($\text{AgNO}_3 + \text{NaCl} = \text{NaNO}_3 + \text{AgCl}$),用水洗淨,貯入內胎鉛片之池,和鋅及含硫酸之水,使銀沈澱 ($2\text{AgCl} + \text{Zn} = \text{ZnCl}_2 + 2\text{Ag}$) 洗滌後,用水力壓機榨壓成餅,熔鑄成約 1000 兩重之錠,純淨度約 998.

463. 硫酸法

此法幾屏除硝酸法而代之,因硫酸之價較廉,且能用生鐵釜也,所分離之合金分三類:

- (1) 含金少許及他賤金屬甚少之銀.
- (2) 含銀少許及他賤金屬甚少之金.
- (3) 不純之生金銀錠,常含過量之銅者.

第一第二兩種可按適宜之配合,互相攪和,作一次取其金銀,第三種則因含有鉛,錫,銅,銻,砷,鋅,鐵等賤金屬,須分二次處理,始能取得其金,但大部之銀於頭次處理時即行析出,茲先述處理第一第二兩種之法:

將兩種配合熔之,分成細顆,置於生鐵釜內,加比重 1.82 之硫酸 2-2.5 倍,煮沸兩三小時,頻加攪拌,溶解其銀

及他雜質 ($2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 = \text{Ag}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$)。嗣任其退冷澄清,添加冷硫酸少許,則有若干之硫酸銀結晶,將漂浮之細金帶沈至底,溶液既清,挹至澄清釜,由是轉至沈澱池,池中貯有銅片及熱水,或上次之熱母液,所以使銀成沈澱也。注射蒸汽入池,使之沸騰,頻頻攪和,免硫酸銀沈於四角或沈澱之銀之下,液中之銀,經加食鹽以證明其既盡後,即停止攪拌,任其澄清,吸清液至澄清池,而將所得之沈澱銀鏟入漏底之淺銅釜內,用沸水洗滌,去盡其所雜之硫酸銅,瀝乾,用水力壓機榨之成餅,裝入石墨坩堝,和少許土硝焙之,以除去鉛銅諸雜質,鑄成之錠,純淨度約 997-998。

挹入釜中之金於鍍有瓷釉之鐵盆中,用熱水及硫酸將結於金上之硫酸銅及硫酸銀洗去,行之數次,至洗液不十分帶藍色時,將金轉入小釜,加足量硫酸煮沸約一小時,以除去未盡之硫酸銀,移金出小釜,用熱水洗滌(若含雜質仍多,則置於另一小釜中,加硫酸再煮),且用沸蒸溜水洗之數次,至不稍帶酸性爲止,瀝乾,裝於石墨坩堝中,從容燒至暗紅,旋轉入陶泥坩堝,和土硝及硫酸氫鈉焙鑄成錠,純淨度約 997-999。鑄錠之模須預先燒熱,內面塗油或搽松煙,金傾入後,其上亦淋油少許,加鐵蓋蓋之,全體既凝,即行傾出,用椰子纖維造成之刷遍體

刷之,旋浸於水內退冷。

第三種合金之分離法: 先將過量之銅除去,按常法散成細顆,和硫酸煮之,功候既足,任其退冷,搥全體至盛有熱銅母液或水之池中,注射蒸汽使沸,澄清後,將清液吸引入沈澱池,用銅板使銀成沈澱,第一池中之殘渣則加較弱之母液,再煮一兩次,除去大部分之硫酸銀,繼投入銅片,斯存留之硫酸銀均行還原沈下,乃將殘渣洗淨烘乾,裝於陶泥坩堝中熔之,傾入錐形模中鑄之,則金銀合金集於模底,而蜜陀僧及他賤金屬浮於表面,於是用試金術定合金之成分,再行分離。

若生錠含銀多金少,又無可精煉之金與之配合,則最佳之法莫如撿銅,使其純淨度合於 900 之數,按常法散成細顆,或鑄成薄片,用三倍重之硫酸煮之,嗣澄清 12 小時,俾無水硫酸銅沈澱,夾帶微細金顆落於釜底,搥上面清液至沈銅器,旋溢入沈澱池中沈澱之,轉注釜底之硫酸銅及金至於他池,加較弱之銅液或水再煮,此後按分離第三種合金之法進行,使金集合於少量之銀內,而再行分離取得之。

銅液之處理法: 沈澱後所餘之母液既行澄清,即移至內胎鉛皮之池中蒸發至比重高至 1.38,轉入他池,任硫酸銅結晶,再將母液蒸發,再使結晶,行之數次,至全

體之銅均變爲硫酸銅晶體而後已,此後之母液或用以煮殘渣,或蒸發使濃,與硫酸同用以溶解生錠,至於所得之硫酸銅甚不潔淨,須溶解於水,使再結晶。

484. 谷次科法 (Gutzkow's Process)

係谷次科氏改良硫酸法所成,宜於分離含銅甚多之生錠,茲述其進行之次序如下:

將生錠改成薄片,置於平底之生鐵釜內,加硫酸煮之,酸之重量視生錠之成色而異,普通銀多金少之合金,須用四倍之酸,含銅20%者加至六倍,若雜質更多,則硫酸亦加多,蓋使銅全溶爲液,而不妨礙後來之分離也,釜之中央有淺窩,以收集分出之金,大部分之銀既溶,將上次之母液時時加入,使餘積之銀亦行溶解,沈定後,吸引清液至深約一呎之生鐵器中,注射蒸汽溫熱沖淡之,沖淡之程度,須足使黃色硫酸銀結晶,乃關閉蒸汽,於器外浸冷水退冷,任黃色硫酸銀結晶,過一通夜,將母液唧出,鏟取硫酸銀晶顆至濾箱中,淋水洗去其所雜之硫酸銅鐵等物,移置鐵板上烘乾,和5%之木炭末,裝入燒紅之坩堝中,先用低紅熱使硫酸銀還原,繼增高熱度至銀之熔點,加土硝礬砂熔之,模鑄成條,出自濾箱之洗液,含有若干之硫酸銀,用銅使之沈澱。

硫酸銀之還原劑昔日用硫酸亞鐵液 ($2\text{FeSO}_4 + \text{Ag}_2\text{SO}_4 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{Ag}$),後始改行熔煉之法。

掘出釜中殘渣和水煮之,除去其所雜之銀,銅,鐵諸硫酸鹽,嗣移入盤中,加熱水攪拌,注至布上,洗去不溶之硫酸鉛,然後將金熔鑄成條,並用精煉法去其脆性。

485. 用綠氣分離之密勒法(Miller's Process)

此法最宜於除去金錠中少量之銀及鉛,銻等使其性脆之雜質。在澳洲煉金廠用之極廉,因該處所產之金含銀甚少故也。若有巨額含銀多金少之合金與之配合則仍以用硫酸法為佳。

坩堝係白色陶泥所製,置於爐內,外加石墨坩堝保護之。此石墨坩堝後來即用以熔解精煉金。綠氣由二氧化錳及鹽酸發生。煉時先置 2-3 噸之礮砂於泥坩堝內燒紅,嗣加數百噸之生錠,全體熔解,由坩蓋上之二孔壓入綠氣,其多寡以恰能與銀及賤金屬化合不致成氣泡湧出為佳。功候既足,停止綠氣,取坩出爐,俟金凝固,傾出上面尚未凝結之氯化物入模,將坩敲破,移金至石墨坩堝中熔之,模鑄成錠。氯化物含金 5-10%,裝於石墨坩堝內熔解,時時灑碳酸氫鈉於其上面,則一部分之銀還原,將所有之金帶沈至底。移坩出爐,使底部之合金凝固,而將

上面之氯化物鑄成厚 2 吋之板，盛以絨布袋，用清水煮之數日之久，溶去其銅，旋移入盛有上次溶液之水池內，與鐵片相間置之，注射蒸汽使水沸熱，經兩三日，而銀還原，洗淨烘乾，和少許土硝熔之，模鑄成錠，純淨度約 990。

486. 洛茲法 (Rose's Method)

與密勒法相彷彿，英國皇家煉金廠用之，能使純淨度僅有 500 之生錠，於 1-2 小時間，變為含金銀至 990，故最適於處理由精化法所得之金，其法先熔金於泥坩堝中，嗣插入陶泥管，壓送空氣或氧氣於其內，則銻，鐵，錒，砷，鉛，鉍，鎳，碲，銅諸賤金屬依次氧化，或同時進行，所得之氧化物上浮，用礫砂石英沙之混合物使之變成熔渣，功候之完足與否，量經過之空氣量而知之，或傾金少許入模，取出折彎，視其有韌性與否，當恰至有韌性時，金中僅含銀銅，不雜他物，銀之損失於熔渣中者不多，而金之損失則更微少，不足計較。

487. 電解法

電力分離法甚多，茲將舊金山造幣廠所用者略述之，陽極為生金塊，含金 90%，銀不過 7%，用精金鉤懸於電解液內，陰極為純金塊，上端彎曲成鉤，以便懸於傳導管上，電池 28 枚，列作兩行，每池各裝陽極三排，陰極四排。

電流總量180 安培,電壓 15 弗,第一行池中之氯化金液,每呷合金70克,鹽酸 10-12 %; 第二行池中之溶液較稀,每呷祇合金60克,但鹽酸之量相同,當進行時,陽極漸溶,精金即結於陰極之上,管理者時將第一行電池中陽極上之氯化銀刷落,與池底之污穢一同移出,另法處理之,待陰極增重至 160 呷時,即取下移入第二行電池,用為陽極,依此法金之純淨度可增至999.7,生金中之雜質除銀及若干之鉛外,其餘均溶於電解液中,使之變污,且氯化金液之自身亦漸行分解,致有若干之金沈澱於池底之污穢物內,溶液之力量為之減低,須逐日加以試驗,恢復其標準之數,至液中銅量達於 4 % 之多時,方將舊液全行更換。

488. 包金鍍金(Gilding)

(1) 包金葉 此法非金屬器具適用之,先塗膠質於物之表面,繼加貼金葉。

(2) 火鍍 將銻混金薄敷於金屬器具之上,用火燭之,揮發其水銀,同法用含有氯化金之物料畫花紋字跡於瓷器之面,以火燭之,則氯化金分解,現出金色。

(3) 裝飾品之鍍金 取比重1.45 之硝酸 21 呷,比重 11.5 之鹽酸 17 呷,蒸溜水 14 呷,混合為液,溶金 2400 克

冷於其內，加蒸溜水稀釋之至 4 加倫，嗣和入碳酸氫鉀 20 磅，煮沸兩小時，將所鍍之物先浸於硝酸水銀之溶液內，使面結薄層水銀，然後用黃銅絲懸於煮沸之溶液內，時時移動之，經一分間，器面即現金色，甚為光亮，如欲加厚，可以久置。

(4) 電鍍 取比重 1.45 之硝酸 14 噸，比重 1.15 之鹽酸 11 噸，蒸溜水 10 噸，混合為液，溶金 1550 克冷於其內，嗣注入精化鉀溶液，使精化金恰能完全沈澱，澄清後，引去上面之清液，另添入精化鉀液以溶解精化金，且用蒸溜水稀釋之至 5 加倫，將所鍍之物洗擦潔淨，聯於電池之陰極，取純金片聯於陽極，兩者浸於所配合之溶液內，電流既通，金漸結於物面，不須修理，自然光亮，當鍍時，如用蒸汽熱溶液至 95°，成功可以加速。

第十九篇

銀

489. 銀(Silver)

銀富展性延性,善於傳熱傳電,色白而光澤強,磨之面極光滑,置於乾濕空氣或養氣中,不起變化,遇含硫之空氣則變黑,性易溶於硝酸,其次則熱硫酸,若鹽酸及稀硫酸均無溶銀之力,但分至極細時則否,熱至 962°C . 始熔,過此漸行揮發,高熱時不與養氣化合,故熔時面光如鏡,然吸收養氣不少,漸冷漸行吐出,高熱時及平常溫度時均易與綠氣化合,所成之氯化銀,在紅熱時不致分解.

490. 銀礦砂

銀礦砂多漫佈於岩石之中,提取之法視銀之化合物種類而異,雜質僅爲石英或他岩石,而別種金屬礦物存在不多者,可用混鍊法取之,自然銀及氯化銀則易於混鍊者也,若是者謂之自由礦砂,若係與硫砷化合物之物,則不先焙去其砷硫,不能施混鍊之法,是謂難熔礦砂,至

硫化銀砷化銀中,更含有重金屬之化合物,則熔煉之法尙已,是爲熔煉礦砂 (smelting ores). 茲將處理銀礦砂之法,列其重要者如下:

(1) 混銕法,即集合銀於水銀中也:

(a) 水銀池法 (Mexican or patio process).

(b) 圓桶法 (barrel process).

(c) 圓鍋法 (pan process).

(2) 濕法,即溶銀於溶劑中而後沈澱之也:

(a) 帕忒喇法 (Patera process).

(b) 羅素法 (Russell process).

(c) 奧古斯丁法 (Augustin process).

(d) 克羅對法 (Claudet process).

(e) 齊服格爾法 (Ziervogel process).

(f) 靖化法.

(3) 熔煉法,即集合銀於鉛,銅,或硫化銅中而後提出之也.

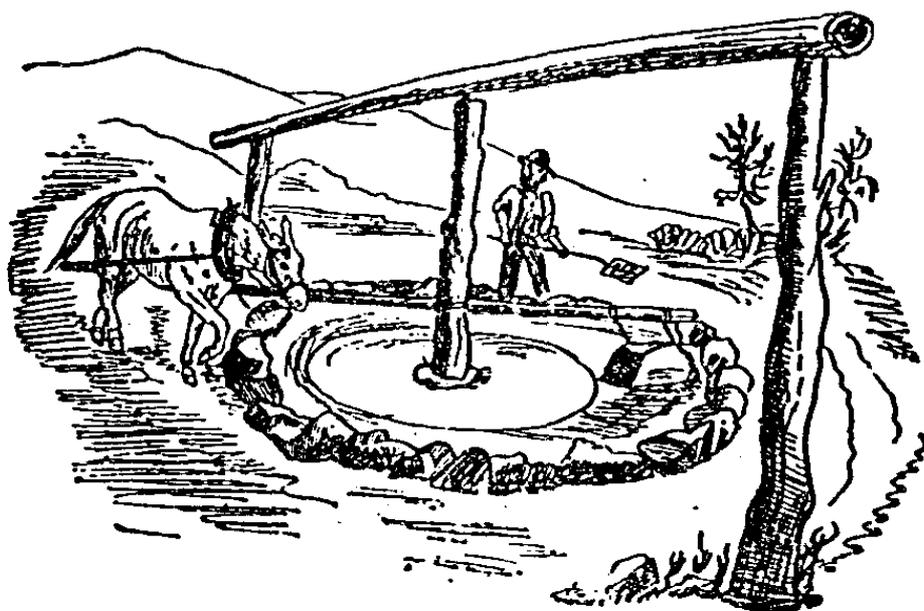
491. 水銀池法

此爲混銕最古之法,墨西哥南美洲等處廣用之,然近日大煉廠多改用靖化法,該處所產之銀砂爲自然銀,氯化銀,硫化銀及少許黃金所成,成分極複雜處理之法

分四段：(1) 用智利碾 (Chillian mill) 碾碎，(2) 用拖磨 (arrastra) 磨細為粉，(3) 混汞，(4) 蒸溜。

(1) 將所處理之礦砂先選出其中之廢物，餘者用智利碾碾之。碾之形圓，中立旋動之軸，其上裝橫臂，一端繫有側立之輪，他端則縛於騾馬身上，騾馬環碾行走而輪隨之，壓碎礦砂。

(2) 碾碎之後，入拖磨細磨成粉。此磨以石作盤，中央之隆起部裝有活動之軸，上端用木架支之，其中央部縛橫木一根，兩端達於盤外，一端繫於騾馬之身，他端則用皮帶吊住盤中重 100-200 磅之石，騾馬環盤行走時，則石隨之。將銀砂一噸和水成漿糊狀送入盤中，旋動磨石，碾之成粉。若礦砂含金，則加入水銀少許。功候既足，注水



第 106 圖 拖 磨

入盤,引細粉(slimes)流入盤外之穴,澄清後,搨去上面清水,將下方之物送入水銀池處理之,盤中水銀每月清掃一次,洗滌分離,用蒸溜傾析取金銀。

(3) 水銀池以石或木作底,砌作甚工,以防水銀之散失,將穴中之銀礦泥送入,鋪成數堆,每堆 30-130 噸,外面作石牆護之,俟其乾硬,去牆耙平,其上灑食鹽 2-5%,驅騾二三十頭踐踏其上,時令其休息,即於休息時用粗掘鬆,隨踏隨粗,如是者二日,嗣灑焙過之黃銅礦 (magistral) 0.5-2% 於其上,再行踐踏粗鬆,每日二次,如是者又三日,乃加入水銀,每銀一磅需水銀 6-8 磅,先入全數 $\frac{2}{3}$ 或 $\frac{3}{4}$,餘者隨後加入,初次加畢,驅騾其上,踐踏粗鬆,約 2 小時之久,嗣注入硫酸銅熱溶液,有時更加入沈澱之銅粉,而再踏之,此時堆中起化學變化,生熱甚多,設熱度過高,可加石灰或柴灰退冷之,若銀礦泥不過於稀,逕加冷水亦可,此後每日踐踏二次,至混鍊功成爲止,計自入池後,越 15 或 50 日,乃將銀礦泥送入洗箱,和甚多之清水溜之,使較輕之細粉溢流而出,惟混鍊銀獨存,又將流出之細粉淘洗數次,收集其帶去之混鍊銀及未行分解之硫化銀等,再行提取,按此法提銀,損失水銀甚多。

492. 堆中反應

所經之變化甚繁,不能詳示,大約硫酸銅(含於焙過之黃銅礦中)與食鹽化合,生二氯化銅及硫酸鈉:



嗣二氯化銅與硫化銀化合,生氯化銀,一氯化銅,及硫:



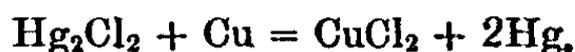
再則一氯化銅與硫化銀化合,成一硫化二銅及氯化銀:



終則氯化銀為水銀所分解,成金屬銀及一氯化汞:



前者與水銀混合成混汞銀,後者與加入之沈澱銅化合成二氯化銅及金屬水銀:



以上所舉僅示其大綱,不足以盡變化之理,且氯化銀不易為水銀所分解,近世學者常謂變化中僅有少許之氯化銀發生。

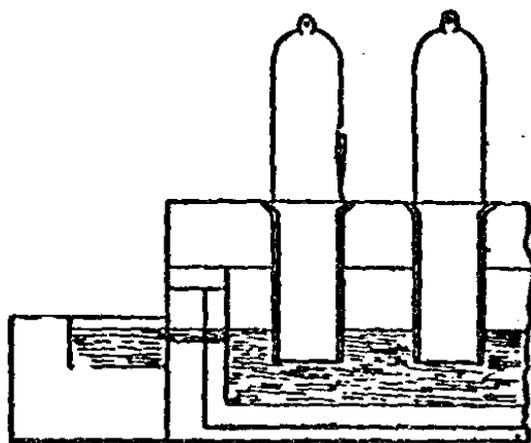
493. 熱混汞法(Hot Amalgamation)

銀礦砂成分高者須以熱混汞法取之,法將含自然銀,氯化銀,溴化銀,或碘化銀之礦砂,按上法(1)(2)兩段

磨細爲粉,混和清水,食鹽(抵礦砂10-15%),及水銀,共入大鍋煮之,鍋有銅底,可以分解銀砂,分出之銀即溶於水銀之內,此法僅5-6小時竣事,若水銀內加和少許之鈉,其溶解金銀更速,且不易變成極細之珠,致隨水推去(指淘洗銀礦泥而言),損失因之減少。

494. 蒸溜

加水銀於混汞銀內,和水攪之,撇去上浮之渣,烘乾後,用帆布濾去過量之水銀,將所餘之混汞銀緊築於無底瓶內,瓶位於直立管上,下通於水,所有缺口均塗泥封塞,生火燒瓶,則水銀揮發,入水凝結,瓶中所餘者爲鬆似海棉之銀,取出後依法精煉之。

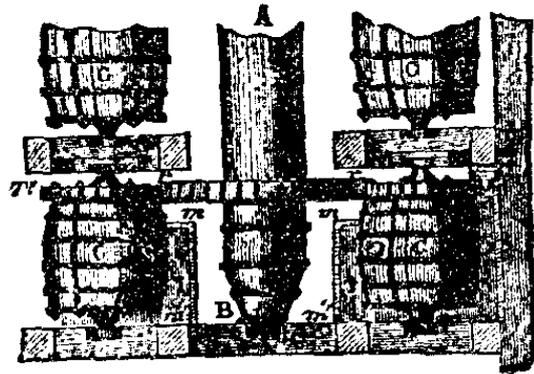


第 107 圖 水銀蒸溜器

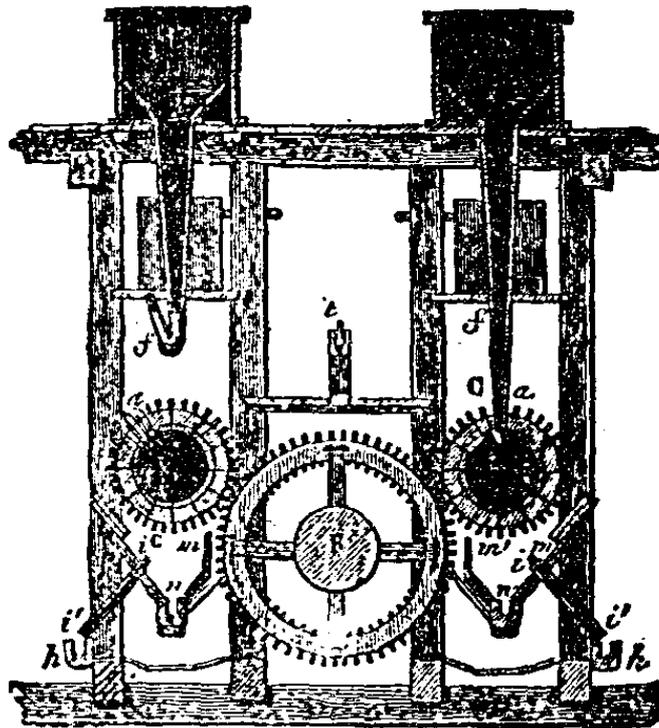
495. 圓棒法

此法在夫萊堡行之多年,近美國略加改良,重復通用,法將含砷化銀硫化銀之礦砂壓成碎顆,和入10%之食鹽,送入反碓爐加鹽焙之,使銀,銅,及鐵皆成氯化物,碾爲細末,轉入圓桶提銀,桶以木製,徑4.5呎,長亦如之,兩

對邊各開一孔,即銀砂孔(bunghole)及水銀孔是也.砂孔徑5吋,水銀孔徑1吋,每桶先入銀砂2000磅,碎鐵60-150磅,及水少許,閉砂孔水銀孔而旋動之,4小時後,放入水銀及硫酸銅



第 108 圖 混 鉢 圓 桶
 rr'' 齒 輪 AB 齒 輪 軸
 mm' 承 受 槽 O 圓 桶



第 109 圖

E 注銀砂之斗 J 運砂皮管
 O 圓桶 a 入砂口
 D 水櫃 mnm' 承受混鉢銀及廢物之器
 ii' 輸送混鉢銀入溝之管 h 溝

少許，水銀之量約抵砂中銀一倍，再行轉動 16 小時，停而驗其功候，如未成熟，則再行轉動，至混汞完全為止，此時滿貯清水，從容轉動復 1 小時，停止之時，須使水銀孔向下，插入鐵管，放瀉水銀及混汞物，事畢，另注入 100 磅水銀，復旋轉 1 小時，依法放出，與第一次所得者相合，然後啓砂孔而傾其藏，循槽流入澄清器內，槽有橫木，攔取未行瀉盡之水銀及混汞物，若澄清器，則所以收集殘餘水銀之用也，將所得之混汞物用帆布濾去其過量之水銀，壓榨成塊，轉入鐵甌蒸溜之。

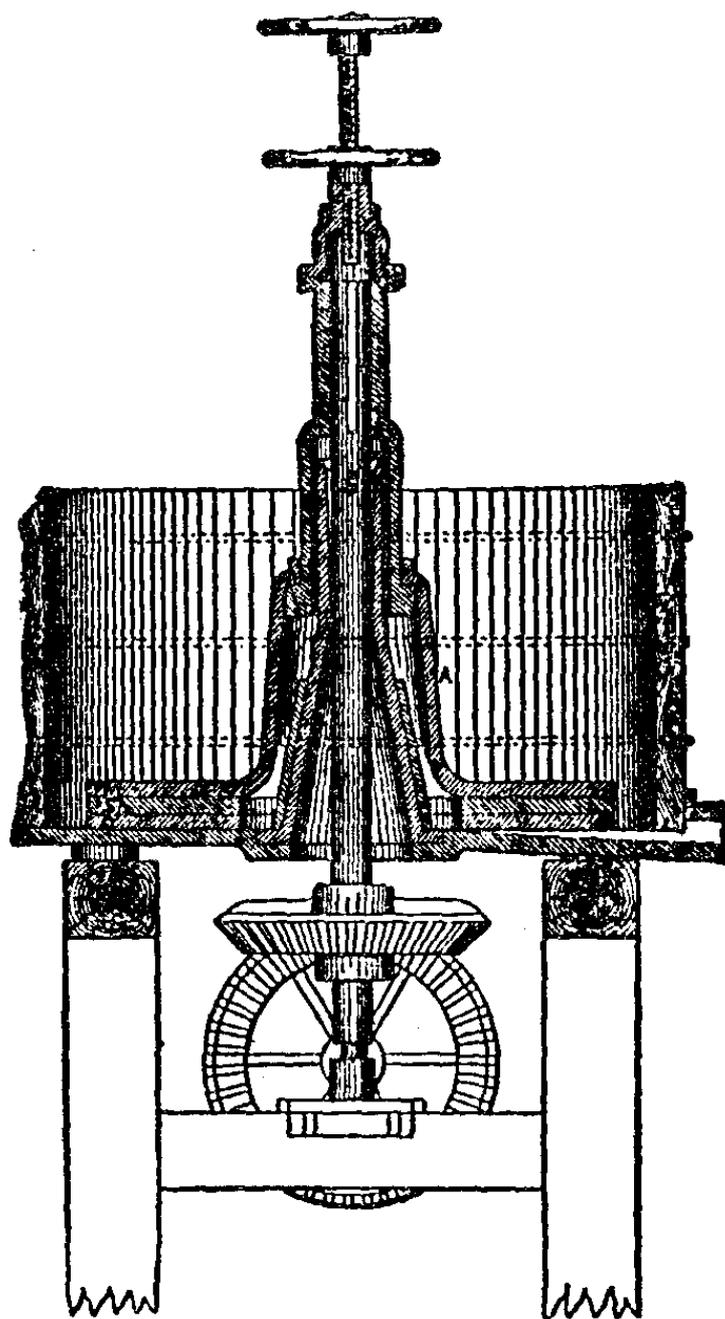
496. 桶中反應

- (1) 氯化銀為鐵所分解，析出金屬銀，溶於水銀之內。
- (2) 水銀之化合物，亦為鐵所分解，還原為金屬水銀。

圓桶形式之變更：近世所用之圓桶直立不動，中安旋轉之鐵臂，攪和礦砂，蒸汽由桶底壓入，以求變化之速，約數小時可出砂一次。

497. 圓鍋法

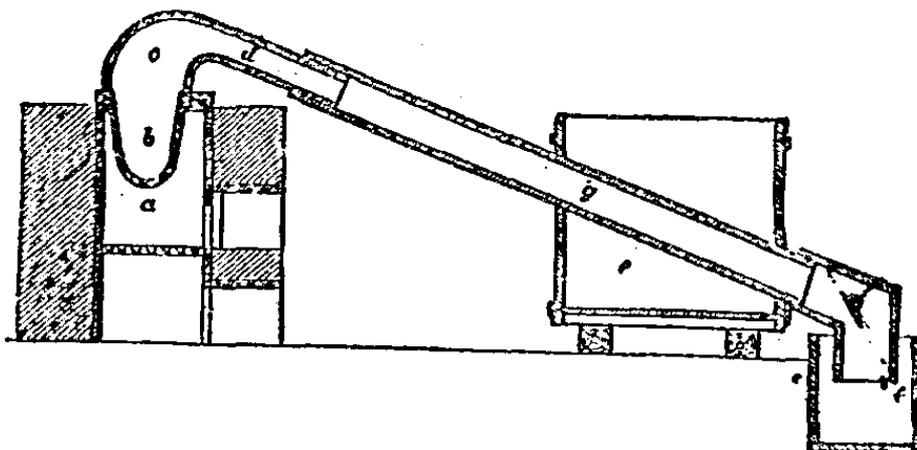
此法採用最廣，一因其較他法省費，二因其收效更宏，然近日多改用精化法矣，法將銀砂和水搗碎，引流出之礦泥至於鍋內，任其澄清，有須烘焙者則乾而焙之，鍋徑約 5 呎，以生鐵板為工作底，損壞時易於更換，以木或



第 110 圖 混 銹 圓 鍋

- | | |
|--------------|-------------------|
| <i>S</i> 軸 | <i>A</i> 鐵圈與軸相聯之臂 |
| <i>M</i> 鐵圈 | <i>Sh</i> 蹄鐵 |
| <i>D</i> 生鐵粘 | |

生鐵或熟鐵作邊，中央凸起之物裝有活動之垂直軸 S ，由鍋下之齒輪旋轉之。 M 爲套於軸上之鐵圈 (muller) 可以螺旋升降，其下安若干鐵塊，彼此相隔少許，其名曰蹄鐵 (shoes)。當圈降下時，恰與鍋底之生鐵砧 (dies) 相切，用時先將鐵圈升起，注水及礦泥於鍋，或更加石灰，食鹽，硫酸銅，或精化鉀少許，以增加後來水銀溶銀之力。開動齒輪，旋轉軸上之鐵圈，漸使之降下，兩小時後，蹄鐵與砧遂兩相切，乃停止鐵圈，升起少許，加入水銀，再旋轉之，每分鐘約 70 次，蹄鐵與砧不使相切，經 2-3 小時而止。水銀溶銀之力，始則甚猛，繼則漸弛，於斯時也，壓蒸汽入鍋下蒸汽房熱之。此鍋於 5-6 小時之間，能處理 0.5-1 噸之銀砂。蹄鐵下之礦泥及水銀，賴鐵圈激動之離心水流，送至鍋邊，搏激而上，即藉鍋邊弧形銅板反撥之力，仍復歸還蹄鐵底。夫如是不獨礦泥磨至極細，且與水銀非常密接，變化完全，此圓鍋之特長也。功候既成，傾巨量之水入鍋，啓底部之孔，放瀉水銀礦泥入澄清盆，盆徑 8-9 呎，以鐵作底，中安攪動之臂，其旁穿孔若干，位置高下不一。礦泥入盆，從容轉臂攪之 3 小時，泥沙性輕而浮，水銀及混錫物質重而沈。啓最上之孔注水入盆，俾最輕之廢物由孔流出，以清爲度。如是而第二層，第三層，依法行之。事畢，拔最下層之塞放瀉水銀，濾過帆布袋，送入鐵瓶 (第 111 圖)



第 111 圖 蒸 溜 瓶

內面塗石灰，瓶中置表面塗有石灰之鐵板，取出時，銀結於板上。

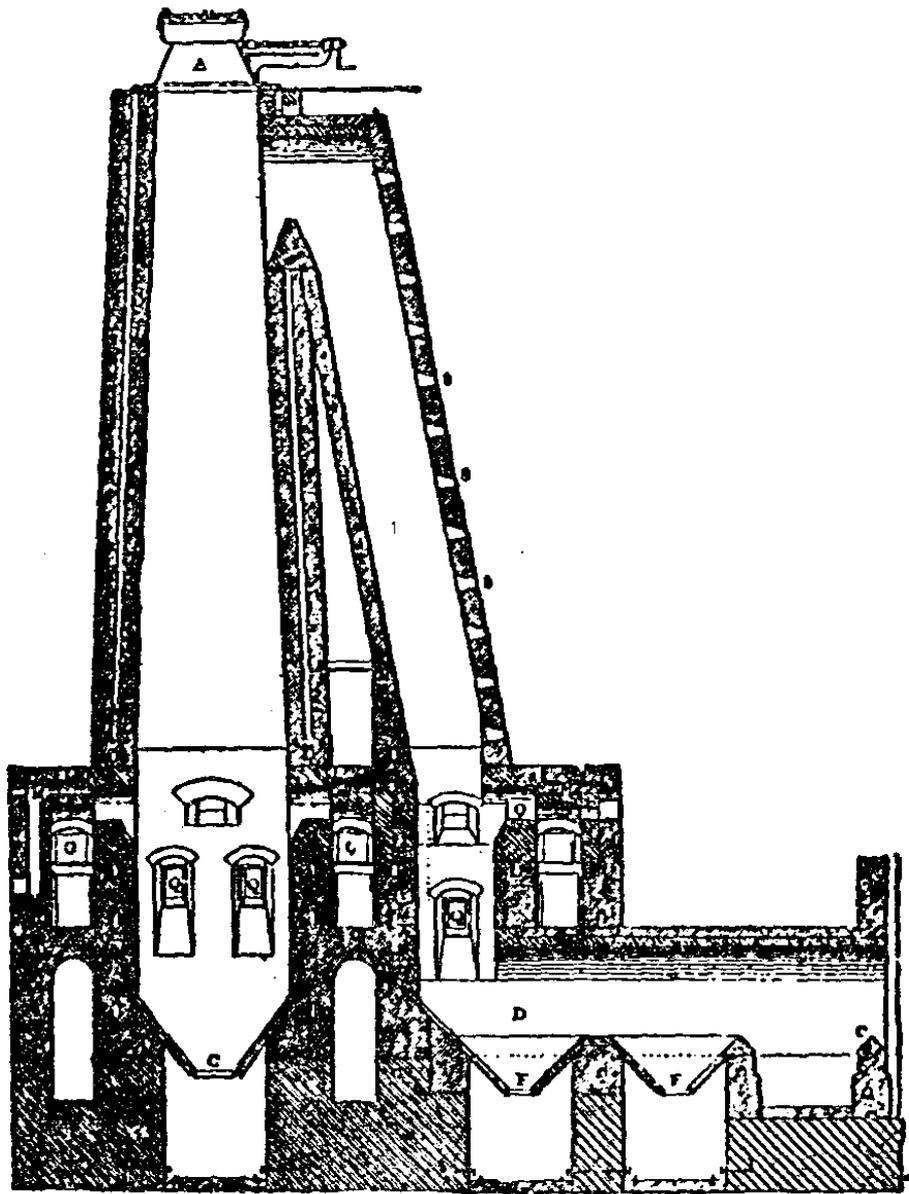
- | | |
|-------|--------|
| a 木炭火 | e 水櫃 |
| b 鐵坩堝 | f 水槽 |
| c 坩罩 | g 鐵凝集管 |

蒸溜之，揮發其水銀，僅餘銀質，便於精煉矣。將澄清盆放出之尾渣，以較澄清盆更大之木製攪和器盛之，其內亦安車頁，旋轉甚緩，祇最重之顆粒可以沈下，隨積隨取，出盆之物更令溢流毛氈之上，攔取未行取盡之重礦末，如不用此法，則以他種選礦機團聚之。

498. 帕忒喇法

(1) 碎砂 將所煉之銀砂用機壓碎，其粗細以能通過每平方吋 20 孔之篩為宜，和水壓碎者，須乾後入爐。

(2) 鹽焙 爐式甚多，有用長反餞爐者，有用旋轉圓爐者，然美國常用司德特斐爾特爐(Stetefeldt furnace)，長身直立，底為生火處，銀礦砂及食鹽由爐頂之斗注入。



第 112 圖 司德特斐爾特爐

- | | | | |
|-------|-------|-------|----------|
| A 入砂斗 | B 爐身 | G 生火處 | H 火氣下行之路 |
| S 空氣孔 | Q 空氣孔 | D 灰房 | F 灰斗 |
| C 清掃斗 | | | |

欲鹽焙得法,須注意以下數點:

- (1) 礦砂須含有 3-8% 之硫,藏於硫化鐵之內;不

及此數,則添加黃鐵礦以調整之;過於此數,則燃燒以減少之。

(2) 若礦砂含碳酸鈣甚多,須多加黃鐵礦,使石灰變成硫酸鹽,免其將氯化銀還原為金屬,致不能溶解。

(3) 焙之之法,須使銅鐵先變成硫酸鹽,而後加入食鹽,此物之分量不可太多,以5-8%為最普通。

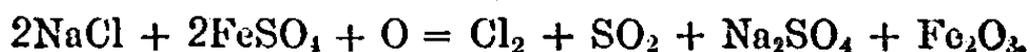
(4) 結局時鐵須成三氧化二鐵,鋅成氧化鋅及鹽基性硫酸鋅,鉛成氧化鉛及硫酸鉛,而銅成氧化銅及氯化銅。

(5) 烘焙宜緩而熱度宜低,焙過之礦砂須成堆退冷1-2日之久,俾銀礦之氯化,更可完足一層。

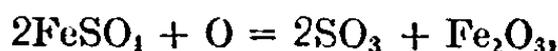
爐中之變化極繁,茲述其重要者,加鹽之先,礦砂起氧化作用,所含之銻鉍揮發而逃:



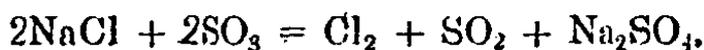
加入食鹽,與硫酸鹽化合發生綠氣:



一部之硫酸鹽因熱分解:



放出之 SO_3 與食鹽化合,亦生綠氣:



硫酸銅爲食鹽所分解:



因爐中有蒸汽存在,故食鹽分解發生若干鹽酸:

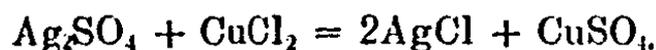
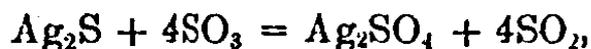


又因其受二氧化硅之作用,亦生鹽酸:



反應中重要之物,爲綠氣及鹽酸,與硫化銀等化合,發生氯化銀.

硫化銀成氯化銀所經之變化如下:



(3) 溶濾賤金屬 溶濾桶以木爲之,徑12-15呎,深5-6呎,安有木條織成之假底,上鋪椰子纖維織成之蓆,其上另蒙帆布一層.將焙過之銀礦砂徐徐篩入,求其疏鬆,由活底下之管壓入熱水,至上淹銀砂之面而止,少頃復由活底下之管放出.同時於礦砂上面加注清水,繼續洗滌,至放出之水不含賤金屬爲止.濾過之水究應保存或棄廢,以所含賤金屬之價值定之,如含銅,用鐵屑沈澱之,如含鋅,用石灰沈澱之可也.

(4) 一硫硫酸鹽溶濾法 (Hyposulphite Leaching) 桶中之礦砂溶去賤金屬後,注入含一硫硫酸鈉(或一硫硫酸鈣) 1-2.5% 之溶液,滷蓄若干時,由管引出,另易新液,至引出之溶液不含有銀為止,約 12-24 小時竣事,桶中渣滓,每噸不得含銀過 4 兩。

(5) 銀之沈澱法 將上法所得之一硫硫酸銀鈉溶液引入徑 8 呎,深 12 呎之桶中,注硫化鈉(或硫化鈣)溶液於其內而攪和之,則硫化銀沈澱而下,澄清後,唧出上面清液,爲他次溶取氯化銀之用,嗣加水於沈澱物,引至濾壓機榨去其水,使硫化銀團結成餅。

(6) 沈澱之處理法 焙硫化銀於反燄爐內,驅去其大部分之硫,所餘者和少許之鉛熔解,轉入骨灰杯爐提取其銀。

499. 變化之理

溶濾時氯化銀與一硫硫酸鈉化合,成一硫硫酸銀鈉之複鹽,易液於水($\text{AgCl} + \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \text{AgNaS}_2\text{O}_3 + \text{NaCl}$)。此物當沈澱銀質時,與硫化鈉化合生硫化銀沈澱,且同時復得一硫硫酸鈉溶液($2\text{AgNaS}_2\text{O}_3 + \text{Na}_2\text{S} = 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{Ag}_2\text{S}$)。若所用者爲硫化鈣,其反應均同,不過所得者爲相當之鈣鹽耳。

500. 羅素法

用帕忒喇法提銀,尾砂中常遺銀不少,而以鹽焙火候不足時爲尤甚.若礦砂中有鉛,則鹽焙之時變成硫酸鉛,此物遇一硫硫酸鈉亦能溶解,遇硫化鈉亦生沈澱,大有害於銀之成色.於是羅素法出,有其長而無其短,其碎砂,鹽焙,溶濾諸事,與帕忒喇法無殊,不過沈澱銀之先,另有沈澱鉛之一層手續耳.

501. 鉛之沈澱法

用一硫硫酸鈉溶砂之溶液,其內含鉛,成分爲一硫硫酸鉛.注碳酸鈉溶液於其內,則生碳酸鉛之沈澱.澄清後,引去上面清液,以硫化鈉沈澱硫化銀,碳酸鉛質甚純淨,或入爐煉鉛,或逕售作顏料.此法適於處理含鉛,鋅,銀之複雜礦砂.惟溶濾氯化銀,祇能用一硫硫酸鈉,若用一硫硫酸鈣,則後來注加碳酸鈉時,有沈澱之碳酸鈣混於鉛內,最須留意.

502. 用額外溶劑處理法

所謂額外溶劑(extra solution)者,即一硫硫酸銅鈉溶液也.其製法混和一份之硫酸銅於 $2\frac{1}{4}$ 份之一硫硫酸鈉內即得.此溶劑善於溶銀之化合物,然對於氯化銀,則反不若一硫硫酸鈉之有力.當一硫硫酸鈉溶解氯化

復行注入,循環不已,經數小時方全體引出,桶中之渣用清水洗之,事畢將兩次所得之溶液合貯一處,用硫化鈉沈澱其所含之銀銅,滌淨後,以含硝酸鈉之硫酸溶解之,將發生之硝酸凝集於塔內,而硫黃沈澱,則取以製硫化鈉,加水沖淡溶液,以銅析銀,使成沈澱,又以鐵析溶液中之銀。

503. 奧古斯丁法

先將銀砂和食鹽烘焙,傾入溶濾桶,用濃熱之食鹽溶液處理之,溶其氯化銀,引入於底裝銅片之桶,使銀成沈澱,其穿過之溶液含銅,引入他桶,用鐵分離之。

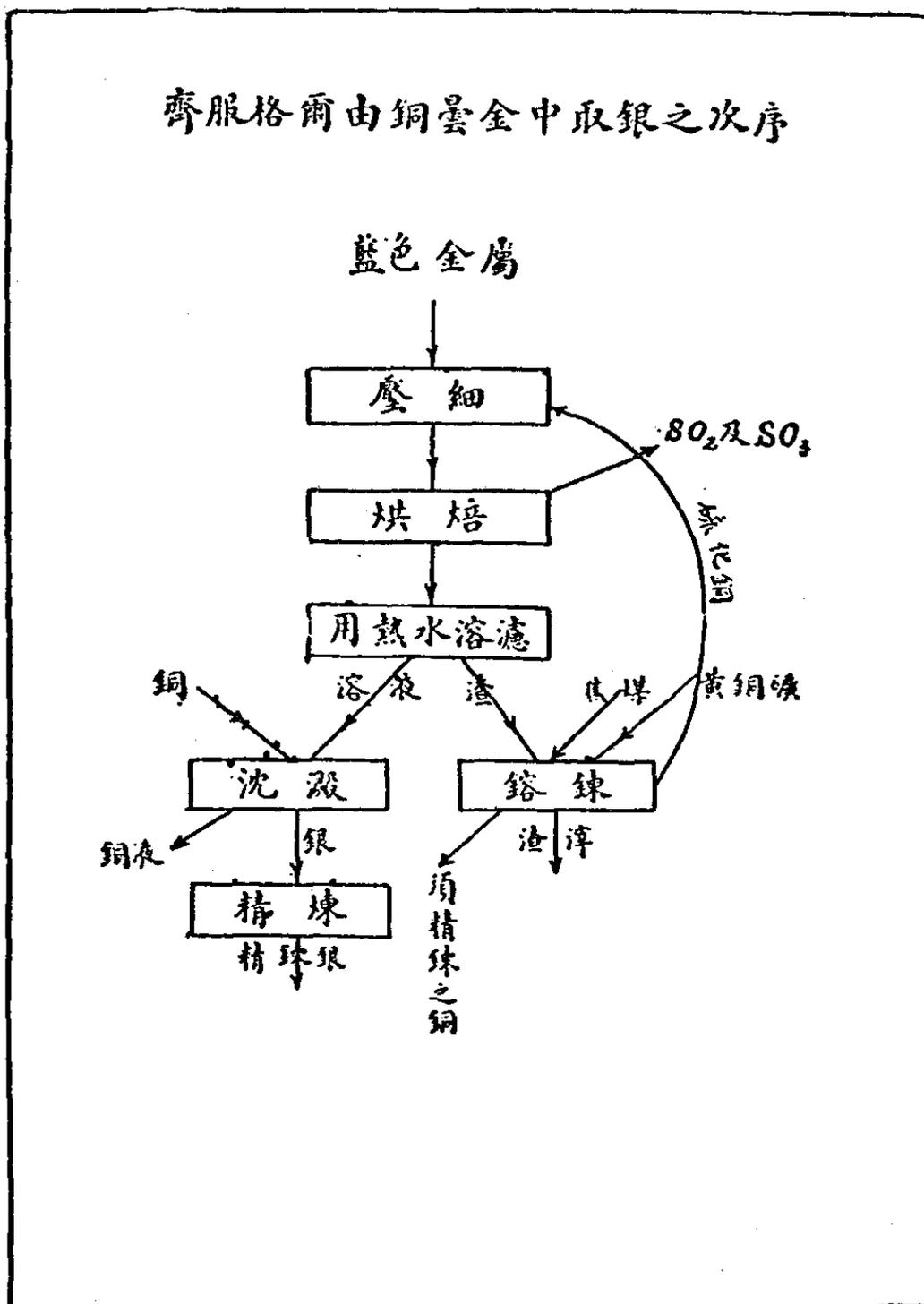
504. 克羅對法

此法已於第十四篇論銅時及之,茲不贅。

505. 齊服格爾法

此法不能遍施於各種銀砂,惟用以提取銅曇金(藍色金屬)中之銀,則甚有價值,法將藍色金屬磨細,送入反蒸爐細心焙之,其變化甚繁,硫化銅先變為硫酸銅及氧化銅,終則全成氧化銅;氧化鐵之變化亦相似;惟硫化銀則變為硫酸銀後,在煉爐熱度不再分解,火候既足,取出退冷,傾於溶濾桶中,以含有少許硫酸之熱水處理之,俾

硫酸銀溶解。加銅於濾液，使銀生沈澱。桶中之渣，則用熔煉法提取其銅。



506. 靖化法

此爲提銀最新最廉之法,昔日水銀池及圓鍋所廢棄之渣滓,多能用此法提取獲利,而尤宜於處理含氯化銀,碘化銀,硫化銀之複雜礦砂,自然銀,硫砷化銀,及硫銻化銀,亦能溶於靖化鉀液中,但需時較久,法分八段進行:

(1) 礦砂經破石機壓碎後,用搗礦碓搗之,穿過每方吋 4-16 孔之篩,搗之時臼中加靖化鉀溶液或否。

(2) 出臼後引至選礦桌處理之,圓聚含金銀之黃鐵礦,售於熔煉廠。

(3) 將其餘之細礦用圓錐分離器分之,送至管碾研細。

(4) 研得之細粉,再送入圓錐分離器分之,將粗者轉入管碾,細者則用濃厚器(thickener)減少其水。

(5) 將增濃之細粉和含靖化鉀 0.3% 之溶液,竭力攪和。

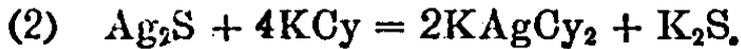
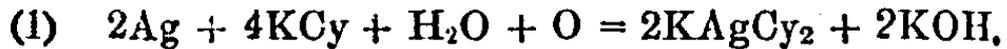
(6) 攪和後,用真空濾器或濾壓器濾乾。

(7) 將濾過之溶液引入鋅箱,或用鋅灰分解。

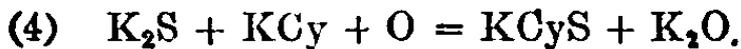
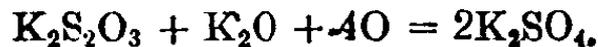
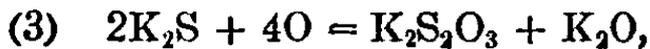
(8) 取金銀沈澱盛以淺盤,送入熔爐烘乾,嗣和助熔劑,用坩堝熔解,鑄之成錠。

507. 本法之反應

變化甚繁,近世學者尙未能完全了解,茲列其可信者如下:

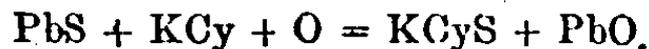


(2)式爲可逆反應,即精化鉀溶銀有一定分量,達此分量,即不能再增,然按之實際,精化鉀溶解之銀,每超過上式應有之數,說者謂硫化鉀分解成他種化合物,故不妨礙銀之多溶也.



以上三式,均有養氣,可知精化法溶瀛銀砂,空氣實不可少也.

加醋酸鉛或蜜陀僧於精化鉀液,可免巨量硫化鉀之發生,但精化鉀消耗爲無用之一硫精酸鉀(KCyS):

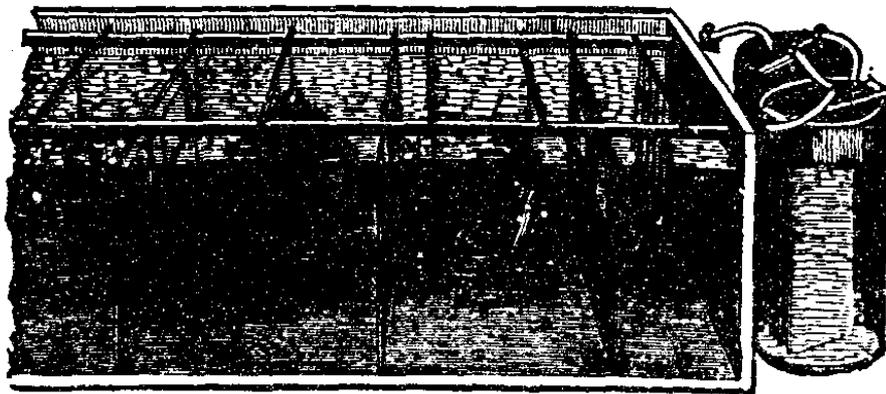


508. 銀與銅分離法

此法昔日夫萊堡用之,近則以齊服格爾法代之矣。法將藍色金屬按常法煉純,使銀俱集於銅內,嗣將銅和鉛熔解,鑄之成餅,送入特別爐燒之,至熱度達於鉛熔點之上,則鉛熔離而出,其內帶有大部分之銀,用骨灰杯提取之。

509. 電鍍銀

將欲鍍之器具洗擦極淨,懸於電池之陰極,以純銀片懸於陽極,電解液含精化鉀及精化銀,其濃度約每加倫含銀 1 兩,電流既通,陽極之銀漸轉結於陰極物面,其色暗晦,取出濯淨,磨研使亮,如欲所鍍之銀不經磨研自然光亮,須將上法所製得之含銀溶液 1 加倫,混和 CS_2 6 兩,放置 24 小時,取出 2 兩,攪於 20 加倫之含銀溶液中,經過 12 小時,方用爲電解液即可,至 CS_2 能使銀光亮,其理尙未能明。



第 118 圖 電 鍍 銀

第二十章

白金附銻鈇

510. 白金(Platinum)

白金色白帶灰,富於展延二性,硬度高過於銀銅,比重 21.5. 膨脹係數甚低,約與玻璃相等,故白金絲能熔入玻璃管或他玻璃器具之內,熱度變更時,不致拆裂,熔點 1745°,含雜質者較低,熔時吸收養氣,驟冷之則吐出,如銀之吐出養氣然. 高熱時遇熔解之鹼性物或硝酸鉀則氧化,遇砷,磷,或碲,硅則受傷,又鉛銀等金屬能與白金併成合金,凡此等物均不可與白金器具接觸熔燒,冷時不為乾濕空氣及平常酸類所侵,惟王水及他新生氯之溶液足以溶之,成氯化鉑(PtCl_4). 此物能與氯化銻或氯化鉀化合成複鹽,難溶於水,濾取燒煉,即成海棉狀之白金,此濕法提取白金應用之原理也.

511. 白金之提取

白金多自然產,與黃金同,常與之共產於沙礫之內,

成塊者絕少,普通皆為淺鋼灰色之扁顆粒,提取之法,先用水汰去其泥沙,所餘者為白金,黃金,磁鐵,鋼玉,及銻鈦之合金,以磁石吸去磁鐵,以水銀溶去黃金,則白金出矣,然仍含鈦,銻,鈾,銻,銅等金屬,純淨白金不過80%左右耳,產地以俄國之烏拉山為最,而澳洲,巴西,波羅洲,美國等處亦產之,近聞新疆之奇臺縣亦產白金,不知已開採否耳,坎拿大之薩德巴立(Sudbury)曾於三十年前發見砷化鉍礦,含白金50%以上,砷40%,餘為他雜質。

烏拉山標準白金樣砂之成分

	1.	2.	3.
白金	84.50	80.87	71.20
鈦	0.90	0.06	2.40
銻	0.06	微量	0.05
鈾	0.05	1.30	1.95
銻	2.90	4.44	1.50
鐵	7.55	10.32	13.40
銅	0.60	2.30	6.70
銻鈦合金	2.80	0.11	2.65

512. 武拉斯吞法(Wollaston's Extraction Process)

將淘淨之白金砂和硝酸熱之,溶去其銀,銅,鐵,鉛諸雜質,濾取殘渣,用水洗淨,加鹽酸熱之,溶解其磁鐵,所餘

者再用水洗淨,再加鹽酸微熱之,當熱時頻添少許之硝酸,以便白金,鈀,銻,及一部分之銥之溶解,惟銻及幾分之銥則否,經時若干,傾出氯化鉑溶液,將賸下之殘渣更加硝酸鹽酸熱之,至其中僅餘石英,鋼玉,及銻銥合金(osmium or iridosmine)爲止,所得之溶液與前次傾出者相混合,以含氯化銻 $\frac{1}{6}$ 之溶液處理之,則見黃色沈澱物 $((\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6)$ 發生,含有大部之白金,用冷水洗淨,乾後裝入黑鉛坩堝,竭力燒之,即成海棉狀之白金 $((\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 = \text{Pt} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{Cl}_2)$,搗碎於木臼之內,和水少許,榨壓於黃銅模中,是爲白金餅,轉入瓷窯,極力燒煉,約36小時之久,取出鎚其兩端,入爐再燒,取出再鎚,至堅實而後已,如不用此法,可逕熔白金餅於氫氧焰爐中。

513. 石灰坩堝爐(Lime Crucible Furnace)

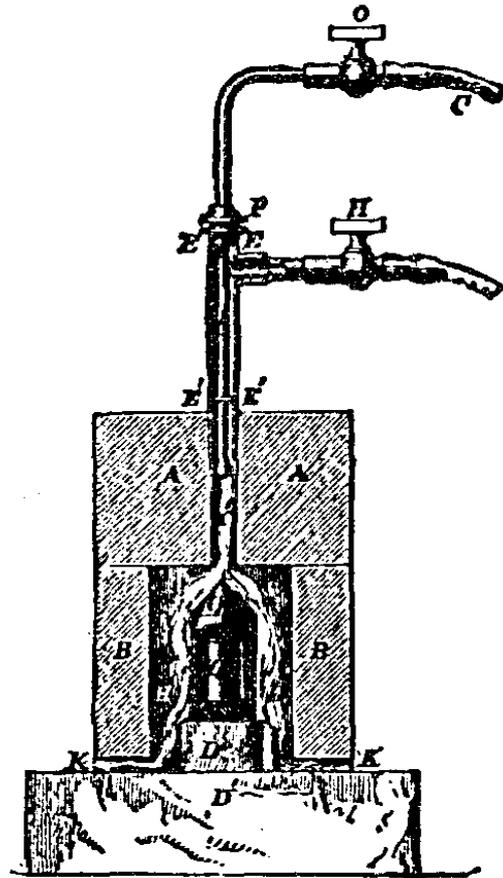
爐以石灰築成,分爐蓋,爐身,爐底三整部,用鐵絲共牢縛之,蓋上有孔,爲氫氧吹管之入路,爐身下部穿孔,爲蒸汽之出路,爐之中央置石灰坩堝一枚,其內復置煤氣炭(gas carbon)所製之坩堝一枚,石灰坩堝有圓錐形之蓋,氫氧吹管離蓋上約一吋許之高,管分二層,大居外而小居內,其嘴均以白金爲之,大者輸輕氣,小者輸養氣,先將輕氣引燃,然後通入養氣於其中,二者之多寡均由活

檢節制之。

514. 得微爾法

(Deville and Debray's Process)

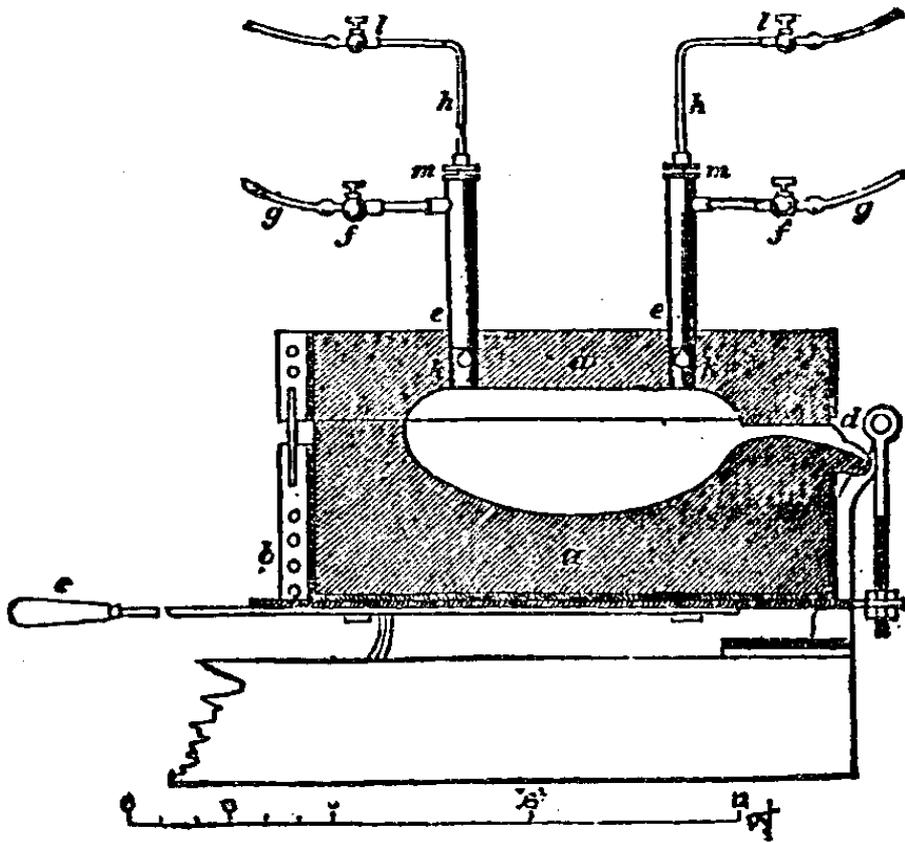
此法與提取金銀之法相似,即用熔鉛溶解白金而後用骨灰杯提取之也,取白金砂二英擔,和以同重之方鉛礦,分數次拋入小反錫爐中熔之,頻用鐵桿撥動,則一部分之方鉛礦與礦砂中之鐵化合,還原成金屬,白金即溶入其中,嗣添加玻璃少許,復加入與方鉛礦等重之蜜陀僧,則方鉛礦中之硫與蜜陀僧中之氧



114 第圖 石灰坩堝爐

- A 爐蓋
- B 爐身
- D 爐底
- E 吹管
- C 輕氣管之白金嘴
- H 爐身與石灰坩堝相離之空處
- G 石灰坩堝蓋
- I 煤氣炭坩堝
- K 蒸汽之出路
- H, O 節制輕氣及養氣之活栓

化合成 SO_2 氣逃去,而金屬鉛生焉,礦砂中之銻銱合金不易溶於鉛者,仍為顆粒下沈於底,靜候若干時,將上面



第 115 圖 石 灰 爐

- | | |
|------------|--------------|
| aa 石灰爐 | cc 輕氣或煤氣管 |
| hh 養氣管 | kk 容納氫氧吹管之缺口 |
| d 傾瀉白金出爐之口 | |

之鉛搥出，鑄之成錠，居下者併入他次礦砂煉之，搥出之鉛，含白金甚夥，熔煉於英國骨灰杯爐內，使鉛氧化，析出之白金，為海棉狀，然雜有金，銀，鉛，鈮，銻等物，又須入石灰爐以氫氧能揮發去之也，斯時所得之白金，含銻，銻，鈮絕少，可以傾入煤氣炭模中，鑄之成錠矣，苟欲其全無雜質，須再熔於鉛中，以化學方法提出之，計石灰爐於45分間之久，可熔煉白金25磅，耗養氣43立方呎。

515. 純淨白金之製煉法

此爲馬退氏 (G. Matthey) 所發明。法將市上之白金加和六倍重之純鉛熔解，瀉入水內，散成碎顆，用稀硝酸處理之，溶其大部之鉛及一部之銅，鐵，鈮，銻，其不溶之黑色殘渣，含白金，鉛，銻，及鈳 (ruthenium) 等物，濾取濯淨，用稀王水溶其白金及鉛，而餘銻及鈳於殘渣內，傾出溶液，蒸發使濃，加適量之硫酸，恰使鉛完全沈澱，嗣攪加蒸溜水，溶解氯化鉍，濾取溶液，加過量之氯化銻氯化鈉，熱至 80°C ，靜置數日之久，收集沈澱，先用飽和之氯化銻液，繼用含鹽酸之水加以洗滌，因其仍含有銻，故烘乾後混和酸性硫酸鉀及少許之酸性硫酸銻，置於白金鍋中漸漸燒至暗紅，則沈澱還原爲海棉狀，而銻變爲酸性硫酸銻鉀，可以沸水溶去之，事畢，將海棉狀白金濯淨，按常法溶解，是爲純淨白金。

516. 白金之用途

白金熔點甚高，又能抵抗酸類及多數化學藥品之作用，故適於製造坩堝，蒸發皿，白金絲，白金片等物。如用至污穢，可與燒熔之酸性硫酸鉀或氯化銻接觸燒之，卽仍乾淨。近人製器有時和入銻銻少許，其硬度較純淨時爲高，抵抗他物侵蝕之力亦更強。煉法加石灰於含銻銻

之白金礦砂內,其分量等於礦砂中所含之鐵,送入石灰爐,燃氫氧燄熔之,則銅鐵變為氧化物,與石灰化合成渣;鈳,銻,金幾全行揮發,所餘者即白金,鈱,銻併成之合金也。

用海棉白金行觸媒法(catalytic methods)製硫酸時用之。此外電工業,攝影術,鑲牙,裝飾品均消耗白金不少,含鈱 10-20%之白金,為製標準尺度砝碼所必需。

517. 鈱(Iridium)

鈱色白,光澤甚強,比重 22.42,熔點 1950°C ., 常與白金共產一處,又常與銻伴合成銻鈱合金,質極堅硬,不能壓碎,又不溶於王水。提鈱之法,將銻鈱合金加五倍重之鋅混合熔之,則銻鈱先熔入鋅,溫度高時鋅遂揮發,餘下銻鈱,成疏鬆之物,研細過篩,和五倍之二氧化錳,入爐燒紅約一小時之久,轉入王水中煮之,則四氧化銻 (OsO_4) 生焉,此物熱至 100°C ., 即揮發,性辣而有毒,鈱餘於液中,注入硫酸,沈澱其錳,又用氯化鉀沈澱氯化銻,精煉後仍雜有極少之白金及鈳。

518. 鈳(Palladium)

鈳雜於白金礦砂中,其成分不過 1%, 純用化學方法提取,昔日巴西國曾產鈳與黃金伴合之合金,現已採盡,鈳之價遂昂,其外貌酷肖白金,而硬度高過之,熔點略

低,約與熟鐵相等,平常煉爐不能熔之.比重 11.5,富有展延二性,用以製上等天秤及他精細儀器最宜.當平常溫度時不爲空氣所侵,加熱,則色轉藍,因表面發生薄層之氧化鈳故也.熱度再高,此氧化鈳復行分解,鈳之色仍轉亮.投入熱硝酸,易溶成黃色溶液.

第二十一篇

水 銀

519. 水銀(Mercury)

水銀比重約 13.59, 在平常溫度時爲液體, 不爲空氣所變化, 冷至 -39°C . 凝固, 熱至 250° 氧化成紅粉, 至 270° 復行分解, 至 360°C . 沸騰揮發, 易溶於硝酸及熱硫酸中, 若鹽酸則幾無溶解水銀之力, 其化合物易爲鋅鐵等金屬及他還原劑所分解, 在高溫時均能揮發, 不過有分解與不分解之別耳, 純淨時, 不論冷熱, 能溶解多數他種金屬, 所成之物, 謂之銻齊或混銻物, 濾以帆布, 去其過量之水銀, 將所餘者入甌蒸溜, 則水銀揮發而他金屬存留, 此專常於處理金銀礦砂時見之, 實水銀之絕大用處也

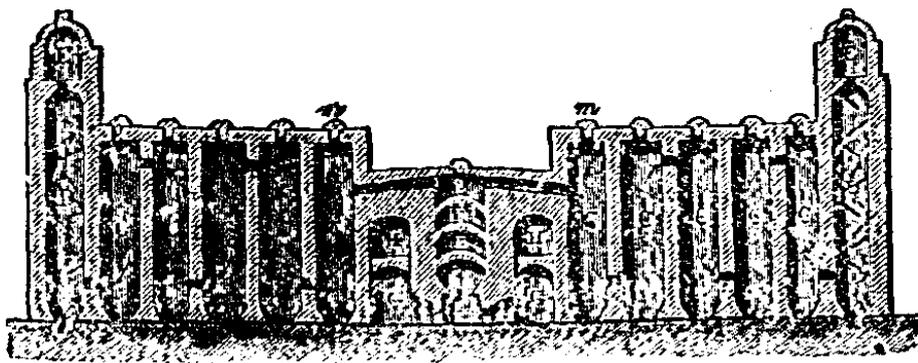
520. 空氣還原法(Air-reduction Process)

水銀礦砂之最重要者爲辰砂, 通空氣燒之, 即行分解 ($\text{HgS} + \text{O}_2 = \text{Hg} + \text{SO}_2$), 因氧化銻不能在高溫時存在也, 近世煉水銀多因此理, 所需之機器各地不同, 約分

二部：一煉礦砂之爐；二凝集水銀之室。茲將歐洲舊式爐及美國新式爐各舉數種，以資比較。

521. 易德里亞法 (Idrian Process)

爐身狹而直立，中築穿孔之凸橋三層，承載礦砂，塊大者置於下層，較小者置於中層，其上層則水銀細灰和陶泥合成之塊也。如不用陶泥，則以瓦器盛之亦可。生火處在爐之底部，火氣雜空氣由下而上，銻砂遇之即行分解，將揮發之水銀引入凝集室收集之。室居爐之兩旁，其數各六，大部分之水銀集於近爐之兩室中，愈遠則愈細，至第五室中竟細如灰塵，且混有他物須和陶泥搏之成塊，置於爐中最上之凸橋上而重煉之。距爐最遠之室內裝斜板，重疊而上，有冷水流行而下，所以使凝集之事更為完備也。每煉水銀一次，須滅火出渣，然後再舉，因此勞



第 116 圖 易德里亞爐

- | | |
|-----------|----------|
| A 生火處 | C, D 凝集室 |
| B 承載礦砂之凸橋 | G, H 氣道 |

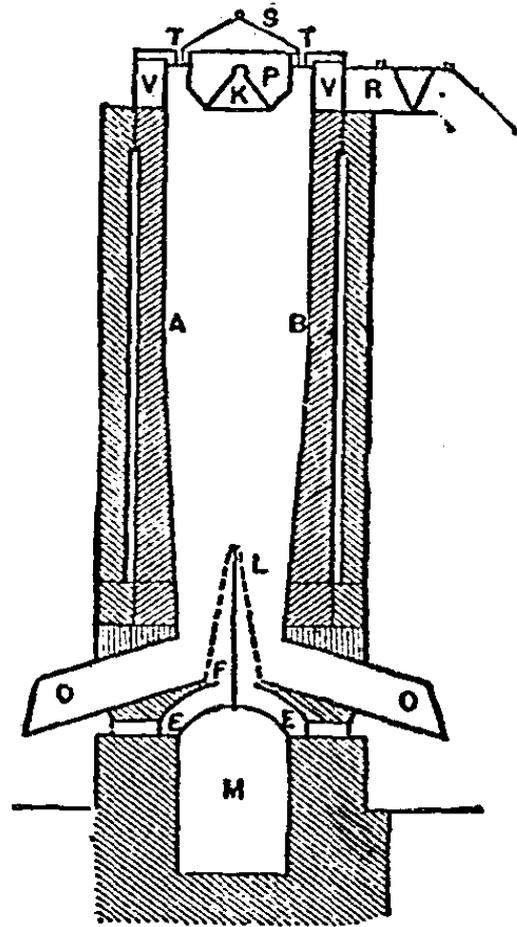
費不少。

522. 易德里亞新法

近日成塊之礦砂除成分最高者外,均以與窯相似之小鼓風爐處理之,細礦砂則以其室塞風路,改用反餞爐提煉,前者名諾法克爐,後者名拆馬克爐,茲並述之。

(1) 諾法克爐 (Novak

Mercury Furnace) 爐壁分二層,內層用火磚建築,外層為平常之甄,以鐵皮包之,防水銀之散失,爐身立於有腳之鐵板上,所以免凝集之水銀滲入地中也,所煉之砂,其塊宜大,和木炭由爐頂之進砂機分次注入,加蓋貯水封閉之,空氣由爐中央之小孔送入,煉過之渣,含水銀不過

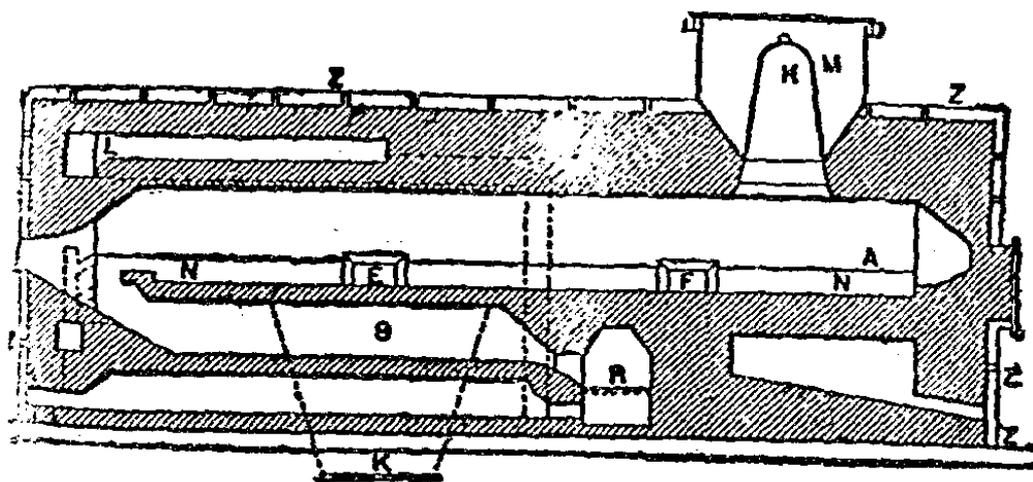


第 117 圖 諾法克爐

- F 承載爐之鐵板
- E 鐵板之腳
- P, K 盂盤進砂機
- S 進砂機之蓋
- L 空氣孔
- O 出砂管
- V 圓形生鐵房
- R 爐道

0.05%，由爐腳邊之管耙出礦砂遇火則分解而生水銀，上升入爐頂之圈形生鐵房，由是穿入駢列之兩煙道，引至凝集器收集之。此法之損失僅抵礦砂中水銀之 9%，昔日用舊法煉過之礦渣，再用此爐煉之，仍可獲利。

(2) 拆馬克爐 (Czermak Furnace) 爐外包鐵甲，底下亦承以鐵板，皆所以防水銀之散失也。先用木柴或褐煤生火於爐，即從斗門注礦砂於煉坑內，工人從工作門插入長鐵器漸撥之向前，終則將煉過之渣由 *B* 門耙出，落於前方受器 *K* 內，揮發之水銀與火氣穿缺口達於氣道，由是入於凝集器收集之。此器非甌砌之室，乃數行之巨大瓷管直立所成，外面噴水保其不熱，上端用彎管相



第 118 圖 拆 馬 克 爐

- | | | |
|-----------------|-------------|---------------|
| <i>L</i> 氣道 | <i>N</i> 煉坑 | <i>Z</i> 爐外鐵甲 |
| <i>R</i> 爐橋 | <i>K</i> 受器 | <i>MK</i> 送砂斗 |
| <i>E, F</i> 工作門 | | |

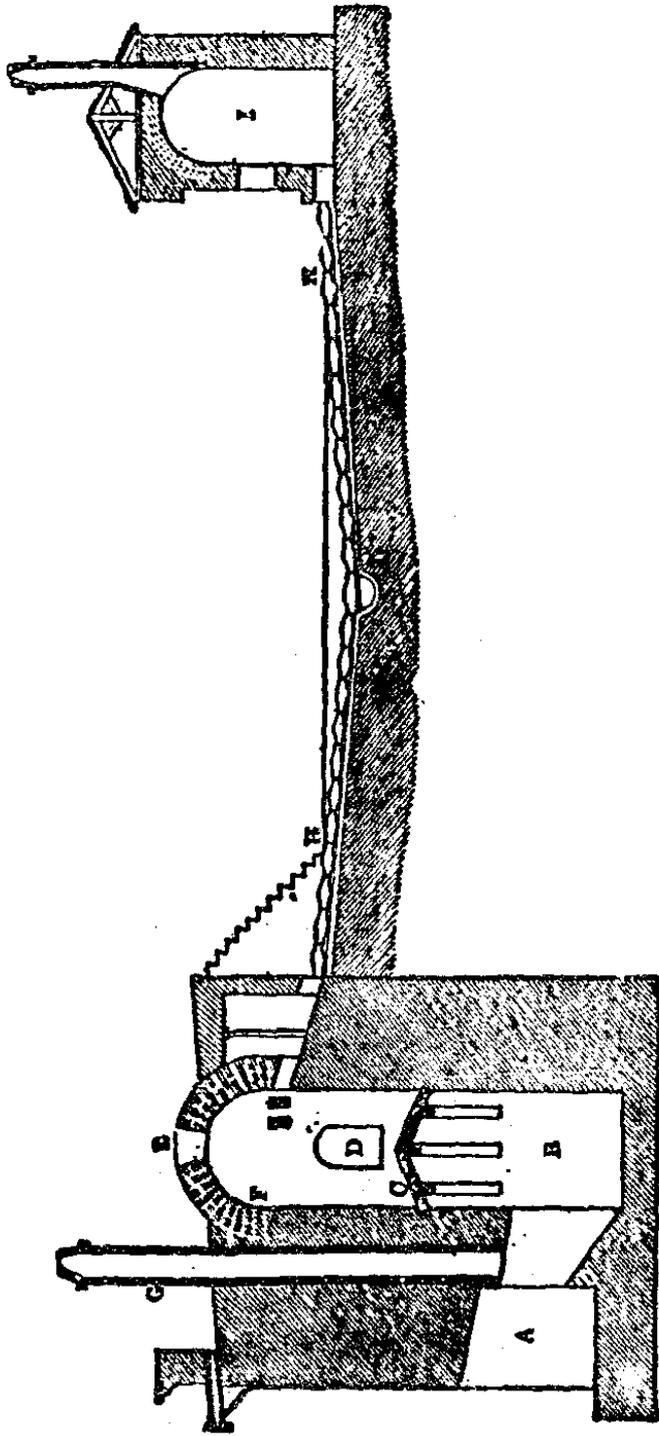
間聯絡,下端則每兩管用洋灰嵌入V形受器中,器之下端開口,沒入水池中,深達2呎,凝集之水銀由此滴入水內,此爐每24小時可處理礦砂32噸,每噸礦砂需用褐煤 $\frac{3}{4}$ 噸或1000立方呎。

523. 阿爾瑪丁法(Almaden Process)

本法應用之原理,與易德里亞法同,不過爐與凝集器之形式異耳。爐作圓形,中有甎砌之穿孔橋,其上鋪含辰砂極少之石塊一層,再上為正式礦砂,裝砂之法,成分高之整塊居下,其上為碎塊,最細之水銀灰居於最上層,以木柴或煤生火於橋下,揮發之水銀由壁間之氣道引入梨形瓦罐(aludels)中凝集之,其未盡者復轉入凝集室收之。瓦罐之數三百,兩端開口,一大一小,首尾相銜,將接口處塗泥封閉,分列12行,每行25罐,行之中央略低陷,該處之罐,下面穿孔,用沙子蓋之。凡凝集之水銀,由此流入K溝,再引至承受器中。本法煉礦一次,須12小時,煉爐退冷又須3-4日,有此大弊,故現今用之者甚少。

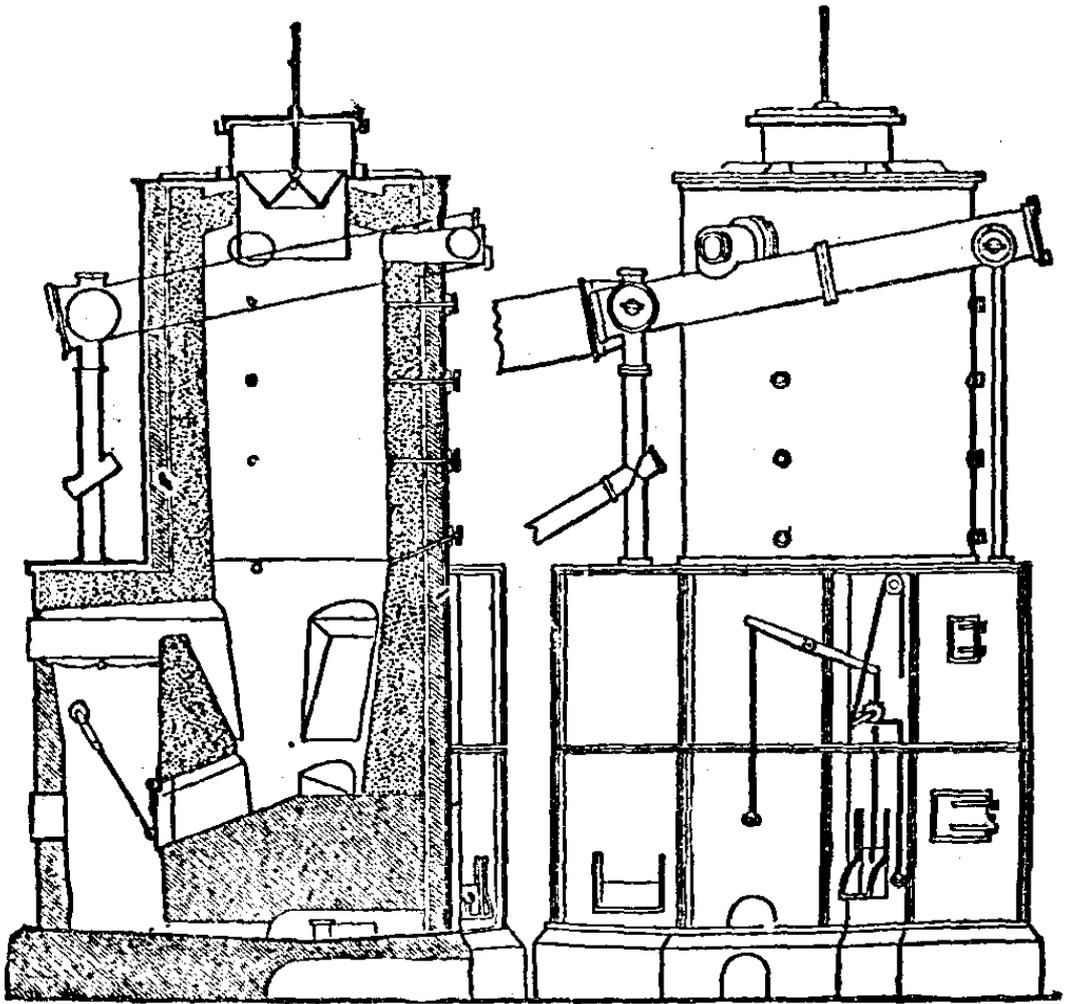
524. 舊金山連續煉鍊爐(Continuous Californian Furnace)

此爐通用於舊金山之新阿爾瑪丁(New Almaden),所以煉成塊之礦砂者,上半部為圓形,頂有入礦砂及木



第 119 圖 梨 形 瓦 爐 爐

- | | | |
|----------|---------|-------|
| A 燃料入口 | DE 進砂口 | IH 瓦爐 |
| B 火坑 | F 砂砂容受處 | I 凝集室 |
| C 承載砂之凸筒 | G 煙突 | K 水銀洗 |



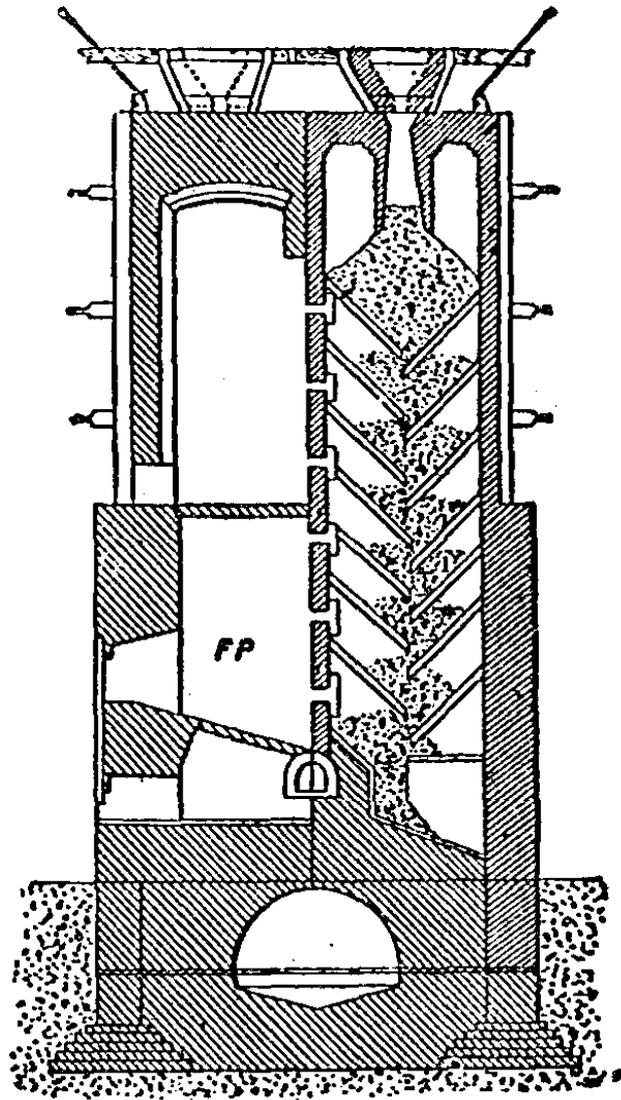
第 120 圖 舊金山 速攪煉錫爐

炭混合物之斗,下半部形若圓錐,生火之處有三,用木柴爲燃料;出渣之孔亦有三,將礦砂混和木炭少許由頂注入,煉出之水銀散入甌砌之凝集室中,旋穿過浸於水內之大鐵管,轉向長煙道而去。

525. 格刺奈察爐(Granitza Furnace)

此爐新阿爾瑪丁用以煉細礦砂,每爐有煉砂房若

干,其壁間安置斜板,重疊成層,礦砂由頂上之斗注入,循斜板下溜達底門放出,火氣由生火處分道入房,經灰房而達於凝集室內,計24小時可煉砂36噸,每小時將煉過之渣耙出一噸。



第 121 圖 格刺奈察煉爐

526. 石灰法

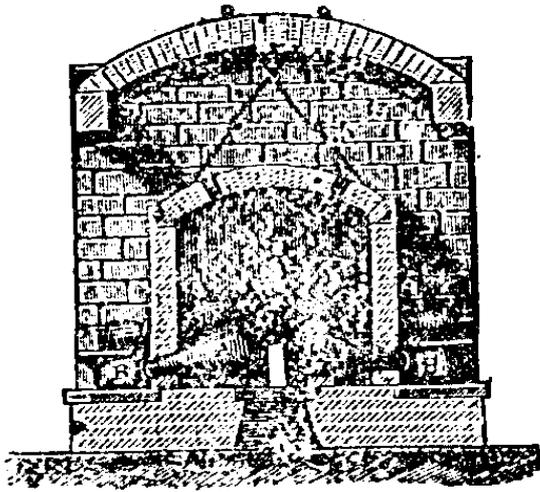
(Lime Process)

此法起於德

之萊因河西岸,小

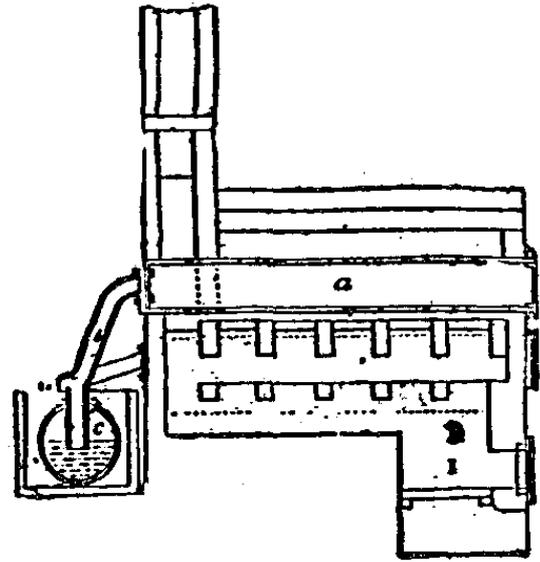
煉廠用之,其爐名長方蒸溜爐(galley furnace),取礦砂加 $\frac{1}{4}$ 之生石灰,裝入梨形生鐵罐內,罐數約30,各容混合70磅,以同一之火燒之,口上套盛水半滿之石製凝集器,塗泥封其接口,辰砂遇熱即與石灰化合而生水銀:





第 122 圖

M 長方蒸溜爐
A 梨形罐
B 凝集器



第 123 圖

攸爾蒸溜甌爐

a 蒸溜甌 b 生鐵管
c 凝集器 I 生火處

527. 攸爾蒸溜甌爐(Ure's Retort Furnace)

長方蒸溜爐之裝砂費時,煉時又多損失,於是有攸爾蒸溜甌爐出,有其長而無其短,甌之形式與蒸溜煤氣者相似,由生鐵製成,平臥爐內,若干枚駢列成行,長 7 呎,切面約 1 平方呎,可容細辰砂及石灰之混合物 700 磅,等於長方蒸溜爐 10 倍,由甌尾之鐵門裝入,甌之前面亦有鐵門,其上安徑 4 吋之生鐵管,直達於凝集器冷水之內,管亦有門,可插入鐵絲清掃一切,凝集器為大鐵管所成,徑 18 吋,長 20 呎,橫臥於爐前之木梘內,梘內有冷水流

行不息,防其變熱。

528. 鐵法(Iron Process)

鐵與辰砂混合熱之,則辰砂分解而生水銀($\text{HgS} + \text{Fe} = \text{FeS} + \text{Hg}$),然實際上尙未通用。

529. 水銀之提淨

提淨之法有四: (1) 用帆布或羚羊皮濾去其雜質; (2) 重行蒸溜,引入冷器凝集之; (3) 如分量不多,可用比重 1.15 之稀硝酸或硝酸銻溶液濯之; (4) 和砂糖於水銀內,入瓶搖之,則雜質氧化,結於砂糖之上,可用穿小孔之厚紙濾去。

530. 用途

水銀爲溶解金銀礦砂最要之品,又爲製溫度計,氣壓計,玻璃鏡等物所必需。與硫化合,是爲銀硃(vermilion),可作顏料。其他之化合物,可作醫藥。

531. 玻璃鏡之製法

用毛刷鋪錫箔於極平滑之石板上,刷平其皺紋,上注水銀少許,以絨布圓筒輓勻之,再加水銀其上,事畢,將玻璃片拭淨,持其緣向前平推,擠去水銀,並防空氣之侵入。兩物既切,鋪絨布於玻璃片上,取重物壓之,稍將石板

掀起，濾去水銀，歷 5 分間，更添加重物，如是者約一晝夜，乃將重物取去，移置玻璃片於傾斜之木桌上，漸漸掀起，至直立而止，越 3-4 星期而功成。計玻璃面上之合金，為 銻 1 錫 4 所成。

第二十二篇

鋁 鎂 鉀 鈉

鋁

532. 鋁(Aluminium)

鋁色銀白;比重僅 2.56, 硬度與鋅相等, 富有展性, 折斷後極難煅接, 易溶於鹽酸, 熱濃硫酸, 及苛性鹼液中, 沸硝酸亦能溶鋁, 但甚緩耳, 冷時不為乾濕空氣及含硫化二氫之空氣所侵, 熱至 657°C . 則熔, 熱度再高, 即行揮發. 富於陽電性(electro-positive character), 造合金時碎鋁為粉, 與他金屬氧化物合熔於坩堝中, 則一部分之鋁分解氧化金屬, 其餘之一部即與分解所得之金屬併成合金. 利用此性, 凡鋼, 鐵, 黃銅, 青銅等熔解時, 不妨加鋁少許, 分解其中之氧化物, 以求其純, 雖然, 其利在此, 其弊亦在此, 蓋因其熔時觸鐵, 則吸收鐵, 遇硅石陶土, 則吸收硅素, 故純淨之鋁, 遂為極難得之物, 市上所售者, 每含硅, 鐵, 鈉在 1% 以上; 即近日 不列顛 鋁公司所煉之鋁, 成分亦不過

99.6 %.

鋁無自然產,與氧化合之三氧化二鋁,存於各種黏土內,占全體之 12-20 %, 遍佈全球.與鈉及氟化合成冰晶石,占全體之 13 %, 爲格林蘭產.然近世所用之鋁,多由鐵礬土煉出,此物含鋁約 $\frac{1}{3}$, 餘爲氧(與鋁化合), 二氧化硅, 氧化鐵, 及水.

533. 得微爾煉法 (Deville's Extraction Process)

藉平常煉爐所得最高之熱, 而用碳或其他還原劑, 均不足以分解三氧化二鋁, 蓋鋁與氧化合之力最強, 金屬除鈉鉀外, 均不能離間之. 欲達此目的, 不得不乾濕法兼用. 先將鐵礬土研碎, 和蘇打灰碳酸鈉及苛性鈉之混合物) 送入反燄爐焙去其碳酸, 而得硅酸鈉鋁酸鈉之混合物. 出爐後, 用水處理之, 溶解其鋁酸鈉, 又注足量之鹽酸於所得之溶液中, 化去其鈉而得氫氧化鋁之膠狀沈澱. 濾出, 和食鹽及木炭末搏之爲球, 大若梨橘, 而烘乾之, 送入瓦筒, 通極乾之綠氣, 盡力焙燒, 俾變成氯化鋁氯化鈉之複鹽 ($\text{Al}_2\text{Cl}_6 \cdot 2\text{NaCl}$), 蒸溜而出. 其性較氯化鋁更易於凝結, 復不易爲潮溼所變化. 此氫氧化鋁中所以加入食鹽之理由也. 凝結後, 和碎塊鈉 20 % 及冰晶石或螢石 50 %, 共入反燄爐, 隔空氣極力熔之, 於是鈉與氯化鋁中

之氯化合,而生金屬鋁,沈於氯化鈉及冰晶石或螢石所構成之渣滓下,其中含有鐵,硅等雜質。

534. 電熔煉法

用得微爾法煉鋁,勞費甚巨,今則以電熔煉法代之,其費大減,爐爲直角形,長 8-10 呎,寬 4-5 呎,高約 2.5 呎,內胎火甌,再內胎碳素,中央留 1 呎深之穴,以容受電解質。底部埋鐵棒數根,聯於發電機之陰極,爐上之銅架倒懸長十餘吋之碳素棒若干,聯於陽極,煉之初,降下碳素棒使與爐底碳素接觸,以通電流,隨即移開少許,發生電弧,取碎塊之冰晶石或冰晶石與螢石之混合物,分數次加入,逐漸熔解,熔之愈多,則移之愈遠,迨穴中滿貯熔質時,又將碳素棒之尖浸沒其內,使生電解作用,不令電弧發生,電流勝過穴中熔質之阻力故生熱,其強弱由碳素棒與爐底碳素之距離定之,然以暗紅色爲佳。斯時也,投純淨三氧化二鋁(製法見下)於其內,溶解者約 25%,遇電分解,鋁生於陰極,漸沈於冰晶石之下,隔兩三日放瀉一次,同時添加適量之三氧化二鋁以補其缺,氧生於陽極,與碳素棒化合成 CO 及 CO₂ 而逃散,電流之壓力以 8-10 伏 (volts) 爲最宜,爐內之出產,視電流之安培數 (ampères) 以爲差,約略計之,長 10 呎,寬 4 呎,穴深 15 吋之爐,每日可

出鋁 1 英擔。

535. 拜厄製三氧化二鋁法 (Bayer Process)

將鐵礬土磨碎，裝入旋轉圓筒爐焙之，熱度以恰能毀滅有機物及驅除氫氧化鐵之水分為度。焙後研細，和氫氧化鈉溶液加壓力熱至 8 小時，加水沖淡過濾，將濾液貯於鐵筒內，攪和數小時之久，投入氫氧化鋁，使生成氫氧化鋁之沈澱。濾取濯淨，送入旋轉圓筒爐或反餞爐以 1000° C. 之熱焙之，結果之成分如下：

SiO ₂	0.032
Fe ₂ O ₃	0.057
Na ₂ O (遊離狀)	0.154
Na ₂ O (化合狀)	0.289
Al ₂ O ₃	98.800

536. 考爾斯法 (Cowles Process)

電熔煉法未發明之先，凡鋁銅之合金，多以考爾斯法製之。所用之電爐為直角形，壁塗碳素，兩端開孔，各以成捆之碳素棒塞入之。此捆之一端聯於發電機之陰極，他捆則聯於陽極。爐內滿貯三氧化二鋁，木炭，及銅顆，如不用銅顆，則以氧化銅與木炭之混合物代之。煉之初，相對之棒接觸於其中央，以通電流，隨即移開少許，發生電

弧爐中之物逐漸熔解，而兩方之碳素棒亦漸引漸遠，至全體熔解為止。木炭藉電弧之熱將三氧化二鋁中之氧奪去，析出之鋁，即與銅併合成能熔之鋁銅合金，由缺孔放瀉之。此爐祇宜製鋁銅之合金，不宜煉單純之鋁，因不用銅顆，則析出之鋁含碳素甚多，決不適於用也。

電爐所生之熱度，較燃料所生者為高，故可還原極難還原之金屬氧化物，及熔解極難熔之金屬。謨瓦散氏 (Moissan) 裝所煉之物於碳素管內，置於小電爐之電弧中燒之，而得煉出鈾、鉻等金屬。

537. 鋁之用途

鋁質甚輕，適於造汽船及飛艇上之機械。在鹹水中不可與他金屬接觸，不然則發生局部之電流 (galvanic action)，腐蝕甚速。用以包船舶略嫌其軟，每百分中須和銅或鎳六分以劑之，其硬度強度為之加增，而體質之輕，未受大影響，然在鹹水中果能保其不生變化與否，斯則尚待研求者也。此外天秤桿，小砝碼，海電線，烹飪及釀酒之器具，亦多用鋁製之。鋁與氧化合力最強，碎鋁為粉，與鎂、鉻，或鎢之氧化物混合，置坩堝中，用引線點燃，則鋁變為三氧化二鋁，而析出極純之錳、鉻，或鎢。哥德士密特氏 (Goldschmidt) 利用此理，發明鋼鐵之鋁融接法 (thermit

welding process)。法將欲接合之處用適當之模繞之，外用吹管燒至暗紅，取鋁及氧化鐵研至極細，充分混和，置於漏斗形之坩堝中，用引線點燃，將所生之鐵液灌入模內，則鐵液填充接口，使之聯合為一，冷後削光，則其強度幾與他部相等。

鋁與銅之合金，用途甚廣，所謂鋁金 (aluminium gold) 者，即含銅 95% 至 90%，鋁 5% 至 10% 之合金也。色似黃金，深淺視銅之多寡為定，然易於毀敗，張強 18-40 噸，大約鋁愈多則強度愈大，質愈硬，少者反是。過乎 11% 之外，竟質脆而無延性，不可為用矣。又鋁二銀三之合金，法國用以代銀。

鎂

538. 鎂 (Magnesium)

鎂與鋁相似，色更白，質更輕。在乾空氣中不起氧化，久觸潮濕空氣，表面結氧化物之薄皮。當平常溫度時，展性不高，延性甚弱。製造鎂絲，須於高熱時為之，約以 450° C. 為最宜。壓絲使薄，是為鎂帶。易溶於稀酸中，發生輕氣。投入苛性鉀或苛性鈉溶液內，不起變化。熔點 633° C.，沸點 1100° C.。燃燒時發耀目之強光，製造煙火及晚間攝影用之。又冶金術中間用以製合金及驅除他金屬中之雜

質。

539. 普通熔煉法

烘焙氯化鉀鎂礦，驅去其水，嗣和螢石末及碎塊鈉各10%，投入燒紅之坩堝，即時加蓋熔解，則鈉與氯化鎂化合，發生氯化鈉及金屬鎂，前者與氯化鉀氯化鈣併成熔渣，後者沈於坩堝底，引出後，用蒸溜法提淨之。

540. 電熔煉法

烘焙氯化鉀鎂礦，驅去其水，移置瓷罐或鐵罐內，用氣體燃料燒至暗紅，罐蓋有瓷管，包於陽極碳素棒之四周，為綠氣之出路，電流由碳素棒通入礦砂，經過懸於瓷罐內之鐵棒，或鐵罐本體之鐵而出，礦砂為電所作用，漸次分解，鎂結於罐壁上，流落至底，而綠氣則循碳素棒穿瓷管而出，收集之以為他用。

鉀

541. 鉀(Potassium)

鉀為有光澤之白色金屬，在平常溫度時，質極軟可以手指捏動，冷至零度則變脆，現結晶形，熔點 62°C 與銨氣愛力極大，故新斷之面，轉瞬即結氧化物之薄膜，此物吸收空氣中之水分及炭酸氣，先變為氫氧化物，後變為

碳酸鹽。投鉀於水面，水立時分解，發生輕氣，其變化所生之熱，足使輕氣燃燒。又鉀與氯，溴，氟，碘相觸，亦起燃燒，其結果生成氯化鉀等物。

542. 卡斯特涅煉鉀法 (Castner's Process)

將氫氧化鉀混和碳化鐵 (CFe_2) 粉末，裝入水力機上之卵形蒸溜器內，用氣體燃料燒之，所生之金屬鉀先穿狹長之凝集器墜入鐵罐內之礦物油中，保其不致氧化。煉畢，開動水力機，使蒸溜器降低至地平線，與蓋分離，卸出殘渣。反應式如下：



543. 電解法

此法原係德斐氏所發明，不過近加改良耳。法裝氫氧化鉀於鐵箱內，用氣體燃料燒熔之。陰極穿箱底入箱，圓筒形之陽極則倒懸於蓋上，籠罩陰極之上端，惟不與之接觸。居於陽極之內，適當陰極之上者，為收集金屬鉀之鐵圓筒。電流既通，氫氧化鉀分解，氫氣穿箱蓋之缺口逃散，輕氣則穿筒蓋而逃，金屬鉀浮於氫氧化鉀之上，集於筒中，按時用漏瓢挹出，因其表面張力極大，故能不滑過也。反應式如下：



鈉

544. 鈉(Sodium)

鈉之普通性質與鉀極相似,在平常溫度時質極,冷至零下 20° 變硬。

545. 鐵筒煉鈉法

先將食鹽製成碳酸鈉,烘乾後,和木炭末及碳酸鈣,裝於外包陶泥之熟鐵筒內,極力燒之,則碳酸鈉為木炭所分解,發生金屬鈉($\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{C} = 3\text{CO} + 2\text{Na}$),由筒旁之管引入石油中凝之。

546. 卡斯特涅法

與煉鉀者同,不過用氫氧化鈉以代氫氧化鉀耳。

547. 電解法

進行手續與煉鉀者同,近世之鈉多由此法煉成。

548. 波歇斯法(Borchers' Process)

用電解法分解氫氧化鈉,所生之輕氣代表虛耗之電力,實為該法之短處,德人波歇斯用氯化鈉以代氫氧化鈉,令陰極所生者亦為有用之物,然熱度須較高,器具易傷損,實行上終不免有困難也,所用之器為一大U形

管,其兩臂一寬一窄,窄者係鐵製,寬者係火泥製。彼此聯絡處用四方形之管間之,管中有冷水流行,使氯化鈉凝結,包覆接縫之四圍,免致滲漏。陽極在寬端中,陰極即係窄端之本身。電流通,氯化鈉分解,綠氣由寬端頂上之管引出,鈉則循窄端旁邊之管流入受器中。按時由寬端頂上之他管添加氯化鈉,以補管中之缺。

第二十三篇

銻

549. 銻之物理性質

銻 (antimony) 爲有強光澤之金屬,色白帶藍,具結晶性之組織,凝固時若表面覆以熔渣,則冷後面呈風尾草狀之花紋,是名星紋(star),此純銻所以又名星銻 (star antimony) 也.此種星形,非不純之銻所能有,即爲純銻,而凝時若未經熔渣掩覆者,亦不能生.銻無展延二性,質甚脆,易搗成粉,比重 6.71, 原子量 120.2, 熔點 632°C ., 至 1500°C . 則揮發,銻爲電之不良導體,若以銀之傳電力爲 1000, 則銻僅得 42.

550. 銻之化學性質

在平常熱度時,銻不爲乾空氣所作用,若置於敞口器中燒之,則變爲能揮發之三氧化二銻(Sb_2O_3). 溶於王水中,變成三氯化銻(SbCl_3). 成細粉末時亦能溶於鹽酸. 稀硫酸對銻無作用,惟熱濃硫酸可使溶爲硫酸銻,放出

SO₂. 稀硝酸溶銻使成 Sb₄O₆ 與 Sb₂O₆ 之混合物,濃硝酸則大半溶銻使成 Sb₂O₆.

551. 氧化銻

氧化銻有三種:即三氧化二銻(Sb₂O₃),四氧化二銻(Sb₂O₄),及五氧化二銻(Sb₂O₅)是也.三氧化二銻冷時色白,熱時色黃.燒銻於空氣中,或焙三硫化二銻(Sb₂S₃),於空氣中,則生此物.燒至紅熱則熔,熔時隔絕空氣則揮發,不變其成分.若添入空氣則成四氧化二銻,其性不熔,亦不揮發.此種不揮發之性,在烘焙硫化銻礦時,最關重要.

Sb₄O₆ 能溶於鹽酸,酒石酸,及苛性鹼溶液中,和碳素或精化鉀燒之,則還原為金屬.

四氧化二銻為不熔及不揮發之白粉,當銻或三硫化二銻燒於足量之空氣中,則生此物.與三硫化二銻混合燒熔,放出 SO₂,而成三氧化二銻,轉與其餘之三硫化二銻化合,而成能熔之銻玻璃(antimony glass).此物和碳燒之,僅一部還原成金屬,餘者變為 Sb₄O₆ 而揮發,若碳之外加和碳酸鈉或鉀),方可使全體還原.

五氧化二銻於煉冶上不關重要.

552. 硫化銻

硫化銻有二種,一為三硫化二銻,一為五硫化二銻.

惟三硫化二銻於煉冶上有關重要。天產之三硫化二銻爲輝銻礦，燒至紅熱則熔，至白熱則揮發，能溶於鹽酸，發生 SbCl_3 。其熔點既低，故烘焙甚爲困難，因其易於膠結，且所生之氧化銻轉與硫化銻化合成易熔之銻玻璃也。然熔離法則反利用其低熔點，俾與混合之廢物分離。

置硫化銻或含硫化銻之礦砂於反碓爐中焙之，發生三氧化二銻及 SO_2 ，前者一部分揮發，一部分變爲不揮發之四氧化二銻。若焙時空氣有限，則銻幾全體揮發爲三氧化二銻，利用此理而得揮發烘焙法 (volatilizing roasting)，以處理瘠礦砂及熔離後之殘渣。

於硫銻礦中和入鹼或硫化鈉(或鉀)而焙燒之，則生硫銻化合物，能溶於水，電冶銻卽利用此反應。

硫化銻當燒紅時，能爲輕氣，靖化鉀，鋅，及鐵所分解，英國之煉銻法卽利用鐵者也。在平常煉爐熱度，僅用碳素，不能使銻還原。

553. 商品銻

銻及其生產物商業上均有特別名稱，非從事該業者難於分別，茲解釋於下：

生銻(crude antimony)：非指不純之銻，乃熔離所得之硫化銻也。

針錒 (needle antimony): 此名即亦施於熔離所得之硫化錒。

勒究拉斯錒 (regulus of antimony): 為商品之金屬錒, 含有少許之硫及他雜質。

星錒: 為精煉錒中之最佳者。市上之星錒常含少許之鐵, 硫, 及鉛, 間亦含少許之砷及銅, 此等雜質能增加錒之藍色程度。最上等星錒, 含錒 99.6%。今列其兩種之成分於下:

Sb	99.450	99.690
S	0.069	0.075
Fe	0.190	0.070
Pb	微量	0.081
As	0.265	微量
SO ₂	微量	0.008
	99.974	99.924

他種牌子, 含錒不過 99%, 或尚不及此數。

購者對於錒樣之價值, 不由分析之結果定之, 常由其外觀估之。錒之佳者, 須具下列之三種特性:

- (1) 星狀須粗壯顯明, 現於錒面, 其凸起之稜鋒銳而直。
- (2) 錒之本體須色白有光澤, 不可暗晦如鉛。

(3) 斷面之結晶須大,晶面不可有斑點,因斑點為硫所成,大有害於銻也。

第三層對於銻值,比第一第二兩層尤為重要。

554. 用途

銻性脆,工業上不能單獨使用,故常取以製合金,其氧化物,硫化物則用作顏料,法意兩政府曾證明其無毒,勝於含鉛顏料,他如製硬橡皮,醫藥,瑛瑯質等亦用之。

555. 合金

銻易與多數他種金屬成合金,但構成工業上合金之主要成分者甚罕,因凡合金含銻過30%,即失其有用之物理性質也,加銻於他金屬,不論多寡,其脆性即增,換言之,即展延性減弱也,若分量得宜,亦能生有用之性質,例如鉛錫合金得銻,則凝固時有膨脹性,宜於鑄活字,筆畫清楚。

合金中銻為其主要之成分者為減摩鏢金,活字金,及不列顛金(Britannia metal),半銅半銻名維那金(regulus of Venus),其色黝紫。

556. 礦砂

銻礦砂之最重要者為輝銻礦,其次則方銻礦,如第

六篇所載。他如西班牙等處所產之含錒鉛礦，亦為其間接來源。

557. 由礦砂中取錒

由礦砂中取錒，僅用乾法，若濕法及電解法於工業上尚無若何之成績，茲類別乾法如下：

(1) 熔離法 (liquation process)，使硫化錒與廢石分離而得生錒。一指不純化錒

(2) 沈澱法或鐵還原法 (precipitation or iron-reduction process)，將成分高之輝錒礦或熔離所得之生錒加以提煉，使成勒究拉斯錒。

(3) 烘焙法或揮發烘焙法 (roasting or volatilizing-roasting process)，處理成分低之輝錒礦，使生四氧化二錒或三氧化二錒。

(4) 將上法所得之氧化物或氧化錒礦砂還原為勒究拉斯錒。

(5) 將不純之金屬錒精煉成星錒。

558. 熔離法

此法常行於遙遠之區，使不純之硫化錒礦砂成分增高，然後運至煉金屬錒之處，藉以減輕運費，但錒之損失極大，熔離後之渣有含錒 15% 以上者，故除特別地方

外,可決此法將來必行廢除,然所成之生銻,現在英美諸國甚為暢銷,若此種需要一日不減,而價值又尚相宜,則此法終當存在也。

含硫化銻90%以上之礦砂,不須熔離,逕可磨碎出售,製為塗飾料,或用英國法直取其銻,若含硫化銻在90%以下,40%以上,則用熔離法處理之。

硫化銻之熔點甚低,似易於施用熔離法,然實際上仍覺困難甚多,第一即熱度之節制頗不易也,高過於熔點,硫化銻揮發,所得之物,不現深鐵灰色,而現紅色,為市場所不歡迎,難於售脫,過低則又渣中殘餘硫化銻甚多,損失復鉅,當熔離時,礦砂之塊,以大如胡桃或榛子為宜,礦砂散佈於廢石之內,或中雜氧化銻者,不可用常法熔離,因氧化銻與硫化合成銻玻璃,使全體膠結也,此等礦砂,須和粗顆碳素裝於熔離罐內,其上面加蓋碳素,泥封罐蓋而熔離之,凡成分高之礦砂均可用此法,但須嚴隔空氣,免三氧化二銻發生,而招損失耳。

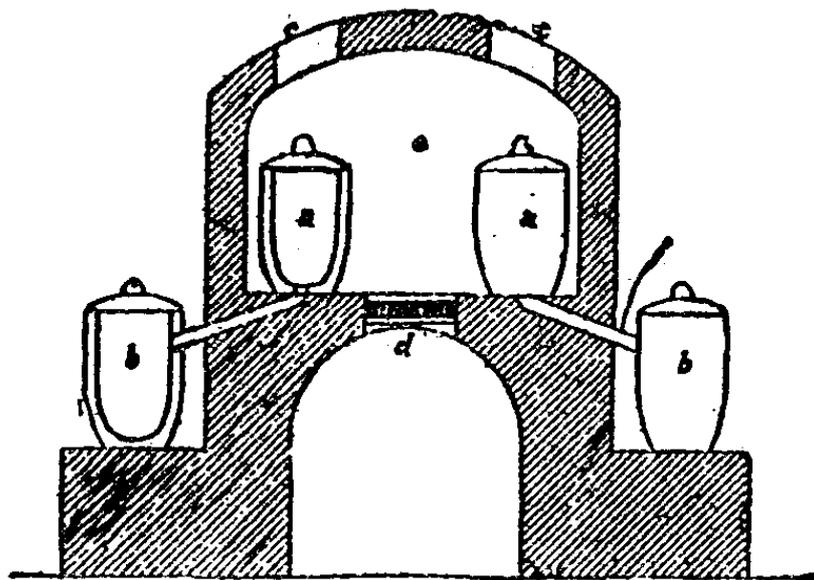
本法可分為三:

- (1) 用罐(pots).
- (2) 用管(tubes).
- (3) 用反餞爐.

以上三法,按人工燃料之貴賤,而擇一以用之。

(1) 用罐 罐形略如坩堝,爲火泥所製,容受礦砂約35至70磅,底部穿孔,其蓋密合,受器亦爲火泥製,形亦如之。第124圖爲匈牙利所用之爐,罐,及受器。罐成行列於火之兩旁,受器在爐外,用泥管與罐相聯。罐熔離礦砂數次,受器始傾瀉一次。然受器中之硫化銻,有凝固之傾向,不便傾瀉,於是將受器直放於罐下之空處,而將罐安於穿孔之火泥瓦上者。置受器之空處,裝有活門,可以關閉,保受器使不冷。

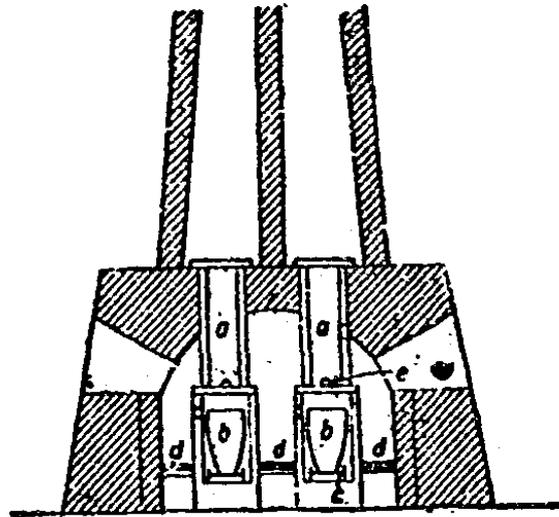
此種爐如建築得法,所得之硫化銻較下所載之管爐爲多,而揮發之損失較少,然時作時輟,不免多耗人工燃料也。



第124圖 用罐熔離

a 罐 b 受器 c 爐中空處 d 生火處

(2) 用管 此法法國昔日用之,近則改用赫倫士密特法矣,第125圖示舊式管爐之形,每爐有四管,安於穿孔之火泥瓦上,於三處燃火熱之,熔解之硫化錫穿瓦孔而入於下方之受器中,受器載於四輪車上,易於推行,火燄



第 125 圖 管 爐
 a 管 b 受器
 c 四輪車 d 生火處
 e 出渣孔

之一部穿至受器,保硫化錫不凝,礦砂由管頂啓蓋注入,渣滓由管脚缺孔耙出,熔離時管蓋及出渣孔均行密閉,每管每次入礦砂4-5英擔,熔離需3小時。

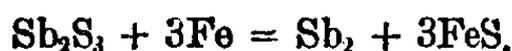
此法較用罐揮發之損失為大,僅能取得礦砂中一半之硫化錫,然人力及燃料均耗費較少,且能繼續工作。

(3) 用反燄爐 此法僅少數工廠行之,其困難之處,在於熱度難於節制,且爐中之空氣不能保有還原性,常有過量之氧氣存在,易生揮發之 Sb_2O_3 及不熔之 Sb_2O_4 。爐之形與普通反燄爐無大異,惟牀甚深,出砂孔位於一旁,若用熔離錫之爐,收效較好,然揮發之損失仍多,渣中亦常餘10-15%之錫,數其長處,僅燃料,人力,及修理之

少費耳。出爐之生銻，鑄錠出售，其色應帶藍而不可稍帶紅，且斷面須呈明顯之放射狀。所含雜質為硫化鐵，間亦含硫化鉛硫化砷，後二者為害殊甚。

559. 沈澱法或鐵還原法

本法名鐵還原法者，因硫化銻為鐵所分解，生下之反應也：



僅適用於成分高之礦砂及熔離所得之生銻。或用坩埚，或用反餞爐；用坩埚者名英國法，然英國亦用反餞爐。今略述坩埚沈澱法如下

560 坩埚沈澱法

煉爐為反餞式，其兩端各有一生火處，所生火餞匯至爐牀中央，共入一煙道。牀並生火處共長54呎，寬7呎4吋。爐頂隆起而矮，上蓋鐵板，頂腳之低，幾達地面，而爐牀則竟在地面之下。頂上開孔四十有二，每邊各二十有一，坩埚由此出入焉。坩埚用火泥石墨混合製成，高20吋，徑11吋。所煉礦砂不可含鉛及砷，因其不能除去也。煉之先將礦砂或生銻研碎過篩，其最大之顆粒約如榛子，加以分析，以定所需鐵量之多寡。熔煉分三段進行：

第一段硫化銻還原： 如礦砂含銻52%，則每坩埚

所容如下：

42磅礦砂，

16磅熟鐵屑，用碎洋鐵最好，

4磅食鹽，

1磅第二段所得之熔渣。

先置坩堝於爐，將礦砂，食鹽，熔渣，及3磅之鐵屑混和，用漏斗注入，其餘之13磅鐵屑則鑄成一球，置於混合物上，閉爐煉之。混合物既熔，漸將鐵屑球吸收，鐵分解礦砂為銻，而自身變成硫化鐵，與他廢物合成熔渣，浮於表面。食鹽可以助熔渣之分離，且可使礦砂中之雜質易熔。當進行時，各坩堝頻加以視察，至必須之候，用鐵桿將鐵屑球按入銻內，熔煉之久暫，視坩堝在爐中之位置以為差，平均計之，每坩堝12小時可煉礦砂四次。對爐頂缺口處正當各坩堝之上，置一有蓋之生鐵模，足容受一坩堝之銻及熔渣。礦砂煉成，取出坩堝盡傾入模，立時加蓋，復送還空坩堝入爐，銻面熔渣，則於退冷時敲去。所得之銻，名曰單銻(singles of antimony)，其成分約如下：

Sb	91.63
Fe	7.23
S	0.82

其中含鐵甚多者，因煉時欲礦砂還原得法，不能不

加過多之鐵屑故也,於是用第二段之法以去之,

第二段: 混合物之配合爲

84磅鎚碎之單銻,其顆粒大如鋪路石子,

7-8磅生銻,

4磅食鹽.

熔煉須十分注意,務使單銻與硫化銻完全混和,然不可用鐵器過於攪拌,反攪鐵入銻,熔煉既足,撇去上面之渣,傾銻入模,是名星球(star bowls),其成分約如下:

Sb	99.53
Fe	0.18
S	0.16

表面撇去之渣內仍含銻,併入第一段礦砂煉之.

本段之反應與前段同,即單銻中之鐵與生銻中之硫化合,生金屬銻及硫化鐵也,第一段加過量之鐵,俾礦砂中之鐵還原;本段則加過量之硫化銻,化去單銻中之鐵,此星銻中所以有硫存在也,欲去盡此硫,須行第三段之法.

第三段使具星形(starring): 本段之目的,不僅欲將硫去盡,且須鑄銻爲圓餅圓板,使其表面具有星形,便於銷售,法將星球之渣完全刮淨,敲成小塊,送入坩堝中熔之,每坩容星球84磅,需銻熔劑(antimony flux) 8磅之

譜,所謂銻熔劑者,三份碳酸鉀及二份生銻熔合所成之物也,當星球開始熔時,即將銻熔劑如數加入,至完全熔解,又將鐵桿攪之,隨即傾倒入模,惟傾時須讓坩中熔渣先充滿模內,然後及銻,否則銻與冷模相觸,且表面未蓋熔渣,決不能發生星形也,揮發之損失達10%之多,然尚不及用反餞爐揮發之數,欲行收集,須另建適宜之凝集室爲之。

此法之缺點,在於耗人工,燃料,及坩埚甚多,而每次又不能處理多量之銻。

561. 用反餞爐沈澱法

沈澱法困難之處,在銻與硫化鐵比重相差不多,熔時難於分離,而尤以用反餞爐爲甚,欲除此害,須加入蘇打灰,鹽餅 (salt cake, 內含硫酸鈉), 及食鹽諸助熔劑。三者之中,以鹽餅爲最好,因其與碳素化合發生硫化鈉,轉轉與硫化鐵化合成比重較低之易熔渣也,現在歐洲所用之爐,形式太古,似不若改用煉銅小反餞爐,牀深而斜向一邊之出砂孔者,銻之出爐,宜放瀉,不宜挹取,據包特納氏 (Pautrat) 之言,法國美延 (Mayenne) 地方用沈澱法甚有效,所煉礦砂含銻約50-60%,法分二段:

(1) 和熟鐵屑熔解,使成生銻。

(2) 精煉生銻,使所含之雜質低至0.5-0.8%。

第一段還原熔解(reduction fusion): 所用之反餞爐,牀長約10呎,寬約4呎,生火處位於爐之一端,容積甚大,他端有兩灰室,高6呎,寬4呎,此等灰室之有用與否,尚屬疑問,因其中熱度頗高,以理揣之,氧化銻當不能凝集也,爐既生火,先傾入易熔渣與碳酸鈉之混合物,繼之以成分高之礦砂,其內亦和有碳酸鈉增高熱度,直至熔融,用鐵桿攪拌,斯時礦砂內二氧化硅及他雜質變成熔渣,撇出爐外,表面既淨,即取刮去錐鐵之破洋鐵筒或他廢鐵屑加入攪和之,再增熱度,俾礦砂分解,金屬銻沈於下,硫化鐵與鹼所成之渣浮於上,依法再添礦砂及鐵屑,行之不已,至爐中熔質漲至爐旁工作門為度,先用長瓢搨出表面之硫化鐵熔渣,傾入鐵罐,嗣搨出下面之銻,鑄之成錠或餅,計每3小時所搨出之銻約660-770磅,與下列之混合物重量相當:

992磅成分高之礦砂(含銻50-60%),

330磅曾經淘洗之細礦砂(含銻約45%),

44磅第二段所得之熔渣(含銻約20%),

44磅碳酸鈉,

529磅鐵屑.

煉之得法,出爐之粗銻(coarse antimony)含鐵不過

1-2%，否則多至5%。茲列代表樣銻之成分如下：

Sb	94.42
S	1.95
Fe	2.75
Pb	0.22
As	0.54

初次撇出之二氧化矽渣，含銻約1-2%。二次所摺出之硫化鐵渣，含銻6-7%，有時亦多至10-12%。硫化鐵中之銻為硫化銻，若爐中之熱度不足以使金屬銻完全分離，則其中又雜有金屬銻顆。

第二段精煉熔解 (refining fusion)：所用之爐與上段同，但較小耳。將粗銻送入熔解，上面蓋以薄層含碳酸鈉甚多之易熔渣，防其氧化。嗣加強熱少頃，使雜質上浮於面而摺去之。又取氧化銻碳酸鈉，及少許煤所成之混合物加入，蓋覆其上，繼續熔煉。時時取少許之銻傾於模內，其上蓋熔渣，漸俟其冷，察錠面有無星形，以定火候之已否成熟。如已成熟，摺銻出爐，鑄成重45磅之錠。惟傾時須先注若干之熔渣入模，然後及銻，如前所論。所得星銻，約抵礦砂中所含者之80%。

582. 烘焙法

宜於烘焙之物爲含輝銻礦不多之礦砂,熔離法所得之渣滓,及含氧化銻之輝銻礦,此等物一經烘焙,即發生不揮發之 Sb_2O_4 , 或能揮發之 Sb_4O_6 , 視所處情形而爲差,若目的在焙取有揮發性之 Sb_4O_6 , 則名爲揮發烘焙法。

563. 單純烘焙(Simple Roasting)

目的在取得不揮發之 Sb_2O_4 , 輝銻礦於 $350^\circ C$. 時通過量之空氣焙之,則生 Sb_4O_6 . 其一部分更行氧化爲 Sb_2O_5 . 此 Sb_2O_5 與 Sb_2O_3 化合而成 Sb_2O_4 . 若礦砂含有他金屬之硫化物或氧化物,則烘焙時與銻化合成銻酸鹽,輝銻礦之烘焙爲冶金術中最難之事,因 $350^\circ C$. 之熱,難於保持不變也,熱度過低,礦砂之氧化不能完全,而發生銻玻璃,過高,礦砂又易於熔結,空氣不能透入中央,且 Sb_2S_3 及 Sb_4O_6 皆起揮發而致損失。

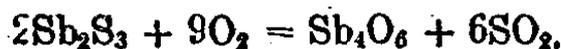
所用之爐形式甚多,然莫佳於用手工作之烘砂反篋爐,大小適宜,備有赫倫士密特氏或沙提永氏之凝集器者,煉坑之大自長40呎,寬7呎6吋,至長26呎,寬6呎6吋不等,然有長僅10呎,寬6呎6吋者,爐之長者較短者爲佳,因火熱能保持齊一,而礦砂入爐,初在離火坑最遠之處,漸移至火橋最熱之處,氧化已足,熔結及揮發之

害爲之減少,且能繼續工作,不似短爐之間歇也,惟是烘焙進行仍多困難,每24小時中常僅能焙砂 20-25 英擔,又因礦砂含有雜質,及工作上之不規則,焙成之物,不僅爲 Sb_2O_3 , 且含銻玻璃,硫化銻,及他金屬之銻酸鹽,砷酸鹽,硫酸鹽等,可用揮發烘焙之三氧化二銻還原法使成金屬銻。

烘焙之損失約 5-8%, 若烘焙時空氣不足而發生 Sb_4O_6 , 則損失更增。

564. 揮發烘焙

熱三硫化二銻至適宜之度,而空氣又加以限制,則生揮發性之三氧化二銻,可以收取於凝集器中,此揮發烘焙應用之原理也:



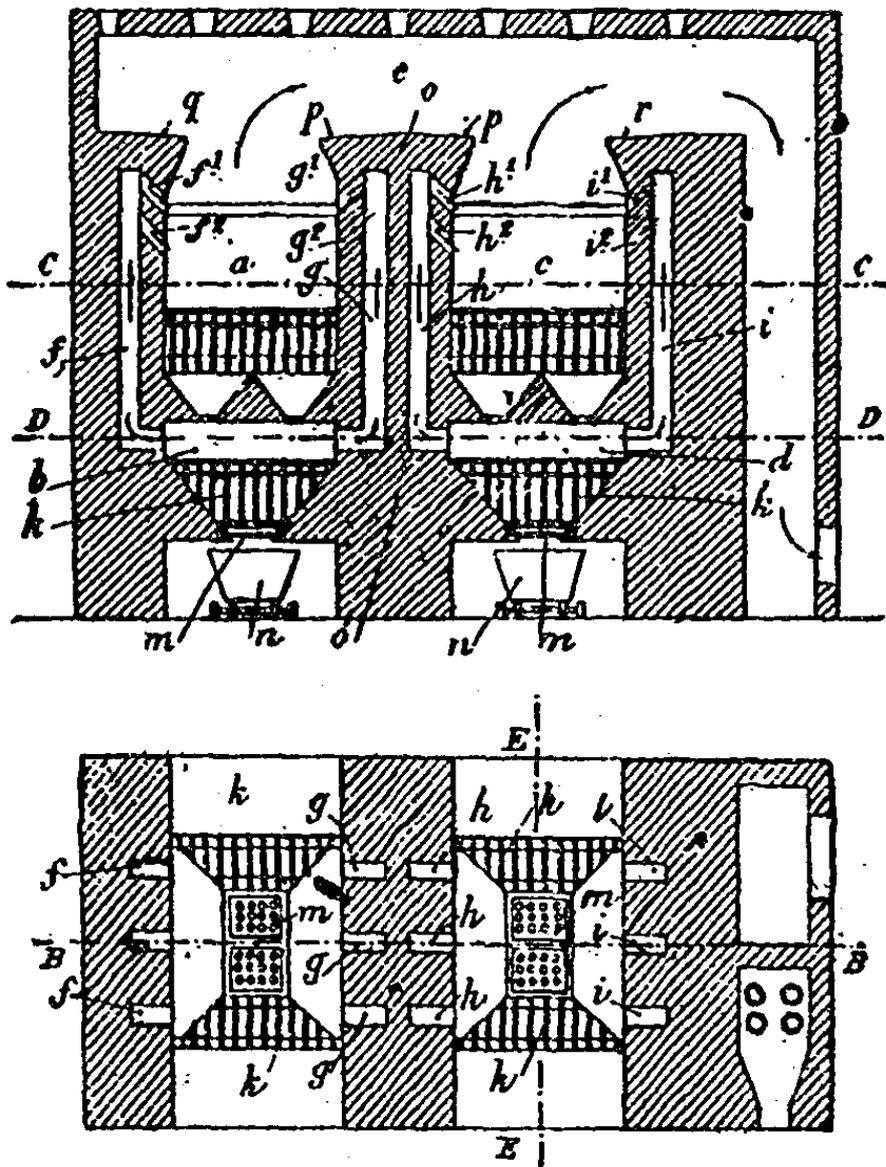
法分數種,在法國以沙提永(Chatillon)及赫倫士密特氏(Herrenschmidt)所計畫者爲最通行,數其優點有六:

- (1) 砷與銻分離,因 As_4O_3 較 Sb_4O_6 更易揮發也
- (2) 礦砂含銻僅 7-20% 者,仍可烘焙之獲利。
- (3) 銻之失耗少。
- (4) 燃料之耗費低。
- (5) 礦砂中所含之金,銀,於烘焙後大部分存於渣

滓之中。

(6) 烘焙所得之 Sb_4O_6 ，可直接煉成金屬銻，或以之製造顏料。

用昇華法處理成分低之銻礦砂，為沙提永氏所發明，然赫倫士密特氏競爭其名。



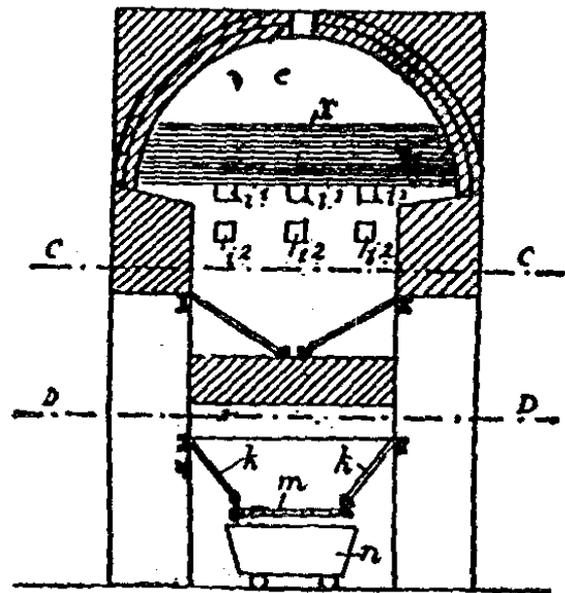
第 126 及 127 圖

565. 沙提永法 (Chatillon Process)

沙氏於 1908 年曾將其法披露於英國之礦業雜誌 (Mining Journal), 今撮要於下:

爐式: 爐為直角形, 其中之焙爐有四座, 分列兩層, 如第 126 圖之 *a, b, c, d*. 上兩爐共通於煙道 *e*, 所生之煙由此達於凝集機內. 介於此兩爐間之牆, 其頂部向外開展, 構成一臺, 承受注入之礦砂. 兩爐他面之牆, 其頂部亦開展, 目的正同, 諸牆之間均有垂直煙道, 與下層之兩爐通. 下兩爐之形如斗, 兩面為傾斜之鐵桿排成, 他兩面則為甌砌, 其底用穿孔之厚鐵板閉之, 啓板則殘渣墜入下方車中. 下層之職務, 在承受上層之殘渣, 使未變之硫化錫完全氧化, 且提取其 Sb_2O_3 , 同時使殘渣退冷, 又加熱由 *f, g, h, i* 穿入上層之空氣.

凝集器有熟鐵片所製之桶, 其中冷水穿行不息. 桶置於房內, 房分若干部, 每部各置一桶. 礦煙之經過, 須使觸及桶之全面而退冷之. 房之出口安有吸扇, 吸引礦煙入於一行之鐵管, 更加退冷, 或直送



第 126 圖

入濾室或袋房 (filtration chamber or bag house) 中,袋爲粗棉布或毛布所製,徑 1 呎 8 吋至 2 呎,長 26-36 呎,其懸挂之法與收集銻白之袋房同。

沙氏法之特點如下:

- (1) 能處理細礦砂。
- (2) 能利用礦煙一部分之熱。
- (3) 用袋房濾隔礦煙。

進行次序: 礦砂與燃料互隔成層,燃料以焦煤爲最佳,而木炭亦可用,礦砂或爲碎塊,或爲細灰,粉注於爐牆之 pp 臺上,硫化銻遇熱熔離下滴,分入上兩爐內,與 f^1, f^2, g^1, g^2 及 h^1, h^2, i^1, i^2 穿來之熱空氣相遇,氧化揮發爲 Sb_2O_3 。迨牆上氧化銻熔離將盡,將殘渣推落入爐,俾烘焙完全,出爐之礦煙,用吸扇吸入凝集室,但入室之先,其高熱可利用之以熱熔離爐或他煉爐,亦可爲烘乾礦砂諸物之用,礦煙入凝集室穿過水面,熱度降低,由吸扇直送入袋房,或穿過鐵管後方行送入,其熱度總須減至 $100^\circ C$ 左右,免傷及袋,焙得之氧化物含 Sb_2O_3 98-99%,煉過之渣,啓下層兩爐之底,放瀉入車。

566. 赫倫士密特法

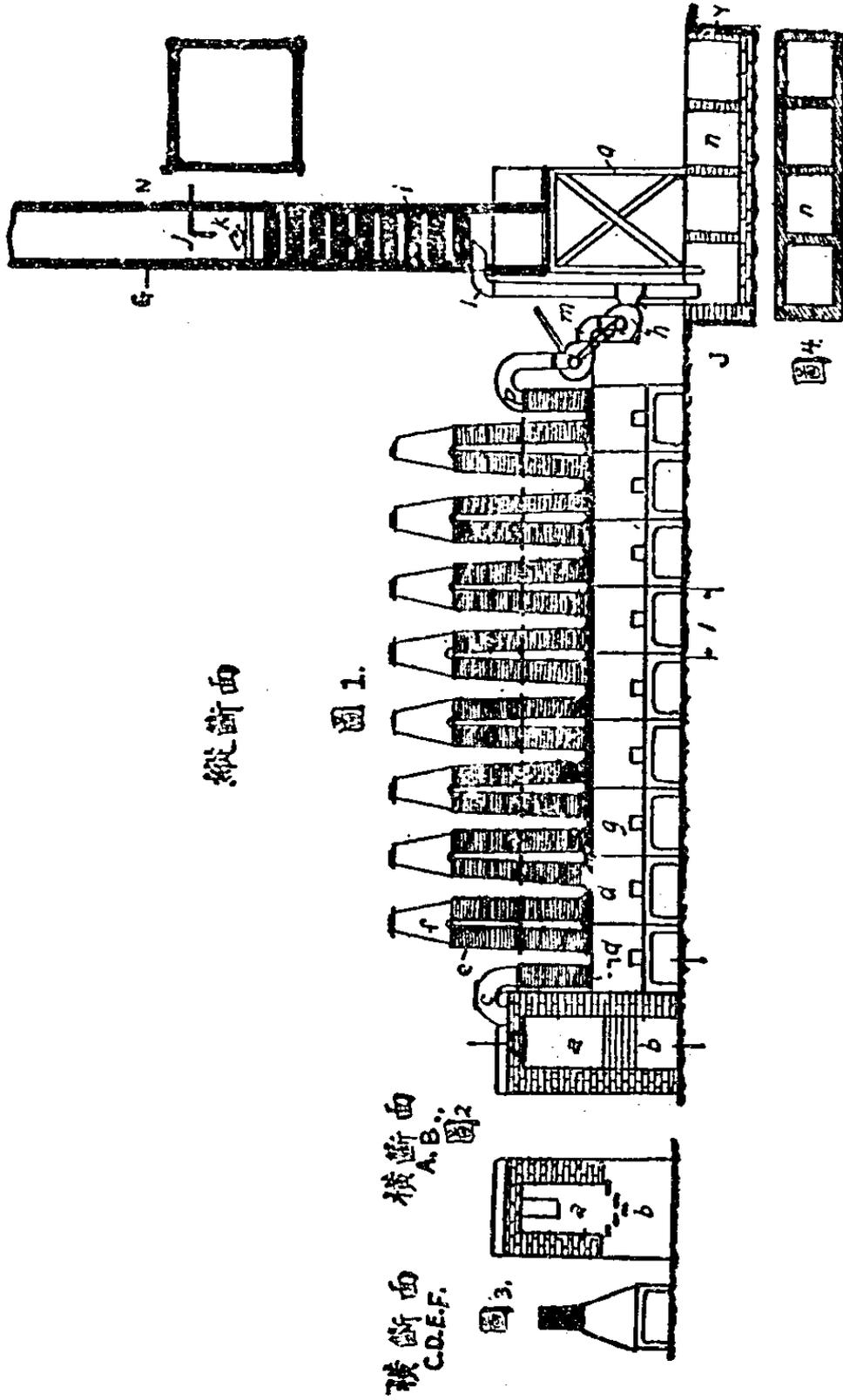
所用機器爲氧化烘焙爐一座,鐵製之退冷凝集管

一行,位於收集室之上,吸扇一具或數具,及焦煤塔一座。

a 爐(第129圖)爲火甌所砌,成直角形,爐橋爲鐵條 b 排成,作階級形,爐頂之一邊有缺口,由該處裝置鐵管 c, 引火氣至凝集機內,機有一行之垂直或略斜之鐵管 e, 立於生鐵房 d, d 上,管鐵起皺,或安有水平之翅以增大退冷面積,管尾裝置吸扇二具,助火氣之流動,並送火氣入中實焦煤或瓷器之木塔中, j 管由塔頂注水,由 k 分散之,塔底有甌砌之沈落池 n, 分作四部,以承受塔中下注之水,並收集水中所含之氧化銻。

進行次序: 礦砂之大小自 $\frac{1}{3}$ 至 $1\frac{1}{2}$ 吋,和以適量之木炭或焦煤,過細之礦末則先行篩去,壓之成塊,方使入爐,含銻 20% 之礦砂,需木炭 4%, 焦煤則比 4% 而略少,爐中之空氣因碳素之存在,其氧化性不甚猛烈,以故硫化銻不變爲 Sb_2O_4 而爲 Sb_4O_6 , 隨火氣揮發,穿 c 管出爐,入於第一凝集室,該處所收得之氧化銻極不純淨,約夾有 23% 之礦灰及燃料灰,火氣由第一凝集室穿入他凝集管及凝集室,則所沈下之氧化銻漸純,終則火氣過吸扇上昇焦煤塔,遇下注之水,凡未經凝集之氧化銻均凝結沖洗而下,入於下方之沈落池中。

第129圖之爐每24小時能焙含銻 20% 之礦砂 $5\frac{1}{2}$ 噸,耗木炭約 4%, 焙過之渣經兩次試驗結果之平均,約



第 129 圖 蘇 倫 士 密 特 爐

縱斷面 J, Y.

含銻 1.3%。銻之失耗，約為礦砂中之銻 10%，但行兩試驗時，凝集機中之氧化銻未曾完全掃出，否則銻之失耗，當不過 5% 耳。據 王龍佑氏 之言，此爐焙銻礦所得之氧化銻與礦砂中之銻相較，總不致低於 90%。對於礦山直接送來之礦砂含銻 10-15% 者，每 24 小時可焙 6 噸，耗焦煤 4-5%，或木炭 6-7%。若礦砂含銻 18-20%，則同一時間，可焙 $4\frac{1}{2}$ 噸，耗焦煤 5-6%，木炭 7-8%。

567. 煉氧化銻還原為金屬銻

將單純烘焙法所得之 Sb_2O_4 ，及揮發烘焙法所得之 Sb_4O_6 ，加和碳素或鹼類，送入反燄爐煉成金屬銻。此時助熔劑實不可少，因 Sb_2O_4 與碳素混合熔煉，祇一小部分還原為金屬銻，而大部分變為 Sb_4O_6 揮發去也。常用之助熔劑，為碳酸鈉，硫酸鈉，及食鹽。此數者能將銻質變純，又能將廢物化為易熔之渣，掩護銻面。至硫酸鈉更有特殊功用，因其與碳素化合為硫化鈉，能將氧化物中之硫化銻溶解，並能使他金屬之化合物變為硫化物，併入熔渣除去之也。

熔煉用小反燄爐，若烘焙 Sb_2O_4 之礦砂成分不高，或所煉者為劣等氧化礦砂，亦可用鼓風爐。

法國煉氧化銻為金屬銻之工業，規模較他處為大，

然所用之爐甚小,其與普通反餞爐不同之處,僅在煉坑之加深耳,坑長 8 呎,寬 5 呎,或長 10 呎,寬 6 呎,用火甌砌成,或火甌之上更加一層黏土之工作底,其勢向長邊之出砂孔傾斜,工作門常在相對之他長邊,亦有在爐之前面者,承受銻之生鐵罐,則置於出砂孔之近處,爐之煙道與凝集室或凝集管相聯,收集揮發之銻,其量常甚多。

進行方法: 將焙過之礦砂與氧化物礦砂混合煉之,其與助熔劑木炭配合之法,視二者之成分及雜質之多寡性質為定,茲列普通之數如下:

100 份混合礦砂,

10 份碳酸鈉,鹽餅,及食鹽所合成之助熔劑,

10 份硬木炭,

20-25 份熔渣。

爐熱至適宜之度時,將配合物投入熔解之,或先投助熔劑入爐,俟其熔解,再將混合礦砂分若干次加入,用鐵桿攪拌,熔煉既足,任其沈定,放瀉銻及熔渣入爐前之罐或模中,二物既凝,將渣敲去,送銻入精煉爐再煉之,因礦砂原含砷鉛等雜質,熔煉時有一部還原混於銻內,使之不純,此所以需精煉也。

揮發烘焙所得之 Sb_4O_6 , 其中含有 Sb_2O_4 及 Sb_2O_5 , 其還原之法與上相同,煉成之銻甚純,常不須精煉,即可鑄

成星銻,惟出爐之先,須注入盛有熔解銻熔劑之坩堝內,然後合傾入模俾熔劑掩覆其上而退冷之,否則不結晶形。

用鼓風爐還原氧化銻或熔離渣之煉廠不多見,且均有含棄之趨勢,如所煉者為熔離渣,須和入鐵質,以分解硫化銻。

568. 精煉不純之銻

用坩堝精煉不純之銻之法,英國通行,已於前述及矣,在法國大煉廠則獨用反餽爐,其進行方法如前沈澱法中之精煉熔解法。

569. 濕法提煉銻砂

其法甚多,所用溶劑為鹽酸,三氯化鐵,硫化鈉,硫化鈣,及氫氧化鈉,然均在試驗期間,未有正式工廠也。

570. 電解法提煉銻砂

其法甚多,就中以波歇斯氏(Borchers)所計劃者為最有希望,然亦未建廠實行,法將礦砂中之硫化銻用硫化鈉液溶之,變為 Na_3SbS_3 , 盛於鐵桶中,以鉛片為陽極,鐵片及鐵桶之鐵為陰極,通電流分解,然溶液中常有鐵

存在,故電流通時,沈澱之粉末狀銻內,常雜有沈澱之硫化鐵,須用前沈澱法中使其星形之法去之。

第二十四篇

砷及鉍

砷

571. 砷之物理性質

砷 (arsenic) 色鋼灰,光澤頗強,有結晶與不結晶之二種,結晶者成斜方六面體形,為市中常見之品,當揮發之砷凝集於受器中,器之熱度與揮發砷之熱度相近,則結成此形,在空氣中不易氧化,故優於不結晶者,不結晶之砷係深灰色之粉末,當凝集器之熱度高於揮發之砷,或揮發砷中混有 H_2 , CO , 及 CO_2 等氣,則成此形,在空氣中易於氧化,製砷之化合物多用之。

比重:結晶者 5.73, 不結晶者 4.71.

原子量: 74.96.

於平常情形熱之,直接由固體變為氣體,作強蒜臭,若置於固閉器內熱之,俾受壓力,則成液體,砷之揮發度為 $450^{\circ}C$.

572. 砷之化學性質

結晶者當平常溫度時,在乾空氣中不起變化,在濕空氣中則否,熱於空氣中,燃燒而成 As_4O_6 .

砷與鹽酸之作用甚弱,惟易溶於硝酸,王水,或鹽酸與氫酸鉀之混合液中,強硫酸亦能溶砷,發生 SO_2 .

砷和硝酸鈉或硝酸鉀燒焙,發生砷酸鹽。

573. 砷之氧化物

有三氧化二砷 (As_2O_3) 及五氧化二砷 (As_2O_5) 之二種。

三氧化二砷又名白砒(white arsenic),有晶狀與非晶狀之不同,新製之非晶狀三氧化二砷,透明如玻璃,故又名砷玻璃(arsenic glass),留存若干時,則變為不透明之結晶狀,二者均能略溶於水,但非晶狀者較晶狀者為易,揮發度約 $20^\circ C$. 和木炭燒之,則還原為金屬砷而揮發。三氧化二砷之最大用處為製顏料,巴黎綠(Paris green),農業殺蟲藥,琺瑯質,五氧化二砷,及毀滅玻璃綠色之用。

將三氧化二砷用硝酸氧化,則得五氧化二砷,其鈉鹽印布業廣用之。

574. 砷之硫化物

有二硫化二砷 As_2S_2 (雌黃為其自然產),三硫化二

砷 As_2S_3 (雄黃爲其自然產),及五硫化二砷 As_2S_5 之三種,工業上均不甚重要。

575. 合金

工業上無重要含砷之合金,然加少許於他金屬,足以發生特殊性質,如含砷 0.3-0.5% 之銅,宜於製汽車上之銅火箱甲,又打獵用之鉛彈中,亦加少許之砷,使其易圓。

砷與鎳,鈷,鉛,鐵等之化合物名斯派斯,其內常含金,銀。

標準斯派斯

	鎳斯派斯	鎳鐵鉛斯派斯	銅鉛斯派斯
砷	34.07	20.10	12.98
鐵	10.06	51.00	5.54
鉛	—	10.10	26.11
銅	—	1.25	44.56
鎳	52.58	14.90	0.71
鈷	3.28	—	1.63
硫	1.01	1.02	2.86
銀	—	0.05	0.13
銻	—	—	5.21

576. 砷礦砂

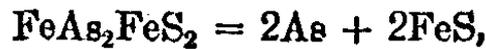
砷礦砂分佈地球上甚廣,然產額足供開採者不常見,重要礦砂具載於前第六篇中,除正式礦砂而外,如砷化鎳鈷礦,錫礦,銅礦,及煉廠煙道中之灰,亦均為其來源。

577. 煉砷

煉之目的分金屬砷,白砷,紅色硫化砷,及黃色硫化砷之數種。

578. 金屬砷

煉法將毒砂或砷鐵礦置於火泥管內燒之,管長 2 呎 6 吋,徑 6 吋,各裝火泥製之凝集器一枚,管口置螺旋形鐵片,半入管中,半入凝集器中,若干管排列二行,置於長方蒸溜爐內,爐形與比國煉鋅爐相似,但甚小耳,初煉時有若干之硫化砷昇華,暫不加凝集器,須至管中有金屬砷放出時,方始套上,欲硫化砷之揮發減低,有加氧化鉀或生石灰於礦砂中者,凝集器之較熱之部及螺旋鐵片上,均結有光亮鋼灰色之結晶,其較冷之部,或砷煙內混有他種氣體,則所凝之砷為易於氧化之深灰色粉末,不便銷售,祇可製砷之化合物,煉爐既冷,解鬆鐵片螺旋,收集其砷,約略計之,礦砂 350 尅,於 8-12 小時之久,能於鐵片螺旋上產生金屬砷 75 尅,受器內產生硫化物 12 尅,理論上之反應如下:



然實際上渣中餘砷甚多,可以之製煉白砷。

579. 白砷

將毒砂,砷化鐵礦,及含砷之銅礦,錫礦,用氧化烘焙法處理之,則砷氧化成白砷,揮發而出,凝集於煙道及凝集室中,煉爐熱度不可高過揮發白砷應需之熱,所用之爐,爲

(1) 反餞爐,牀長 20 呎,寬 6 呎,兩牀併列,工作門僅在牀之一邊,工人將爐後注入之礦砂,漸撥向火橋之一端。

(2) 不倫頓焙爐(Brunton calciner),爐頂係甌所砌,牀作圓形,徑 12-16 呎,面鋪火甌,每小時旋轉 5-10 次,當牀之上方有三生鐵架,直達於頂,架上裝生鐵耙,形勢傾斜,蓋牀旋轉時欲中央注入之礦砂,遇耙則翻動移向四周,而下落入下方之空室也,火熱由牀相對邊之兩爐供給之,每爐 24 小時可焙普通礦砂 4-5 噸。

(3) 奧克斯蘭德培爐,形如圓筒,礦砂出入繼續不停,焙砷砂用者常爲熟鐵所製,長 25-30 呎,徑約 5 呎,內胎火甌,裝縱肋四條撥動礦砂,爐身平臥,一端稍高,火坑則

位於低處，每爐24小時可焙砂20-25噸。

在英之康瓦爾等處，接近爐之煙道長約100-200呎，繼之以一行更長之曲折煙道，其高5呎6吋，寬3-4呎，由是經他長煙道而達於中安隔牆之室中室與煙突相通，各煙道均係磚砌，其較冷之處有用鉛片製而以水退冷之者，凝得之生白砒，約含三氧化二砷70%，送至精煉爐再煉之。

580. 精煉

上法所得之白砒夾有細礦砂及燃料灰，須送入與上同式而較小之反餞爐再揮發之，燃料用焦煤石煤之混合物，然以用氣體燃料為最佳，因其無煙灰污損白砒顏色也，引揮發之三氧化二砷入百呎長之磚砌煙道，沈落其所夾之煤灰及他雜質，然後入於一組之曲折室中室有二組，每組12室，均用磚砌，長14呎，寬4呎，高7呎，此組耙取白砒，他組則用以凝集，兩者互相為用焉，礦煙出室，經總煙道達於煙突以去，將凝得之白砒磨成細粉，分貯於桶，各裝400磅，以便出售，否則製為白砒玻璃，世界所煉之砷，大半為三氧化二砷。

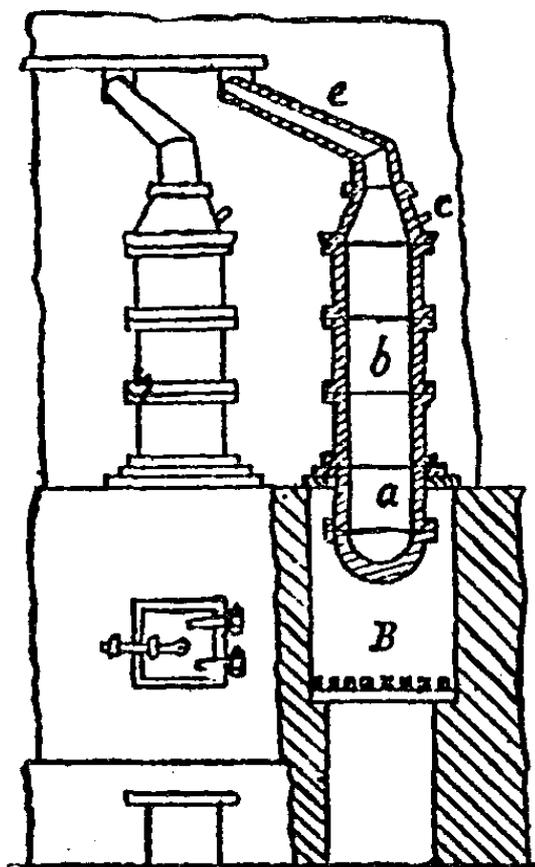
安納康打(Anaconda)之瓦叔煉砷廠(Washoe Arsenic Plant) 收取煉銅廠總煙道所凝集之灰，提煉為三氧化

二砷煙道中之砷由砷銅礦分解而來，每日灰量達10噸之多，最佳者可提得 As_2O_3 3.3-5.5%，所用之爐為不倫頓焙爐，徑14呎，每小時旋轉10次，裝有不動之刀頁33枚，撥動礦砂，煉過之灰，則放瀉入下方車中焙時熱度不高，約為 $480^{\circ}C$ ，所生之三氧化二砷煙穿入長240呎，寬18呎，高7呎之煙道，道中每隔7呎裝有隔牆凝集之白砷即結於隔牆及煙道之上下左右，所得既多，停止烘焙，取出精煉，成分約 As_2O_3 85%，銅4.3%，銀每噸8噸，金每噸0.025噸，精煉用反餞爐，每次可煉6噸，揮發之白砷凝集於與上同式之煙道中，含 As_2O_3 99.8%，磨細後裝桶出售，

坎拿大得羅洛金礦 (Deloro gold mine) 所產之含金石英，雜有甚多之毒砂，其中亦含有金，法將礦砂搗碎，用混餞法處理，取其60%之金其渣滓經選礦桌團聚後，以精化鉀及溴化精處理之，兩次所得之金，共約90%，桌上團聚之砂，含砷約30%，用奧克斯蘭德爐兩座施以烘焙，第一爐長29呎6吋，徑5呎6吋，第二爐長59呎，徑6呎6吋，將第一爐焙過之砂送至第二爐再焙，兩爐所生之煙先引入長1000呎之室，繼之以寬12呎若干曲折之室，白砷即凝結於其中，以時放瀉入下方空處，成分約含 As_2O_3 85%，用反餞爐精煉之，三氧化二砷大半製為白砷粉末，然亦有製成非晶狀之白砷玻璃者。

白砒玻璃為曾經熔解之三氧化二砷，形似無色之玻璃，若收藏過久，則變為結晶不透明，其煉法將三氧化二砷裝於生鐵罐內燒之，罐深2呎5吋，寬23吋，每枚約容白砒275磅，其上套生鐵製或熟鐵製之凝集圓筒三枚，共高3呎2吋，再上為鐵罩，其頂用鉛製，形如圓錐，有管通於凝集室，鐵罐之鐵，不可含甚多之石墨狀碳素，否則一部之三氧化二砷將還原為金屬，致玻璃之色帶灰，凝集器之熱度須留心節制，恰能使昇華之砒熔解成玻璃狀，事畢，任全體退冷，用木槌敲落圓筒中之砒玻璃。

英國康瓦爾昔日置白砒於厚底淺生鍋中而昇華之，上面安錐形鐵罩收集熔解之砒玻璃，但近日英格蘭製砒玻璃甚少。



第 130 圖

白砒玻璃昇華器

- a 生鐵罐
- b 凝集圓筒
- c 罩
- e 管
- B 火坑

581. 雄黃(黃色砷玻璃)

市中出售之雄黃爲白砷與硫黃合煉而成,二物之配合視欲得之顏色以爲定,實則煉成之物,不過白砷與硫化砷之混合物耳,所用之爐,與煉白砷玻璃者相似,在夫賴堡地方,先置2-4 斤之硫黃於鍋底,其上蓋 125 斤之白砷,昇華之物,熔結於受器之壁上,取其既熔者,而將未熔者併入他次再煉之。

582. 雌黃(紅色砷玻璃)

在夫賴堡將毒砂與黃鐵礦混合,送入火泥製之管形曲頸甌內煉之,二物之配合,總使煉得之生雌黃夾有過量之砷,甌之形式,與比國煉錳所用者相似,長 4 呎 7 吋,徑 6 吋,每爐 12 甌縱列三行,進砂之端開口,煉時用火泥加泥封之,昇華之物,凝集於鐵製受器中,一部爲熔解之昇華,一部爲粉末狀,後者入爐再煉,前者則研碎用生鐵罐精煉之,罐徑約 16 吋,深約 23 吋,各入生雌黃 330 磅,硫黃 13-20 磅,時時攪拌,火候既足,撇去表面熔液,啓罐底之塞放瀉入模,冷後研碎出售,爲製煙火及鞣皮之用。

鉍

583. 鉍(Bismuth)

銻色灰白，微帶淡紅，比重 9.8，結晶成斜方六面體，缺乏展延性，質硬而脆，易擊成粉。冷時不為空氣所侵，燒至紅熱，表面結氧化銻之薄皮，至 266° C. 熔融，1100°-1450° C. 揮發，熔時氧化甚速，凝固時所占之容積，較熔時增多 $\frac{1}{32}$ 。遇巨壓比重反低，甚為奇特。易溶於硝酸，王水，及熱硫酸中，熱鹽酸亦能溶之，但不易耳。所成之鹽類遇水分解，發生不溶之鹽基式鹽：



因此易與他金屬分離，含銻之銀和鉛入骨灰杯爐燒之，則鉛先氧化成蜜陀僧，而銻於結局時始氧化為 Bi_2O_3 ，熔成紅櫻色之液體。含銻之鉛用結晶法處理，鉛先結晶，而銻與銀同遺留於未凝之鉛內，因此銻與鉛銀可設法互相分離。硫化銻之天然產者為輝銻礦，能溶於硝酸及濃鹽酸中，燒熔時能熔解甚多之金屬銻，通過量之空氣，則變成三氧化二銻及硫酸銻之混合物。

市上出售之銻含有銅，鉛，砷，銻等雜質，其最大用途為與鉛錫合成易熔金，為鐸器之用。銻 50%，鉛 31.25%，錫 18.75% 所成者，名牛頓金 (Newton's metal)，熔點 95° C. 銻 50%，鉛 24%，錫 14%，鎳 12% 所成者名武德金 (Wood's metal)，熔點更低，僅 66°-71° C. 兩者均能熔於沸水之內。

有於活字金及銅版金中摻入鉍者，蓋利用其凝冷時有膨脹性能顯出模之極細花紋耳。此外製精細測熱表，醫藥，及上玻璃鏡之水銀亦用之。

584. 鉍礦砂

以自然鉍為最重要，有時亦混產於鉛，銅，錫，鎳，鈷諸礦砂中。處理此等礦砂所得之副產物，可由其中取鉍。例如用結晶法提銀之鉛，經骨灰杯熔煉，所生之蜜陀僧，含有氧化鉍。又電精煉鉛銅後之渣及鎳鈷斯派斯，亦均為鉍之來源。

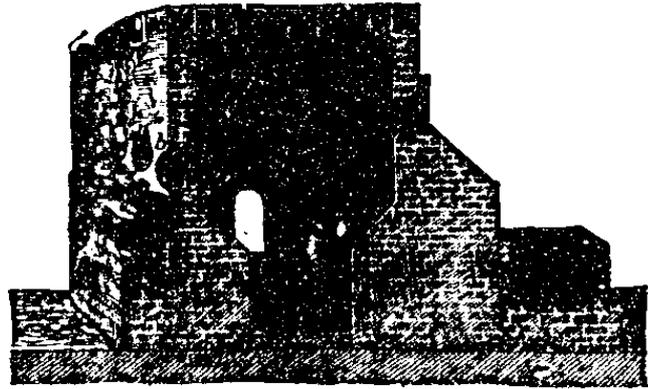
585. 鉍之提煉

分乾濕二法：前者用以處理鉍礦砂，於坩堝或反酸爐內行之；後者用以處理含鉍之蜜陀僧及電精煉鉛銅後之渣滓。

586. 乾法

含自然鉍甚富之礦砂，從前用熔離法處理，現已廢棄不用。其故因此種成分高之礦砂產額甚少，而熔離後之渣滓仍含鉍 5-6%，又須經他法提取也。熔離爐如第 131 圖，煉法將礦砂搗碎，大若桃核，送入斜臥之生鐵圓筒內，燃木柴燒之，每筒容砂約 50 磅。其下端加火泥所製

之塞,中留一孔,爲
 鉍之出路,上端用
 鐵門閉之,燒至 10
 分間之久,鉍漸熔
 解,流入筒外之鐵
 罐中,罐內裝煤屑
 少許,防鉍氧化,並
 生火於甌坑保其



第 181 圖 熔離爐

- | | |
|-----------|--------|
| a 鐵罐 | b 圓筒下端 |
| d 圓筒上端之鐵門 | K 甌坑 |

不凝,當煉時頻將礦砂撥動,助其熔離,經半小時而畢,啓
 上端之門,耙出礦渣,循斜面下落入水,同時另裝生砂,放
 瀉罐中之鉍入模,鑄成重 25-50 磅之條,計圓筒五枚,於
 八小時之間,可煉砂一噸

乾法煉鉍,視礦砂之多寡而有用坩堝或反餞爐之
 不同,煉之時鉍及氧化鉍均易揮發,故爐內之熱度,須求
 適當之低,熔渣之熔點及比重亦然,俾還原之鉍易於沈
 定,欲達此目的,可加碳酸鈉 10-20%, 及石灰氧化鐵各
 若干,石灰能減低熔渣之比重,但所成之硅酸鹽熔點甚
 高,氧化鐵之硅酸鹽熔點雖低,然比重頗高,二者均不宜
 多加。

自然鉍常含氧化鉍及硫化鉍,最適用坩堝處理,攙
 加鐵以奪其硫,攙加木炭以奪其氧,使之分解而還原。

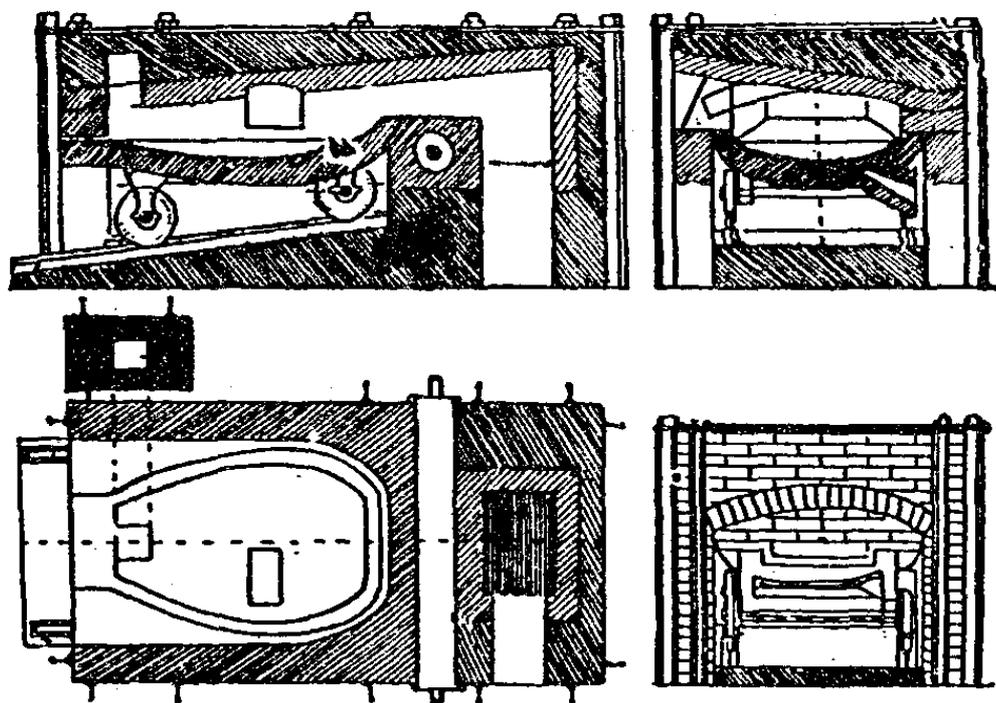
若礦砂爲硫化物或含有砷銻,則須送入長煉坑之小反餞爐中焙之,使氧化鉍變爲三氧化二鉍及硫酸鉍,而砷銻則變成 As_2O_3 及 Sb_2O_3 , 一部揮發,一部變爲砷酸鹽及銻酸鹽,於將畢事時加木炭或焦煤,令其分解揮發。爐之煙道與凝集室聯通,以收集揮發之 Bi_2O_3 。

全含氧化鉍之礦砂甚爲罕見,煉法與自然鉍混和,加助熔劑及木炭燒之,曾經烘焙之礦砂其處理之法亦同,但因含有硫酸鉍,有時且含有砷酸鹽及銻酸鹽,故攙和木炭之外,更加鐵以分解之。

將硫化鉍礦砂加鐵及平常還原劑直接煉之,是名沈澱法: $Bi_2S_3 + 3Fe = 2Bi + 3FeS$, 然所生之熔渣易侵蝕坩堝及反餞爐之煉坑,故不若先行烘焙而後熔煉之爲愈也。

587. 坩堝法

坩堝以火泥製成,或攙加 10-20% 之石墨,置於平常坩堝爐中燒之。波歇斯氏曾發明氣爐甚爲適用,內分六室,列成二行,生產爐在其一端,所造之氣由中央總氣道分注於各室中,空氣穿過曾經取出坩堝之空室使之變熱,然後入於他室,助氣體之燃燒。坩堝盛礦砂分置各室內,所用之助熔劑,與反餞爐同。



第 132-135 圖 波 歇 斯 氏 反 酸 爐

588. 反 酸 爐 法

熔解之鈹易於穿過爐甕，故工作之煉坑宜建於鐵盤之內，如第 132-135 圖，為波歇斯氏所計劃者，煉坑純係一鐵盤，內胎厚 $4\frac{1}{2}$ 吋之甕，故不致為鈹所透過，底下安四輪，行駛於軌道之上，須修理時，易於推開，以他煉坑代之，坑下空虛，冷空氣流通不息，保其不致過熱，揮發之損失遂因之減少，煉法先投上次之熔渣若干於爐，燒之使焙，嗣將礦砂和助熔劑加入，俟其熔解，頻加攪拌，礦砂含銅及硫者，煉之時發生曇金，含砷者則成斯派斯，同時一部之銅及砷竄入鈹內，推之礦砂含鉛及錒，則煉成之

鉍亦必含有鉛錫少許。若礦砂之一部爲鹽基式鉍鹽，例如 BiOCl ，則必先和石灰或蘇打灰加水潤濕，調成漿糊狀，烘乾焙之，使氯與鈣或鈉化合，然後入爐，可免 BiCl_3 之揮發。爐中之空氣竭力保有還原性，熱度亦不令過高，焙煉之火候既成，啓開出砂孔，引鉍入模，旋即封閉，將他處之出砂孔啓開，放瀉熔渣。模中之物，居下者爲鉍，居中者爲斯派斯，而曇金居最上。

589. 濕法

由含鉍之蜜陀僧及骨灰煉坑提鉍法：含鉍之鉛，經骨灰杯處理，鉍之氧化幾在鉛全體氧化之後，此時一部之氧化鉍竄入最後之蜜陀僧中，而所餘之金屬鉍，則均混於銀內，此等含鉍之蜜陀僧成分太低，不適於直接用濕法提取，提高之之法，摻加木炭或焦煤送入小鼓風爐煉之，將所得之鉛依法用骨灰杯燒煉，開始所生之蜜陀僧含鉍甚少，棄置一旁，另行焙煉，最後所生者含鉍如不在 20% 以下，方可用溶劑處理之，否則尚須再行焙煉及骨灰杯之處理，總以至少達於 20% 爲度。於是用機磨碎，裝入石器中，注加含鹽酸 15% 之水，用蒸汽熱之，則 Bi_2O_3 及 PbO 變爲 BiCl_3 及 PbCl_2 。前者全成溶液，後者僅一部分溶解，濾取溶液，加碳酸鈉或石灰使其一部分中

和,繼加水沖淡,發生 BiOCl 之沈澱,而餘 PbCl_2 於溶液中:
 $\text{BiCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{BiOCl} + 2\text{HCl}$. 濾取灌洗,去其所夾之 PbCl_2 ,
 復溶於鹽酸,加水沖淡,再使變為沈澱,洗淨烘乾,和木炭,
 碳酸鈉,石灰,及玻璃,裝入鐵坩堝中煉成金屬銻. 若 PbCl_2
 殘渣含銻及銀,併入鉛礦砂煉之.

濕法可用以提煉氧化銻礦砂,但實際上尙罕用之.

590. 銻之精煉

上法煉成之銻,名曰生銻 (crude bismuth),含有雜質
 如下表所示,其精煉分乾濕二法:

生銻之成分

	1.	2.	3.
銻	93.372	94.103	95.05
銅	2.056	1.944	0.26
銀	—	—	—
硫	—	0.430	—
鐵	—	—	—
鉛	—	—	—
銻	4.570	2.621	0.56
砷	無	0.290	—

(1) 乾法 含鉛甚多,可用鉛之變軀法通空氣焙之,使鉛變為蜜陀僧,引起他雜質之氧化,溶於其內,上浮

成渣,按時撇去,用此法精煉,不能奏完全之功。

將生鉍和土硝及食鹽燒熔,可使鐵,鉛變成渣滓。

除金銀之法,加 2% 之銻於熔解之生鉍內,則金銀與銻結合上浮。

砷,鉛,銻為量少時,可由氧化作用除去;若為量甚多,須用波歇斯氏之法,將生鉍和氧氯化鉍 (BiOCl) 熔於生鐵罐中,上面加蓋食鹽及氯化鉀,用鐵桿攪之,可以去鉛。同法和氫氧化鈉於生鉍內,用同一之器熔之,其上加硝酸鈉,則砷氧化成砷酸鈉上浮成渣。去銻之法,將生鉍和硫黃及碳酸鈉,碳酸鉀熔之,則銻變成硫化銻鈉之複鹽 (Na_3SbS_4)。

馬退氏 (Matthey) 去砷銻銅之法: 將 10-12 噸之生鉍在空氣中以 395°C . 之熱久燒之,則砷揮失而鉍無損失。將生鉍燒至銻之氧化點,用木條攪之,則銻氧化上浮成渣,隨時撇去。和硫化鉍於燒熔之生鉍內,則銅成硫化物曇金上浮。

(2) 濕法 用以製造純淨鉍之化合物,配合醫藥,冶金術中罕用之,故不贅及。

附 錄

第一節 還 原

還原之謂何?即於物料中將各金屬由化合物析成單體是也。化合物之最須注重者,厥爲氧化物,凡他物之易變爲氧化物者亦如之。然則還原二字,質言之,實含有化去氧之意義。

還原劑: 還原劑與氧化合之力甚強,能從金屬氧化物中奪去其氧而使金屬游離,其最重要者爲(1)碳素,(2)輕氣,(3)一氧化碳。

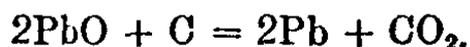
金屬可按其氧化物還原之難易而類別之如下:

- (1) 其氧化物能用熱還原者: 金,銀,白金,水銀。
- (2) 其氧化物在紅熱時能用碳素或輕氣還原者:
 - (a) 能揮發之金屬如鋅,鎘;
 - (b) 熔解之金屬如鉛,錫,銻,銅;
 - (c) 不熔之金屬如鐵,鎳。
- (3) 其氧化物在紅熱時不能以碳素或輕氣還原

者：鋁、鎂。

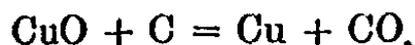
實習1. 氧化鉛之還原

稱取蜜陀僧10克，木炭末半克，倒於釉光紙 (glazed paper) 上，充分和勻，以有蓋之坩堝盛之，入爐燒紅，經十分鐘之久，鉗出坩堝，傾鉛入模，如坩堝中餘有木炭，須細心考察，選出其所雜之碎鉛顆，併合鉛錠，冷後稱之，以百分法計算蜜陀僧中之鉛。



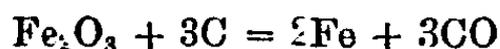
實習2. 一氧化銅之還原

稱取10克之黑色氧化銅及2克之木炭末，互相混和，盛以有蓋之坩堝，入爐燒之，其熱度須高過紅熱遠甚，約以亮紅熱為佳，如是者約十分鐘，然後鉗出，傾銅入模，俟其冷，稱而計之。



實習3. 赤鐵礦之還原

取赤鐵礦砂一塊，稱記其重，裝入坩堝，其四圍用木炭碎塊繞之，泥封坩堝蓋，入爐燒紅，約一小時之久，取出退冷，去蓋而驗其內容物，其形與原來無異，然質軟色灰，復具磁性展性，蓋已變為熟鐵矣，取出，稱而計算之。



此法所用之熱度不可太高,否則已成之熟鐵復吸收碳素而成熔解之生鐵。

助熔劑: 平常金屬含於純淨氧化物中者,還原時所需之藥品,僅碳素而已,然設所煉之物內雜泥質,則煉時此物不熔,還原之金屬遂不得集成一體,今欲求金屬之集合,須先求泥質之熔解,欲泥質之熔解,非假助於外物不可,外物者何?即助熔劑是也,此等物或本體易熔,或與泥質等併成化合物而熔,其用之也,目的在欲得易熔之渣,以便金屬之集合,其次則藉其氧化或還原之性,以變化他物,今將實驗室中所常用者列舉如下:

(1) 碳酸鈉(NaCO_3): 乾而成粉者最佳,碳酸氫鈉次之,結晶含水者不可用,此物燒至亮紅熱,則熔解如膠,能使固體物居其中而不沈,又能分解各種硅酸鹽,變成易熔之硅酸鈉,凡物中含硅質者適用之,若取10份之碳酸鈉和以13份之碳酸鉀,其熔點更低。

(2) 硼砂($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$): 先熔過而後用之,結晶類含水47%不可用,此物遇火則熔如水,與二氧化硅化合成易熔之化合物,凡泥質及其他氧化物得以熔解其中而成硼酸鹽,又能使固體物藏於其中而不沈,故為最有用之助熔劑。

(3) 食鹽 (NaCl): 燒至紅熱,熔解如水,或用以覆蓋金屬,免為空氣所侵,或用以構造熔渣,使金屬易於集合,在高熱時性能揮發,故易將金屬氯化物散失。

(4) 二氧化硅 (SiO_2): 白沙最佳,能與泥土及氧化物化合成易熔之硅酸鹽,使金屬易於集合。

(5) 碳素: 將最淨之木炭研細成末用之。

(6) 酒石 ($\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$): 此為最有用之還原劑,遇熱分解為碳及碳酸鉀二物,前者約占全體之15%,每致他物難熔,故常攪和他種助熔劑用之。

(7) 麥粉及澱粉: 遇火分解生碳,故為還原劑。

(8) 腈化鉀 (KCN): 性極毒,遇火易熔,能奪取他物中之氧而變成腈酸鹽:



市上所售者常含碳酸鉀,然其分量足以熔解試物中之二氧化硅。

(9) 硝石 (土硝 KNO_3): 此為實驗室中常用之氧化劑,遇熱分解發出養氣,用以去硫絕佳。

(10) 白助熔劑: 將等量之土硝與酒石和勻引燃即得。

(11) 黑助熔劑: 將土硝一份酒石二份混和即成。

(12) 黑助熔劑之代替物: 為碳酸氫鈉10份,麥

粉 3 份混合所成。

實習 4. 不純淨之蜜陀僧中鉛之測定法

秤蜜陀僧 5 克,麥粉 1 克,碳酸鈉 10 克,混和於釉光紙上,裝入坩堝,上蓋食鹽初入爐時火力宜弱,至熔解後極力燒之,如是者若干分間,移坩出爐,輕叩其底,以便鉛之集合,旋傾倒入模既冷,將上面之渣鎚碎,揀出所含之鉛顆,併合鉛錠秤之,以百分法計其成分。

此法所用之熱度不可太高,以免鉛之揮發。

實習 5. 不純淨之一氧化銅中銅之測定法

取一氧化銅 5 克,碳酸鈉 10 克,麥粉 1.5 克,和勻裝入坩堝,其上以礪砂蓋之,爐火之熱度約在銅熔點之上,燒煉經十分鐘之久,移坩出爐,輕敲其底,傾銅入模,鎚碎上面之渣,揀取銅顆合而秤之,以百分法計其成分。

實習 6. 錫石之還原

取錫石 20 克,酒石 5 克,碳酸鈉 35 克,生石灰 5 克,混和一體,裝入坩堝,以暗紅之熱度徐徐燒煉之,20 分鐘後,增大火力,使全體熔解如水,取坩出爐,輕叩其底,既冷;碎坩取錠,秤而計其成分,此法不能十分可靠,所煉之氧化錫如雜有硅石,其反應即不完全。

又法：取10克之氧化錫，和20克之精化鉀(成分80%)，盛以坩堝，其底鋪有精化鉀，混合物之上亦然，入爐燒之，火勢先弱後猛，至熔解過十分間之久，然後出爐，輕敲其底，俟其冷，碎坩取錫，復溶渣於水，收取其所含之錫顆，合而秤之。

實習7. 赤鐵礦之還原

(甲) 還原成熟鐵：取10克之赤鐵礦粉末，和10克之玻璃灰，1克之生石灰，2克之木炭末，裝入坩堝，泥封其蓋，以試金爐最高之熱燒之一小時之久，移坩出爐，碎而驗其內容物，其為未曾熔解之海棉狀熟鐵無疑。

(乙) 還原成生鐵：混合物之配合與甲法同，惟將木炭末增多一倍，燒煉之手續與甲法亦無異，惟所得者非未熔之熟鐵，乃熔解成珠之生鐵耳。

實習8. 一氧化銅之輕氣還原法

裝輕氣發生器一枚，外附水分吸收管，其上更有長12吋之燃燒管，取瓷杯一枚，計其重若干，裝一氧化銅其中而再秤之，所增之重，即一氧化銅之重也，杯之大小以能送入燃燒管為宜，裝置既畢，發生輕氣，俟各部之空氣排盡，置本生燈於瓷杯下隔燃燒管燒之，約半小時之久，滅火，任瓷杯在輕氣中退冷，然後取出，秤其重量。



實習9. 還原劑力量之比較

取木炭末半克,和蜜陀僧40克,裝入坩堝,其上另加蜜陀僧蓋之,泥封坩堝蓋,入爐燒紅,如是者約十分間,取出輕叩坩堝底,傾鉛入模,既冷,刷淨面上之渣而秤之。

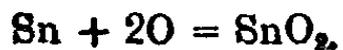
試取(1)澱粉, (2)酒石, (3)麥粉, (4)柏脂各一克,以代木炭,依法試驗,計其還原力之強弱(以木炭為100),列之成表。

第二節 金屬氧化物之製法

金屬通空氣烘焙之,多變為氧化物。

實習10. 氧化錫之製法

置錫10克於焙燒皿內,送入骨灰爐閉門燒之,既熔,啓門通空氣,面上結有氧化錫皮,隨嫩隨生,至全體氧化時,取杯退冷,將氧化錫研細,以能過每方吋60孔之篩為佳,其餘於篩中未行充分氧化者,復送入杯,再行烘焙,依法冷而研細之事畢,合數次所得,共權其重,其成分不難明矣。



按末次所餘之錫分量過少,烘焙研細諸多不便,不

若由原來者減去略而勿計之爲愈也。

實習 11. 蜜陀僧之製法

置鉛 20 克於烘焙皿內，仿製氧化錫之法燒之，其熱度宜無過不及之差，過高則蜜陀僧熔解，與烘焙皿化合，發生硅酸鉛；不及則反應不全，夾雜鉛顆，二者皆失之也。



將蜜陀僧繼續久焙，可使變爲紅鉛。

實習 12. 一氧化銅之製法

置銅片於烘焙皿內，送入骨灰爐燒紅，經十分鐘之久，取出退冷驗之，表面必結氧化銅之薄皮，此薄皮包括銅之兩種氧化物，俗謂之鱗，苟刮下再送銅片入爐，復結氧化銅如前，屢刮屢燒，可得鱗若干，然事倍而功半，不若選用市中所售之銅鱗之爲愈也。今試研細銅鱗 10 克，盛以烘焙皿，入爐焙燒，至色變黑時，取出退冷，秤其重若干。復入爐再焙，再冷而秤之，至重量不稍加增而後已，由增加之重可以推算鱗中一氧化二銅之成分，式如下：



71 克之一氧化二銅可焙成 79 克之一氧化銅，所增之 8 克，必與鱗中一氧化二銅 71 克相當，今設 10 克銅鱗焙後重 11 克，則增加之重爲 1 克，由是

$$8 : 71 :: 1 : x, \therefore x = \frac{71}{8} = 8.875.$$

即 10 克銅鱗內含一氧化二銅 8.875 克, 或 88.75% 也。

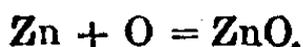
實習 18. 一氧化二銅之製法

取 10 克之一氧化銅末, 混和 8 克之金屬銅末, 盛以坩堝, 泥封其蓋, 徐徐燒之, 熱度至全紅為止, 再閱時五分, 然後出爐, 去蓋而取出之, 或冷後碎鍋取之, 所得之物, 其色暗紅, 研細成粉, 色即轉亮, 是即一氧化二銅也。



實習 14. 氧化鋅之製法

取鋅 10 克, 裝入烘焙皿, 按實習 11 之法燒之, 熱度不可太高, 以免鋅之揮發。



實習 15. 白砒(As_2O_3)之製法

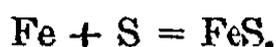
取砷礦砂 5-10 克, 裝入玻璃燃燒管之一端, 其他端則用火燒軟, 引成細長之頸, 向下垂彎, 與雙頸瓶之一頸相聯, 瓶之他頸又與抽氣器具相聯, 置盛砷砂之部於燃燒爐內燒之, 則砷氧化成白砒, 凝集於管之冷部及雙頸瓶中, 留心將管中白砒用熱驅至管之彎處而截斷之, 於是收集白砒, 權其重量。

第三節 硫化物之製法

硫與金屬混合燒之,多互相化合而成硫化物,其熔點常較所含之金屬為低。

實習 16. 硫化鐵之製法

取鐵屑及硫黃各 20 克,互相混和,用長杓送入燒紅之坩堝中,蓋合燒之,熔解若干分間,移坩出爐,傾倒入模,冷後秤之,計其成分。



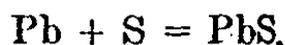
設硫化鐵重 31.4 克,鐵重 20 克,則所含之硫必重 11.4 克,由是推算其成分如下:

$$31.4 : 20 :: 100 : \text{Fe}, \quad \therefore \text{Fe} = 63.7 \%$$

$$31.4 : 11.4 :: 100 : \text{S}, \quad \therefore \text{S} = 36.3 \%$$

實習 17. 硫化鉛之製法

置鉛絲 20 克於坩堝內,上以硫黃華蓋之,將坩蓋合,入爐燒熔,至坩內無硫黃氣發出為度,傾倒入模,是為硫化鉛,仿上法計其成分。



實習 18. 製一硫化二銅

取銅屑及硫黃各20克相和勻,用長杓送入燒紅之坩堝中,加蓋極力燒熔之,功成,傾倒入模,冷後秤而計之。

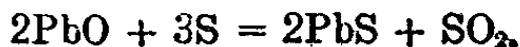
實習 19. 製硫化錫 (SnS)

取錫20克和以等重之硫黃華,用長杓送入燒紅之坩堝中蓋合燒之,功候既足,傾倒入模,退冷研碎,以能過每平方吋60孔之篩爲宜,其不過者再和硫黃入坩堝熔解,如法研之,至全體硫化而後已,乃將前後所得共入坩堝,加鹽覆其上,燒熔十分間,傾注入模,權其重量。

將氧化金屬和硫黃燒之,多能製成硫化物。

實習 20. 製蜜陀僧爲硫化鉛

取蜜陀僧及硫黃各20克,互相和勻,盛以坩堝,徐徐燒紅,則一部分之硫與氧化合成 SO_2 逃散,餘者與鉛化合成硫化鉛,傾倒入模,秤其重量。



實習 31. 製硫化鋅

鋅與硫黃混合燒之,不相化合,其化合之熱度,實在鋅沸點之上,故不可爲用,今若間接由氧化鋅製之;其事不難,試取氧化鋅硫黃華各10克互相混和,用長杓送入燒紅之坩堝中,加蓋極力燒之,經15分間之久,移坩出爐,

傾倒入模,即得硫化鋅。



第四節 硫化物之還原

硫化物不皆能爲平常還原劑(例如碳素)所還原,故須先焙成氧化物而後行之,否則逕用去硫劑亦可,此等物以鐵爲最可用。

實習 22. 硫化鉛之還原

取純淨硫化鉛 20 克,鐵屑 5.5 克,互相混和,用長杓送入燒紅之坩堝中,以亮紅熱之熱度燒之,經過十分間,全體當已熔解,取坩堝輕叩其底,俟其冷碎坩堝取鉛,外面所結之渣爲硫化鐵,剔淨後秤鉛錠之重。



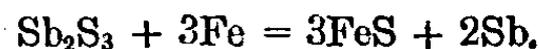
此法用鐵之外,若更加碳酸鈉,收效更佳。

實習 23. 方鉛礦之還原

取方鉛礦末及碳酸鈉各 20 克,酒石 2 克,互相和勻,以大坩堝盛之,其中植鐵釘兩三枚,上面蓋礮砂少許,入爐燒紅,如是者約 15 分間之久,鉗出鐵釘,隨手顛動,俾面上所結之鉛珠滾落坩堝內,移坩堝出爐,輕叩其底,傾鉛入模,去渣秤之。

實習 24. 輝銻礦之還原

取輝銻礦末 20 克,鐵屑 9 克,碳酸鈉 10 克,互相和勻,盛於坩堝中燒之,火勢始低,逐漸增高,惟不可過猛,以防銻之揮發,熔解至 15 分間以上,移坩出爐,輕叩其底,退冷後碎坩取銻,剔淨面上之渣而秤之。



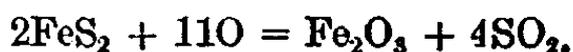
以上兩實習(23 及 24),可用三氧化二鐵與碳素之混合物,以代鐵屑。

實習 25. 輝銻礦之還原(用精化鉀)

取輝銻礦粉末 10 克,精化鉀粉末 30 克,和勻裝入坩堝,坩堝底先鋪 10 克之精化鉀,加蓋燒之,至全體熔解數分間之久,出坩於爐,冷後去蓋,碎坩取銻,剔淨面上之渣而平之。

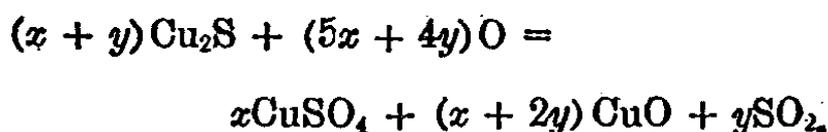
第五節 烘 焙**實習 26. 烘焙黃鐵礦**

取黃鐵礦粉末 10 克,裝於鉛燬杯或烘焙皿內,送入焙爐燒之,爐門不閉,所以任空氣之流通,杯中礦末頻以鐵桿翻動,至出爐時不作硫黃臭爲止,冷後秤之,其色紅。



實習 27. 烘焙輝銅礦

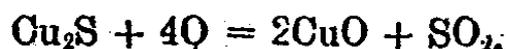
(a) 焙成硫酸銅: 取輝銅礦 10 克, 盛以鉛燬杯, 入爐燒紅, 經若干分間取出, 俟其將冷, 掃入貯水 100 c. c. 之玻璃杯中, 煮之使沸, 濾去其渣, 注礮精水於所得之濾液內, 液色變藍, 是為含銅之證, 即為一部分之輝銅礦曾經焙成硫酸銅之證。



(b) 焙成氧化銅: 取 10 克之輝銅礦依 (a) 法焙之, 於將終止時竭力增高熱度, 冷後權其重量, 掃入盛水之玻璃杯, 煮之使沸, 將濾過之清液加礮精液試之, 不變藍色, 蓋先成之硫酸銅, 已於熱度增高時分解為氧化銅矣:



末次之反應實為

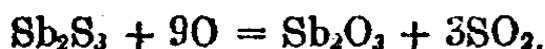


將所得之氧化銅, 再仿實習 5 之法使之還原。

實習 28. 烘焙輝錫礦

取輝錫礦末 10 克, 裝入鉛燬杯內, 入爐焙之, 熱度不可過高, 以免礦砂膠結, 苟見其膠結, 即須取杯出爐, 另換

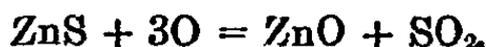
生砂焙之,火候以杯中無硫黃臭發出爲度,冷後權其重。



將焙成之氧化銻和以20克之炭酸鈉,10克之酒石,盛以坩堝,入爐熔解,俟其冷碎鍋取銻,剔淨其面上之渣而秤之。

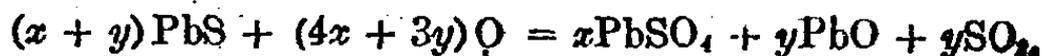
實習29. 烘焙硫銻礦

取硫銻礦粉末10克,裝於烘焙皿內焙之,火勢始弱終猛,功成出爐,冷後權之。



實習30. 烘焙方鉛礦

取方鉛礦粉末10克,用鉛煨杯盛之,另取他鉛煨杯作蓋覆其上,送入骨灰杯爐燒紅,嗣啓門去在上之杯,任其氧化,熱度不可過高,開始時尤甚,因硫化鉛及所生之氧化鉛皆易熔解故也,硫黃臭去盡,取杯出爐,冷後秤之,所得之物,爲氧化鉛及硫酸鉛混合所成:

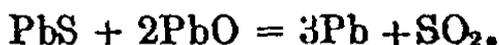


須求其兩相比較之多寡,蓋卽 x 與 y 之比例也。

第六節 反應繁雜之還原法

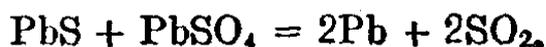
實習31. 硫化鉛用氧化鉛還原法

取方鉛礦末10克,蜜陀僧20克,互相和勻,盛以坩堝,其上用炭酸鈉蓋之,將坩蓋妥,入爐燒紅,至全體熔解,然後取坩出爐,傾鉛入模,剔淨面上之渣而秤之。



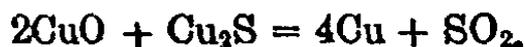
實習32. 硫化鉛用硫酸鉛還原法

取方鉛礦粉末10克,和硫酸鉛12.5克,裝入坩堝,加蓋燒熔,傾鉛入模,冷後權之。



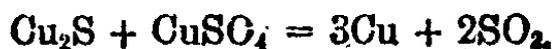
實習33. 氧化銅用硫化銅還原法

取硫化銅粉末10克,送入焙爐焙之,任其氧化(如有氧化銅則不須此周折)。嗣和10克之硫化銅,盛以坩堝,其上蓋炭酸鈉,入爐燒之,至熱度達於銅之熔點,經若干分間,傾銅入模,計其重量。



實習34. 硫化銅用硫酸銅還原法

取硫化銅及無水硫酸銅各10克,互相和勻,盛以坩堝,其上蓋炭酸鈉,入爐燒至銅之熔點,經若干分間,傾銅入模,剔淨其面上之渣而秤之。



第七節 合金之製法

實習 35. 白鑷 (Pewter) 之製法

取錫 40 克,鉛 10 克,裝入坩堝,其上蓋木炭末,入爐燒熔,時時用鐵桿攪動,傾倒入模,計其重量,移至鐵砧上鎚之,試其展性之強弱,此外鐸鑷 (solder, 錫 30 克,鉛 10 克) 及活字金 (錫 20 克,鉛 40 克),皆可依此法製之。

實習 36. 製易熔金

取錫 20 克,鉛錫各 10 克,合貯於坩堝中,其上蓋木炭末,入爐熔之,熱度宜低,攪勻傾出,權其重量,此等合金能熔於沸水內。

實習 37. 製黃色黃銅 (銅 50 % 鋅 50 %)

黃銅為銅鋅之合金,其配合視用途而不同,當製時鋅易揮發,故不免稍有差失,須將鋅加多補之,今試取銅 50 克熔解於坩堝中木炭末之下,俟其既熔,用鉗按入等量或略多之鋅,攪勻,傾倒入模,冷後權之,計其成分,折斷驗之,記其結構,此外最佳黃銅 (銅 80 克,鋅 22 克),門子金 (Muntz metal, 銅 30 克,鋅 22 克),及白色黃銅 (銅 30 克,鋅 75 克),皆可依法製之。

實習 38. 磁銅之製法

礮銅爲青銅之一種,其製法先熔銅45克於坩堝中木炭末之下,嗣和入5克之錫,用鐵桿攪勻,傾倒入模,冷後權之

實習39. 製鏡銅

置銅35克於坩堝內,其上蓋木炭,入爐燒熔,嗣攪和14.5克之錫,半克之砷,頻以鐵桿攪和,功成傾出,權其重量,製之得法,則性硬而脆,能擦至極光。

實習40. 製維那金法

熔銅25克於坩堝中木炭末之下,嗣和入等量之銻,攪勻,傾倒入模,冷後秤之,其性甚脆,斷面色紫。

實習41. 製德國賽銀(German Silver)

取銅銻各30克,按實習37之法製成黃銅,又取銅25克,鎳20克,合熔於坩堝中木炭末之下,嗣將所製之黃銅燒紅加入,用桿攪勻,傾倒入模,冷後秤之。

此法所用之金屬熔點懸殊,故製成之合金,頗難得法,當熔解時,熱度須竭力增高。

實習42 鋁青銅

先熔銅45克於坩堝中,嗣加入5克之鋁,竭力攪勻,熔解約五分間,傾倒入模。

實習 43. 磷青銅之製法

磷銅 (phosphor copper): 和木炭末半克於 2 克之磷酸銅內, 盛以坩堝, 其上用碳酸鈉蓋之, 入爐熔解, 功候既足, 傾倒入模, 剔淨其面上之渣而權之。

磷青銅: 取 45 克之銅, 5 克之錫, 按實習 38 之法製成青銅, 當熔解時, 加入所製之磷銅一克, 竭力攪勻, 傾倒入模, 是為磷青銅。

實習 44. 菱錳礦黃銅 (Calamine Brass)

取一氧化銅及氧化鋅各 50 克, 和以木炭末 5 克, 裝入坩堝, 加蓋燒熔之, 功成, 傾倒入模, 權其重量, 旋折斷考驗其結構。

實習 45. 銅與鉛

取銅鉛各 50 克, 合熔坩堝中, 加以攪和, 徐俟其冷, 則銅上而鉛下, 相離而不相合, 鋅鉛合熔, 退冷時亦相分離。

實習 46. 製含砷之錫

置錫 50 克於坩堝內, 其上蓋木炭末, 入爐燒熔之, 嗣攪和 5 克之砷, 用桿攪勻, 傾倒入模, 退冷後將錠折斷, 驗其結構。

第八節 硅酸鹽之製法

實習 47. 硅酸鉛

取蜜陀僧 44 克和硅石 12 克,裝入坩堝,加蓋燒之,開始時火力宜弱,半小時後增高熱度,至全紅爲止,通體既熔,傾倒入模,冷後權之。

實習 48. 硅酸亞銅

取硅石 8.5 克和一氧化二銅 20 克,裝入坩堝,泥封其蓋,微火燒之,徐增熱度至於暗紅,如是者約半小時,乃增大火力,速行熔解,去蓋傾倒入模,冷後秤之。

實習 49. 鼓風爐熔渣

取瓷泥 40 克,白沙 20 克,石灰 50 克,均研之極細,十分和勻,裝入坩堝,泥封其蓋燒之,火勢始弱,漸增至極猛,全體熔解,傾倒入模,其成分爲硅酸鋁鈣。

實習 50. 硅酸亞鐵

取三氧化二鐵 32 克,木炭末 25 克,白沙 12 克,和勻裝入坩堝,微火燒之,半小時後,增高熱度,迨完全熔解,傾倒入模。

第九節 骨灰杯法**實習 51. 製骨灰杯**

將骨灰研細,調和清水,其多寡以骨灰被壓時恰能自行黏結為度。取適當之量貯入陰模,鎚打陽模向下,緊壓成杯,取出陽模,削光杯之四周,力擠出之,製得12枚,共置熱處烘乾。

實習 52. 骨灰杯法

置骨灰杯四枚於熔爐內燒至全紅,將鉛,銻,銀,銅分置其中,閉門燒之,至銀熔解時,啓門流通空氣,若干分間後,考其結果:

- (1) 鉛 全行吸收,
- (2) 銻 全行吸收,
- (3) 銀 不變,
- (4) 銅 雖氧化而不吸收。

實習 53. 鉛及他金屬之骨灰杯法

取銀銅各 $\frac{1}{5}$ 克,以骨灰杯分盛之,每杯內另加 5 克之鉛,同置熔爐內,閉門燒之,鉛熔解時,啓門流通空氣,至鉛化盡為止,出杯於爐,冷後驗之,記其異同秤杯中所餘之銀,並注視退冷時銀吐養氣之現象。

實習 54. 測定鉛中之銀

取含銀之鉛 10 克,裝於骨灰杯內,按實習 52 之法送

入熔爐燒之,稱其殘餘之銀,按骨灰杯能吸收等重之鉛。

實習 55. 測定合金中之銀

取含銀之合金半克,以鉛皮 3 克包之,置於骨灰杯內,按實習 53 之法,送入熔爐氧化,稱其殘餘之銀,合金中如含有金,金即併入銀內。

第十節 金屬之精煉

實習 56. 鉛燬法

取含銀之鉛 10 克置於鉛燬杯內,送入熔爐燒至全紅,至表面發生熔解之蜜陀僧時,傾倒入模,剔去其渣,所餘之鉛錠,再用骨灰杯取銀,按銀鉛合熔,鉛漸氧化,其他之賤金屬大半隨之,所餘之鉛,含銀漸富,乃便於骨灰杯之提取。

實習 57. 銀礦砂之鉛燬法

銀礦砂賴鉛燬而分解,銀入於鉛,取銀礦末 5 克,和鉛 20 克,送入鉛燬杯內燒至淡紅,其上灑硼砂少許,至表面發生熔渣時,傾倒入模,剔淨其渣,再用骨灰杯處理殘餘之鉛。

實習 58. 銅之精煉

熔銅 50 克，攪和氧化銅 1 克（或熔銅於空氣中，任其少許氧化），攪勻傾倒入模，冷後取出，剝深痕於其面，用試機裂斷之，其性甚脆，斷面現暗紅色，是為乾銅，因其中含一氧化二銅。今將其送入坩堝，其上蓋木炭末，熔解攪勻，仍傾入模，依前法剝一痕於其面，緊扣於試機上，用錘擊之，先彎而後斷，斷面成絲狀，是韌銅也。苟錘時性脆，須入坩堝再熔，至富有韌性而後已。今更將韌銅熔於木炭末下，時時用鐵桿拌動，經若干分間，再傾入模，裂斷驗之，性復變脆，斷面色灰作魚鱗狀，若是者謂之過性銅。

實習 59. 銅之精煉

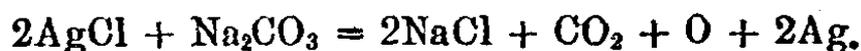
取智利銅或泡銅 10 克，送入燒至全紅之坩堝中蓋合熔之，旋啓蓋流通空氣，同時將爐頂蓋合，餘一缺口，以僅見坩堝之內部為限，則見銅液始暗而旋明。斯時也，投入精煉劑（硝石 3 份，酒石 2 份，食鹽 1 份）20 克，仍將坩堝蓋好，極力燒煉。經十餘分間，傾倒入模，剔去面上之渣，現出普通銅色，裂而斷之，其力甚牢。如其不然，則是未十分純淨，須再入坩堝，加多精煉劑處理之。若其性乾燥，須更熔於碳酸鈉及酒石之下，至富有韌性為止。將銅面剔下之渣，和酒石入爐熔解，收取所得之細微銅顆，併合銅錠權之。

實習 60. 硬鉛之製法及其變類

熔鉛 20 克於坩堝內，嗣加入 1 克之銻，攪勻傾出，性硬而脆，遇錘易裂，是為硬鉛，今移置鉛煅杯內，送入熔爐通空氣熔之，時時拌動，以求其速，經若干分間，復傾入模，冷後錘之，質軟而有展性，苟未變軟，則是火候未足，須入爐再熔，至錘擊時錠之四周不生拆裂為止，若是者謂之變軟。

實習 61. 提取合金中之銀

置銀幣一枚於盛有稀硝酸之玻璃杯內，生火熱之，既溶，注入適量鹽酸，煮沸過濾，將所得之氯化銀洗滌烘乾，和六倍之碳酸鈉裝入坩堝，極力燒熔之，出坩於爐，俟其冷，碎坩取銀。



第十一節 沈澱法

實習 62. 銅之沈澱

置硫酸銅 2 克於玻璃杯內，以水溶之，注入稀硫酸，又加入鐵釘或鐵絲若干，放置熱處，至藍色消滅時，則鐵溶解而銅沈澱出矣，傾出杯中溶液，以清水濯銅，再行傾出，嗣鉗起鐵釘，引水沖洗其面上所結之銅，使落於杯內，澄盡杯中之水，更用酒精洗銅兩三次，事畢，置於水鍋上

烘乾,秤其重量。

實習 63. 銀之沈澱

取銀 2 克,以熱濃硫酸溶之,旋即加水攪淡,投入銅片,放置熱處,時加攪和,經若干時,將銅片鉗出,引水沖洗其面上所結之銀,使落於漏斗之內,用水濯淨,裝入坩堝,其上蓋碳酸鈉,入爐熔之,即成金屬銀,液中之銅,仿前法用鐵釘或鐵絲使生沈澱。

實習 64. 金之沈澱

取金半克溶於王水內,旋即蒸發至乾,用沸水溶之,攪淡至 500 c.c., 和以硫酸亞鐵溶液,加熱使金沈澱,俟其澄清,傾去上面清液,以水洗之,再行傾去,移金至小坩堝中,送入熔爐燒紅,冷後秤之。

實習 65. 金礦砂之氯化法

取含金豐富之石英 20 克,研成細粉,置入盛水之玻璃瓶中,壓入綠氣,緊塞瓶口,放置僻處,至綠氣之綠色消滅時,再行壓入,充滿瓶內,經若干時,濾去其渣,煮沸濾液,驅除所含之綠氣,按實習 64 之法用硫酸亞鐵沈澱其金,如無含金豐富之石英,則用黃金粉末半克及石英沙 10 克之混合物代之。

第十二節 耐火材料及燃料

實習66. 製坩堝蓋

取陶泥若干,和以半重之燒過之陶泥,加水調濕,令其富膠黏力,用圓桿展平,切成圓塊,另著泥丸於其頂,是為蓋柄,烘乾後,送入焙爐燒紅,冷後用之。

實習67. 製陶泥坩堝

取燒過及未燒過之陶泥,按上法之分量調濕,置於陰模內,手持陽模向下旋動研之,取出陽模,以泥丸塞坩堝底之孔,再用頂上無釘之陽模研光,其口沿之不齊處,復以利刃削之,事畢,將坩堝擠出曬乾,入爐燒紅,冷後用之,當製時陽模之外及陰模之內,皆須塗脂少許,以免其黏。

實習68. 坩堝塗碳素法

調和糖漿於體積相等之沸水內,注入木炭末中,其多寡以炭末被壓時,富有膠黏力為度,和勻填於上法所製之坩堝中,緊緊築之,持利刃於中央作一圓渦,用玻璃棒研光,烘乾,入爐蓋合燒紅即得。

實習69. 火泥耐火力之測定

和水於火泥,使被壓時富有黏性,用圓桿輥成薄片,切成三角塊,入爐烘乾,移置黑鉛坩堝中極力燒之數小

時之久，冷後逐一考驗，視其棱角之曾否熔鈍，而定其耐火程度之高低。

實習 70. 生煤成焦之測定

裝生煤粉末 10 克於有蓋之瓷坩內，移置陶泥坩坩中，其四圍填滿焦煤，上面蓋木炭末，將泥坩蓋好，入爐盡力燒之，經 1-1.5 小時之久，出坩於爐，俟其冷，取出瓷坩，考驗其中所得之焦煤，秤其重量，以百分法計之，由煤之重減焦之重，所餘為水分與揮發質之共重。

實習 71. 煤灰之測定

取煤末 2 克，裝於鉛坩杯內，送入焙爐通空氣燒之，須以白金絲攪拌，至碳素燒盡為止，取杯出爐，掃其灰於錶玻璃 (watch glass) 中秤之，計其成分，由焦煤之百分數減去煤灰之百分數，所餘即為固定碳素之百分數。

第十三節 雜 題

實習 72. 熔離

將實習 45 所製之銅鉛再行熔解，攪勻傾倒入模，鑄成一錠，錠擊成餅，其大小以斜置坩坩中時懸於半空為度，上面鋪木炭末，蓋合燒之，其熱度在銅之熔點之下，而在鉛熔點之上，約暗紅熱為佳，經半小時，鉛即熔離，流至

坩底,與銅分別秤之。

實習 73. 混鍊

取銀末半克置於白內,加和 10 克之水銀,以杵研之,至銀溶盡爲止,所得之混鍊物,用羚羊皮濾之,將不過之渣送入小試金坩內,蓋合燒煉,其熱度約在銀之熔點之上,水銀揮發既盡,退冷權銀。

實習 74. 銀礦砂之混鍊

取含硫化銀砷化銀之礦砂粉末 5 克,和以 $\frac{1}{10}$ 之食鹽,裝於烘焙皿中,送入焙爐焙之,火候既足,傾於白內,加鐵屑及水少許,以杵研之,嗣添加水銀十餘克,並硫酸銅少許,再行磨研,事畢,用水洗去其渣,將所餘之混鍊物濾過羚羊皮,仿上法揮發其水銀,冷後權之,如礦砂爲氯化銀,則不須和鹽烘焙。

實習 75. 鹽焙(克羅對法)

取黃銅礦末及食鹽各 10 克,硫化銀 1 克,互相混和,送入焙爐燒紅,經一小時之久,取出退冷,和水煮沸,接加數滴鹽酸,轉入漏斗,濾去其渣,將所得之濾液,以碘化鉀溶液滴入之,時時攪動,至現出櫻色爲止,過濾,烘乾所得之沈澱,送入骨灰杯煉之,杯中先置鉛 5 克,所以爲化去

雜質之用者也。



實習 76. 柏忒喇法

將黃銅礦、食鹽及硫化銀按上法之分量和勻焙之。旋以含一硫硫酸鈉 10% 之溶液處理，濾去其渣，用沸水洗滌數次。洗過之水，須併入頭次濾液之中。注硫化鉍於濾液內，則硫化銀沈澱物發生。濯淨烘乾，和鉛入骨灰杯，煉取其銀。

實習 77. 龐門特法

熟鐵與碳素混合燒之，則化合而成鋼試驗之法，置粗鐵釘十餘枚於大坩堝之內，加木炭末繞其四周，泥封坩堝蓋，極力燒之，約經 2 小時取出，擊斷鐵釘，察其斷面，必光亮而結晶如鋼狀。

實習 78. 辰砂之還原

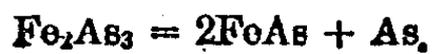
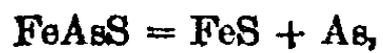
取玻璃管一根，長約 18 吋，徑約 $\frac{1}{2}$ 吋，封閉其一端，是為管底。先裝入碳酸鎂厚 $1-1\frac{1}{2}$ 吋，嗣加生石灰，厚 $2-2\frac{1}{2}$ 吋，生石灰之上為辰砂及其半重之生石灰之混合物，厚 5-10 吋，再上又為生石灰，厚 3 吋裝畢，用石棉鬆鬆塞之，將管平擺，輕叩其下面，俾管內物料之上，構成少許空隙，

以便氣體之逃出，乃將管頭近石棉之處燒軟，引長成頸，向下彎曲，又將杪端未變細之部截去不要，於是用燃燒爐或一行之本生燈，先將切近石棉之生石灰漸漸燒紅，逐漸燒及辰砂與石灰之混合物，次燒管尾之生石灰，此三部均行燒紅，然後燒紅碳酸鎂，使發出之碳酸氣將管內水銀蒸氣逐出，當燒時管頸沒在玻璃杯或玻璃瓶之水中，以便凝集，若管之彎曲處或頸內凝有水銀，須於燒碳酸鎂之先用本生燈於管外燒紅逐出之，蒸溜既畢，灑水一滴於頸上，頸即自斷，其中所凝之水銀可用水沖及漏斗紙一塊擦出之，傾去杯中之水，傾倒水銀入烘培皿中，吸乾殘餘之水，或傾入蒸發皿中用漏斗紙吸乾，且微熱之亦可事畢，秤其重量，計其成分。

實習79. 毒砂或砷鐵礦之還原

取礦砂100-500克，和以等重之碳酸鈉及 $\frac{1}{5}$ 之木炭，裝入一端封閉之管形蒸溜器中，以半滿為度，又取寬5-6吋之鐵片一塊，捲成螺旋形，置於管之開口端，管口加罩金屬帽，用泥鬆鬆封之，以便氣體之洩出，嗣將盛礦之端置於爐內燒至全紅，約一小時之久，任在爐中退冷，將管取出，於釉光紙上舒展鐵螺旋，剝落其上所結之金屬砷，又將金屬帽上及管壁上之金屬砷搜集，合併攪之，計其

成分.



索引

(排列依畫數次序數字表頁數)

一畫

一硅酸鹽, 139
一硫酸鹽溶液 418
α 鐵, 174
β 鐵, 174

二畫

二形性, 22
二硅酸鹽, 139
二硫化二砷, 482
人力旋轉煉鐵法, 198

三畫

三稜錐, 210
三分一法, 313
三硅酸鹽, 139
三二硅酸鹽, 138
三氧化二砷, 482
三硫化二砷, 482
工作底, 193
下來管, 87
土紅礦砂, 113
大衛斯窯, 82

四畫

水鏡, 125
水銀, 118, 434
水銀池法, 405
水銀氣壓計, 94

水赤礦, 113
水淋塔, 56, 187
水煤氣, 65
水套爐, 308
水凝集室, 186
水力衝洗法, 378
水箱及水套, 86
火坑, 39
火泥, 69
火氫, 70
火醜, 26
火星石, 71
火蛇坩堝, 79
木錫, 116
木炭, 47
木炭提淨爐, 202
比重, 3
比熱, 21
比國法, 334
巴黎塔, 482
巴里瑟彈, 158
巴特勒特法, 325
反酸爐, 98-106
 焙砂反酸爐, 98
 愛德華齊爐, 101
 熔砂反酸爐, 102
 氣體爐, 103
 西門子煉鋼循環爐, 103
 西門子新式循環爐, 104
反酸爐熔煉法, 250
分凝, 146
分解塔, 361
方鉛礦, 115

方錫礦, 120
化學鉛, 326
化合狀碳素, 176
不列顛金, 165, 459
不倫頓焙爐, 485
五氧化二砷, 482
五硫化二砷, 483
手選, 123
牛頓金, 490
中性材料, 73
孔雀銅礦砂, 115

五畫

白金, 119, 426
白砒, 482, 485
白砒玻璃, 468
白鐵, 177
白鐵礦, 113
白鐵爐, 199
白雲石, 73, 121
白鉛礦, 115
白鹵鹽, 122
白納多法, 212
白色金屬, 254
白色金屬渣, 256
生鈹, 496
生銑, 340
生錫, 457
生錫, 347
生錫之精煉, 347
生銅, 176, 214
生鐵, 175

灰鐵, 176
 斑鐵, 177
 白鐵, 177
 柏塞麥生鐵, 178
 鹽基性生鐵, 178
 熱鐵渣生鐵, 178
 生鐵合金, 181
 鏡鐵, 181
 鐵錳, 181
 硅鐵(鐵硅), 182
 硅鏡鐵, 182
 硅鐵錳, 182
 鐵錳, 182
 鐵鋼屑法, 233
 生產爐, 60
 四門子生產爐, 62
 威爾遜生產爐, 62
 達夫生產爐, 63
 生產爐氣, 61
 石鹽, 122
 石英, 72
 石英石, 72
 石灰法, 441
 石灰坩堝炒, 428
 石墨坩堝, 77
 石墨狀碳素, 176
 卡路里, 276
 卡倫達電高溫計, 34
 卡斯特涅煉鉀法, 452
 卡斯特涅煉鈉法, 453
 卡塔拉泥亞淺爐, 202
 卡塔拉泥亞熱鐵爐, 89
 加壓, 144
 加倍法, 276
 加軸生鐵, 181
 加巴爾礦石, 358
 去硫, 59
 去硫烘焙, 133
 可用氫, 80
 可溶性, 14
 布魯耳法, 205
 布魯刺勒煨燒爐, 128
 甘銹, 118

本生燈, 26
 永久變相, 8
 包金鍍金, 402
 包金葉, 402
 火鍍, 402
 裝飾品之鍍金, 402
 電鍍, 403
 司德特斐爾特爐, 414

六 畫

自由金, 374
 自然水銀, 118
 自然砷, 121
 自然鉛, 115
 自然鉍, 120
 自然銅, 114
 自然銀, 117
 自然錒, 120
 自然鐵, 112
 西門子法, 231-238
 西門子馬丁法, 233
 西門子直接煉法, 206
 西門子生產爐, 62
 西門子旋轉爐, 206
 西門子煉鋼循環爐, 103
 西門子新式循環爐, 104
 西門子水高溫計, 33
 西門卡偉爐, 55
 西利西亞法, 338
 合金, 143
 合金之製法, 143-146
 熔融, 143
 加壓, 144
 電沈結, 146
 合金之構成, 170-174
 純淨游離金屬, 170
 此金屬溶於彼金屬中所
 成之固體溶液, 170
 金屬與金屬所成之化
 物, 171
 金屬與非金屬所成之化
 合物, 172

善熔合金之混合物, 172
 化合物溶於過量金屬中
 所成之固體溶液, 173
 同素異性物, 173
 合金之溶液學說, 167
 灰塵, 186
 灰鐵, 176
 第一級生鐵, 177
 第二級生鐵, 177
 第三級生鐵, 177
 第四級生鐵, 177

灰銅礦, 115
 灰色鉛渣, 295
 有光之鍍, 26
 有展性之鑄造物, 219
 延性, 5
 收熱, 277
 列假, 209
 光澤, 14
 印度鋼, 222
 安息油, 58
 冰晶石, 120
 同形晶體, 171
 池溶液法, 387
 次硅酸鹽, 138
 考爾斯法, 448
 托爾波特法, 235

七 畫

冷短, 194
 冷鑄, 179
 冷爐生火, 190
 赤銅礦, 114
 赤鐵礦, 113
 克羅對法, 290, 421
 克利夫蘭鐵石, 113
 狄納斯石, 71
 狄納斯鐵, 72
 罕亨吞磨, 382
 罕亨吞希柏林法, 305
 沙金, 110, 117
 沙提永法, 478

武德金, 490
 武拉斯吞法, 427
 長砂, 118
 尾渣, 377
 汽鎚, 209
 單動汽鎚, 209
 雙動汽鎚, 209
 吹機, 93-94
 魯特吹機, 94
 扇頁吹機, 94
 含水鹽, 167
 冶金學, 1
 助熔劑, 187
 角銀礦, 117
 谷次科法, 399
 伴林德爐, 295
 坎爾蒸溜甌爐, 412
 兌爾尾克夫萊瑟法, 67
 沈澱法或鐵還原法, 464

八 畫

金, 117, 372
 金塊, 378
 金屬, 1
 金屬之流動, 12
 金屬結晶學, 170
 金屬交互化合物, 171
 金之精煉法, 393
 硝酸法, 395
 硫酸法, 396
 谷次科法, 399
 密勒法, 400
 洛茲法, 401
 電解法, 401
 泡銅, 256
 泡鋼, 218
 泡銻礦, 120
 坩堝, 75
 陶泥坩堝, 75
 石墨坩堝, 77
 坩堝爐, 106
 坩堝生鋼, 220

空氣之供給, 90
 空氣還原法, 135, 295, 434
 空氣凝集室, 183
 坯牀, 88
 坯模, 88
 坯鐵, 88
 易熔金, 165
 易德里亞法, 435
 易德里亞新法, 436
 諾法克爐, 436
 拆馬克爐, 437
 放熱, 276
 放溢孔, 86
 波歇斯法, 453
 波伊迪斯爐, 337
 阿爾瑪丁法, 438
 阿顏爾特煉焦爐, 53
 泥煤, 40
 泥鐵石, 111
 使具星形, 466
 使鉛變硬, 310
 底銅, 260
 青銅, 163, 350
 噉銅, 155, 163
 小鐘銅, 163
 大鐘銅, 163
 鐘洞, 164
 磷青銅, 155, 163
 鉛青銅, 163
 錳青銅, 163
 日本青銅, 163
 中國青銅, 163
 沼煤, 44
 昇華, 136
 抽絲, 6
 拖磨, 406
 來復報, 210
 屈撓點, 9
 帕忒刺法, 414
 河底採金, 377
 固定碳素, 53
 拆馬克爐, 437

長方蒸溜爐, 441
 孟盤裝填機, 84
 杯管裝填機, 85

九 畫

紅鉛, 328
 紅鉛礦, 115
 紅鉛礦, 116
 紅錫礦, 120
 柏塞麥法, 224-229
 柏塞麥生鐵, 178, 228
 柏塞麥煉法, 134
 柏特龍退爾法, 234
 星球, 466
 星紋, 455
 星錫, 455, 458
 美國塊鐵爐, 203
 美國鉛砂淺爐, 310
 英國法, 387
 英國骨灰杯爐, 318
 威廉錫礦, 116
 威爾遜生鐵爐, 62
 風化, 130
 後吹, 230
 毒砂, 113, 121
 柄鎚, 207
 泉幣金, 168
 金幣, 166
 銀幣, 167
 珍珠石, 173
 洛茲法, 401
 重黑沙, 373
 碳酸鉛, 294
 耐火材料, 69
 酸性材料, 69-72
 鹼基性材料, 72-78
 中性材料, 73-74
 氫硅酸鉛, 322
 科佩煉焦爐, 54
 韋克司梯德機, 11
 宜美索爾未爐, 56
 哈德費爾特錳鋼, 238

拜厄製三氧化二鉛法, 448
刺狀特直角形鼓風爐, 307

十 畫

砷, 121, 481
砷化鎳, 353
砷化白金礦, 119
砷玻璃, 482
砷銻礦, 119
砷鐵礦, 121
氧化鉛, 293
氧化錫, 456
 三氧化二錫, 456
 四氧化二錫, 456
 五氧化二錫, 456
氧化鋅, 350
氧化鎳, 351
氧化烘焙, 133
烘焙, 132-134
 氧化烘焙, 133
 去硫烘焙, 133
 提淨烘焙, 134
烘焙法, 169
 單純烘焙, 470
 揮發烘焙, 471
烘焙銻礦, 331
 烘焙銻銻礦, 331
 烘焙硫銻礦, 331
脈錫, 116
脈金, 117, 374
脈金採取法, 379
針錫, 458
針鐵礦, 113
針形鎳礦, 118, 353
高碳鋼, 239
高塊鐵爐, 203
骨灰杯法, 135
骨灰杯提銀法, 318
海棉鐵, 204
海格勒爐, 107
鼠煤, 43
鼠籠爐, 103

退冷室, 206
退斯法, 386-387
脆性, 4
脆銀礦, 117
馬肉礦砂, 115
馬勒柏德樓卡計, 32
浮金, 377
展性, 3
核熔, 19
弱線, 179
烙爐, 107
 海格勒爐, 107
流水錫, 110, 116
破石機, 123
酒石英, 132
純淨度, 385
留磁性, 21
倍彈力, 8
迴轉爐, 225
砌堆煨燒, 127
浸漬藥水, 161
倭克爾鑄機, 283
格刺奈察爐, 440
浦耶氏爐火溫度表, 15

十一 畫

硅鋼, 238
硅氧氫, 72
硅酸鉛, 295
硅酸鋅, 330
硅酸鎳, 352
硅孔雀石, 114
淘洗, 125
淘盆, 374
淘金溝, 376
淘金槽, 376
淘金搖牀, 375
淺爐, 89
淺沙金, 375
淺沙金採取法, 374
 淘盆, 374
 淘金搖牀, 375

淘金溝, 376
淘金槽, 376
淺紅銀礦, 117
深沙金, 374
深沙金採取法, 377
 水力衝洗法, 378
深紅銀礦, 117
混錄, 137
混錄法, 380, 405
混沙黏土造模法, 192
乾沙, 192
乾銅, 257
乾煉法, 198
得微爾法, 429
得微爾煉法, 446
得羅樂金礦, 487
張強, 6
張應力, 6
基爾斯窯, 81
基爾斯空氣捲揚機, 89
商品錫, 457
 生錫, 457
 針錫, 458
 勒究拉斯錫, 458
 星錫, 458
商品鐵條, 211
密度, 2
密勒法, 100
粗錫, 468
粗金屬, 252
袋房, 324, 474
瓷泥, 69
紫砂, 84, 113
甜焙, 135
透磁, 21
強煨, 16, 214
掀鏈, 297
剪斷, 210
莫氏表, 11
煤面礦, 118
異極礦, 116
捲揚機, 88
 基爾斯空氣捲揚機, 89

清潔器, 56
梨形瓦爐, 438
陶泥坩堝, 75
桶形迴轉爐, 273
勒克拉斯錫, 458
麥道果爾式熔爐, 248
部分的碱鐵熔煉法, 245
康瓦爾熔煉黑錫法, 346
從洋鐵屑及舊洋鐵器取錫法, 349

十二畫

硫化鉛, 264
硫化銅, 261
硫化鋅, 330
硫化錫, 456
 三硫化二錫, 456
 五硫化二錫, 456
硫化鐵, 353
硫酸法, 306
硫酸鋅, 320
硫酸鉛, 294
硫酸鉛礦, 115
硫酸氫甲基質, 323
硫銻礦, 116
硫錳礦, 121
硫鐵熔煉法, 245, 270
硬度, 11
硬銻, 340
硬頭, 347
硬燬, 16, 214
硬鐵, 216
硬碳素, 216
黑錫, 345
黑銅, 243, 266
黑銅礦, 114
黑鐵石, 111
黑色鉛渣, 301
揮發, 18
揮發塔, 361
揮發烘焙, 471
揮發烘焙法, 457

黃銅, 162
 最佳黃色黃銅, 162
 普通黃銅, 162
 門子金, 155, 163
 硬黃銅, 162
 兌塔金, 155, 163
 海軍用黃銅, 163
 黃銅鍍金, 163
黃銅礦, 115
黃錫礦, 116
黃鐵礦, 113
奧福德法, 359
奧古斯丁法, 421
奧克斯蘭德法, 345
奧克斯蘭德熔爐, 485
焦砂, 113, 289
焦煤, 51
焦煤提淨爐, 202
渣滓鉛, 332
渣滓爐, 391
渣滓爐法, 391
菱苦土, 73, 121
菱銻礦, 116
菱鐵礦, 113
普通錫, 347
普通褐鐵礦, 113
普拉特涅法, 383-386
單銻, 465
單剪鋼, 220
單純烘焙, 470
韌性, 6
韌鋼, 257
韌燬, 16, 215
智利礬, 406
智利硝石, 122
智利銅條, 242
氯化法, 136
氯化法, 383
 普拉特涅法, 383-386
 退斯法, 386-387
 池溶液法, 387
氯化鉀礦, 122
斑鐵, 177

斑銅礦, 115
無煙煤, 44
無端帶, 126
萊因式爐, 337
萊因法或比國西利西亞法, 340
精品, 22
黏品法或柏丁生法, 312
極大應力, 8
極度張力, 8
湯姆生法, 212
湯姆生氏卡計, 32
鈉, 122, 453
鈹, 119, 432
雄黃, 121, 459
湖銅, 242
散煤, 43
琥珀金, 373
斯派斯, 157, 483
硝酸法, 395
循環爐, 61, 96
 喜特衛爾爐, 96
 顧伯爐, 16
短缺煤, 43
集鐵坑, 192
最大應力, 8
晶形組織, 23
 細粒狀, 23
 粗粒狀, 23
 纖維狀, 23
 玻璃狀, 23
提淨烘焙, 184
善熔合金, 147, 167, 314
圍爐煨燒, 127
焙砂反缺爐, 98
喜特衛爾爐, 96
傅司加夫高塊鐵爐, 204

十三畫

鉛, 115, 292
鉛皮, 326
鉛管, 326

鉛彈, 327
 鉛合金, 164
 活字金, 164
 重承托物金, 164
 輕承托物金, 164
 鉛匠錫金, 164
 錫匠鉛金, 164
 英國錫器金, 164
 法國錫器金, 164
 鉛彈金, 164
 鉛燬法, 134
 鉛中分銀, 312
 結晶法, 312
 銑法, 315
 鉛之電解精煉法, 321
 煉坑, 86
 煉爐, 80
 甄窯, 81-82
 鼓風爐, 82
 淺爐, 89
 反錐爐, 98-100
 坩堝爐, 106
 烙爐, 107
 煎溜瓶爐, 109
 煉鋼, 222
 煉錫, 195
 煉鉛法, 295
 空氣還原法, 295
 鐵還原法, 299
 滓渣爐法, 301
 水套爐, 303
 蘇格蘭鉛砂淺爐, 309
 美國鉛砂淺爐, 310
 煉劑乾法, 245
 反錐爐熔煉法, 250
 鼓風爐熔煉法, 264
 電解法, 401, 452, 453
 電解銑, 341
 電解精煉法, 284
 平結式, 284
 順結式, 284
 電沈結, 146
 電鍍銀, 425

電燬接, 212
 湯姆生法, 212
 白納多法, 212
 電熔煉法, 447
 鼓風爐, 82
 鼓風爐氣, 67
 鼓風爐熔煉法, 264
 鼓風爐煉錫法, 348
 鼓風機關, 91-93
 複動機關, 92
 直接動垂直機關, 93
 煤氣機關或內燃機關, 93
 鼓風烘焙法, 305
 鉍, 120, 489
 鉍土, 120
 鉍之精煉, 496
 乾法, 496
 溼法, 497
 鉍之提煉法, 491
 乾法, 491
 溼法, 495
 煤, 41
 褐煤, 41
 煙煤, 42
 燭煤, 44
 無煙煤, 44
 煤餅, 60
 煤焦油, 55
 圓桶法, 409
 圓鍋法, 411
 圓輥機, 124
 煙煤, 42
 散煤, 43
 氣煤, 43
 爐煤, 43
 短錐煤, 43
 蒸汽煤, 43
 煙道灰塵及鉛煙, 323
 煨燒, 127-128, 132
 砌堆煨燒, 127
 圓桶煨燒, 127
 甄窯煨燒, 128

煨接, 212
 過性, 258
 過性銅, 257
 溶劑, 181
 溶濾法, 131
 傳熱, 20
 傳電, 20
 鈷, 118, 370
 鈷錳土, 119
 精化法, 136, 387, 423
 精化物毀滅劑, 392
 鉀, 122, 451
 裝砂, 84
 孟盤裝填機, 84
 杯管裝填機, 85
 雌黃, 121, 489
 腹鏈, 208
 試機, 10
 韋克司梯德機, 11
 溝鐵, 88
 著色爐, 328
 淺色鈹, 343
 煨鋼穴, 236
 預熱室, 206
 腎砂, 113
 搗礦碓, 124
 歲門特法, 19, 216
 達夫生產爐, 63
 蜂巢煉焦爐, 51
 愛德華吝爐, 101

十四畫

熔煉, 131
 熔點, 14
 熔渣, 138
 熔渣模, 88
 熔離, 136, 146
 熔離法, 460
 用壚, 462
 用管, 463
 用反錐爐, 462
 熔融, 143

熔融層, 190
 熔融帶, 271
 俗鐵爐, 190
 熔砂反酸爐, 102
 精煉法, 279
 精煉錫, 347
 精煉銅, 257
 精煉銅渣, 257
 精選銅, 242, 260
 銀, 117, 404
 銀泥, 291
 銀珠, 443
 銀礦砂, 404
 自由礦砂, 404
 離熔礦砂, 404
 熔煉礦砂, 405
 蒸溜, 136
 蒸溜甌爐, 109
 蒸汽煤, 43
 蒸發熱力, 35
 磁性, 21
 向磁, 21
 背磁, 21
 磁鐵礦, 113
 磁硫鐵礦, 113
 磁性黃鐵礦, 353
 銅, 114, 240
 銅絲, 240
 銅線合金, 164
 銀幣, 164
 德國銀, 164
 美國賽銀, 164
 中國賽銀, 164
 綠線礦, 118
 綠銅礦(孔雀石), 114
 綠銅礦, 114
 夢德法, 35C
 夢德氣, 64
 蜜陀僧片, 327
 蜜陀僧粉, 327
 榨機, 207, 209
 榨機, 207
 絡網, 238

鉻鐵礦, 73
 鉍, 119, 432
 鉍銻齊(亦稱銻鉍合金)
 119
 鼻鏈, 208
 碲化金, 117
 維那金, 459
 酸性材料, 69-72
 銻鉍合金, 428
 碳化物碳素, 216
 赫倫士密特法, 474

十五畫

鋅, 116, 329
 鋅白, 342
 鋅灰, 335
 鋅板, 332
 鋅餅, 332
 鋅煙, 333
 鋅合金, 165
 減摩擦金, 165
 巴比特金, 165
 鋅鐵礦, 116
 鋅之精煉, 340
 鋅之熔煉法, 333
 比國法, 334
 英國法, 337
 西利西亞法, 333
 萊因法或比國西利西亞
 法, 340
 電熔煉法, 342
 鋅砂之電熔煉法, 342
 鋅法或帕克斯法, 315
 輝鈷礦, 119
 輝鈷礦, 120
 輝銀礦, 118
 輝銅礦, 114
 輝銻礦, 120
 輝鐵礦砂, 113
 熱鋼, 176, 214, 223
 熱鋼之煉法, 224
 柏塞麥法, 224-229

鹽基性柏塞麥法, 229-
 231
 西門子法, 231-233
 西門子馬丁法, 233
 鹽基性西門子法, 233-
 234
 柏特龍退爾法, 234
 托爾波特法, 235
 熱鐵, 176, 193
 熱鐵渣, 74
 熱鐵渣生鐵, 178
 鉛, 120, 445
 鉛鋼, 239
 鉛融接法, 449
 熱力, 28
 熱短, 194
 熱混銻法, 408
 衛得利爾機, 129
 衛爾士煉法, 251-258
 衛爾士改良法, 258-260
 銻, 120, 455
 銻熔劑, 466
 銻玻璃, 456
 墜落試法, 5
 墜重物試法, 5
 德麥氏安全燈, 25
 德國骨灰杯爐, 321
 彈力, 8
 彈性限度, 8
 褐煤, 41
 褐鐵礦, 113
 模, 192
 製砂, 123
 廢料, 110
 潛熱, 30
 軋壓, 210
 箱硬法, 219
 興祿煉法, 204
 齊服格爾法, 421
 機械旋轉煉爐, 199

十六畫

錫, 116, 344
 錫石, 116, 345
 錫板, 349
 錫礦, 344
 錫合金, 165
 不列顛金, 165
 減摩擦金, 165
 甄窯, 81-82
 蘇格蘭窯, 81
 基爾斯窯, 81
 大衛斯窯, 82
 甄窯燒炭, 49
 甄窯煨燒, 128
 燒焦, 258
 燒標, 210
 燒木炭法, 47
 燃料, 24, 36
 固體燃料, 37-60
 液體燃料, 60
 氣體燃料, 60-68
 燃燒, 24
 燃點, 25
 鋼, 214
 生鋼, 214
 熟鋼, 214
 曇金, 137, 241
 銷鏈, 112
 篩機, 40
 橙鉛, 328
 錳鋼, 238
 軋鐵, 216
 濃厚器, 423
 凝集機, 58
 諾法克爐, 436
 錐形淘盆, 375
 盧羅二氏法, 316

十七畫

還原, 431
 還原室, 206
 還原塔, 361
 還原劑, 132

濕沙, 192
 濕法提銅, 287
 鎂, 121, 450
 普通熔煉法, 451
 電熔煉法, 451
 磁石, 72
 薪柴, 37
 燭煤, 44
 餅銅, 242
 龍頭, 87
 斯脫福龍頭, 87
 蘇格蘭龍頭, 87
 魯意會噴水龍頭, 88
 應力變形曲線, 9

十八畫

鎳, 118, 351
 鎳石, 119, 353
 鎳鋼, 239
 鎳合金, 166
 鐵鎳, 160
 鎢鎳, 161
 鉻鎳, 166
 鉑鎳, 166
 蒙內爾金, 166
 鎳之提煉法, 353
 鎳之電冶法, 368
 鎳化炭基質, 352
 鎳, 121, 343
 鎳之提煉法, 343
 濾室, 474
 濾器, 40
 顏色, 13
 鎢鋼, 238
 鵝頭, 87
 鏈獎, 193
 臨界點, 21
 雙剪鋼, 220
 額外溶劑, 419
 斷裂應力, 6
 魏爾漢爐, 232
 舊金山連續煉錫爐, 438

十九畫

藍銅礦, 114
 藍色金屬, 254
 羅素法, 419
 錳合金, 374

二十畫

礦化, 41
 礦砂, 110
 礦砂之形狀, 112
 自然金屬, 112
 硫化物礦砂, 112
 氧化物礦砂, 112
 礦砂之產狀, 110-112
 沙礫等, 110
 礦牀, 111
 礦脈, 111
 荷包礦藏, 112
 蘇格蘭窯, 81
 蘇格蘭鉛砂浸爐, 309
 爐煤, 43

二十一畫

鐵, 112
 鐵法, 443
 鐵片, 212
 鐵板, 212
 鐵店魚, 52
 鐵挺塞, 55
 鐵礬土, 121
 鐵之種類, 175-176
 生鐵, 175
 熟鐵, 176
 生鋼, 176
 熟鋼, 176
 鐵鋁合金, 239
 鐵還原法, 299
 鐵筒煉鈉法, 458
 鐵鑪烘焙法, 395

彌散, 18
鍍金, 381
露火爐, 202
顧伯爐, 96

二十二畫

鑄道板, 190

二十三畫

變形, 8
變級, 179

二十四畫

鹽焙法, 136

鹽基性鋼, 231
鹽基性生鐵, 178
鹽基性材料, 72
鹽基性四門子法, 233-234
鹽基性柏塞麥法, 229-231

二十八畫

鸚鵡煤, 44

英漢譯名對照表

A

Acetates, 醋酸鹽
 Acid materials, 酸性材料
 After blow, 後吹
 Air-reduction process, 空氣還原法
 Air supply, 空氣之供給
 Allotropic modifications, 同素異性物
 Alloy, 合金
 Alloys of pig iron, 生鐵之合金
 Alluvial gold, 沙金
 Almaden process, 阿爾馬丁法
 Aludels, 梨形瓦爐
 Aludel furnace, 梨形瓦爐爐
 Aluminates, 鋁酸鹽
 Aluminium, 鋁
 Aluminium bronze, 鋁青銅
 Aluminium steel, 鋁鋼
 Amalgam, 銻膏
 Amalgamated copper plates, 混銻銅板
 Amalgamation, 混銻
 American bloomery, 美國塊鐵爐
 Ampere, 安培
 Anaconda, 安納康打
 Arglesite, 硫酸鉛礦
 Annealing, 軋煨
 Anthracite, 無煙煤
 Anthracitic or steam coal, 蒸汽煤
 Antifriction metals, 減摩擦金
 Antimony, 銻
 Antimony flux, 銻熔劑
 Antimony glance, 輝銻礦
 Antimony glass, 銻玻璃

Appolt coke oven, 阿顏爾特煉焦爐
 Argentite, 輝銀礦
 Argol, 酒石英
 Arrastra, 拖磨
 Arseniates, 砷酸鹽
 Arsenic, 砷
 Arsenic glass, 砷玻璃
 Arsenides, 砷化物
 Arsenious acid, 亞砷酸
 Ash-pit, 灰坑
 Atacamite, 綠銅礦
 Atmospheric condenser, 空氣凝集室
 Augustin process, 奧古斯丁法
 Austen, 奧斯騰
 Available hydrogen, 可用氫
 Azurite, 藍銅礦

B

Babbitt's metal, 巴比特金
 Bag house, 袋房
 Balling, 巴林
 Barrel converter, 桶形迴轉爐
 Barrel or Thies process, 退斯法
 Barrel process, 圓桶法
 Bartlett process, 巴特勒特法
 Basalt, 玄武岩
 Basic carbonates, 鹽基性碳酸鹽
 Basic open-hearth process, 鹽基性西門子法
 Basic pig, 鹽基性生鐵
 Basic materials, 鹽基性材料
 Basic silicate, 鹽基性硅酸鹽
 Basic slag, 鹽基性渣

Basic steel, 弱基性鋼
 Batea, 錐形淘盆
 Bauxite, 鋁礬土
 Bayer process, 拜厄法
 Beehive coke oven, 蜂巢煉焦爐
 Belgian process, 比國法
 Bell and cone charging apparatus, 盞盤裝填機
 Bell metal, 鐘銅
 Belly helve hammer, 腹錘
 Benzol, 安息油
 Bernardos process, 白納多法
 Bertrand-Thiel process, 柏特龍退爾法
 Bessemer or hematite pig, 柏塞麥生鐵
 Bessemer process, 柏塞麥法
 Bessemerizing, 柏塞麥煉法
 Best selected copper, 精選銅
 Betts, 柏茲
 Bilbao, 畢爾巴鄂
 Bismuth, 鉍
 Bismuth ochre, 鉍土
 Bismuthine, 輝鉍礦
 Bismutite, 泡鉍礦
 Bituminous or furnace coal, 爐煤
 Bituminous or true coal, 煙煤
 Black copper, 黑銅
 Black flux, 黑助熔劑
 Black slag, 黑色鉛渣
 Black tin, 黑錫
 Blackband ironstone, 黑鐵石
 Blair's process, 布雷耳法
 Blair's later (direct-heating) sponge-making furnace, 布雷耳海棉鐵爐
 Blast, 鼓風
 Blast furnace, 鼓風爐
 Blast roasting process, 鼓風烘焙法
 Blister copper, 泡銅
 Blister steel, 泡鋼

Bloom, 鐵塊
 Blower, 吹機
 Blowing engine, 鼓風機
 Blowing in, 冷爐生火
 Blue metal, 藍色金屬
 Blue white, 藍白
 Boëtius furnace, 波伊迪斯爐
 Boghead cannel or torbanite, 沼煤
 Borates, 硼酸鹽
 Borchers' process, 波歇斯法
 Borneo, 波羅洲
 Boshes, 爐腹
 Bottoms, 底銅
 Rovey, 波尼
 Brand, 布蘭德
 Brass, 黃銅
 Breaking stress, 斷裂應力
 Bright red heat, 亮紅熱
 Brinell, 布林雷爾
 Briquettes, 煤餅
 Britannia metal, 不列顛金
 Brittleness, 脆性
 Bromargyrite, 溴化銀礦
 Bronze, 青銅
 Brown blaze, 褐色渣
 Brown hematite, 褐鐵礦
 Browse, 煤灰中黏著之鉛渣
 Brückner calciner, 布魯克勒煅燒爐
 Brunton calciner, 不倫頓煅爐
 Bunsen's burner, 本生燈
 Burnt, 燒焦
 Burnt clay, 燒過之陶泥
 Burnt ore, 焦砂

C

Cadmium, 鎘
 Caking coals, short flame, 短焰煤
 Caking, long flame gas-coal, 氣煤
 Calamine, 菱錳礦
 Calamine brass, 菱錳黃銅

Calcination, 煨燒	Chili bar, 智利銅條
Calcination in heaps, 砌堆煨燒	Chili niter, 智利硝石
Calcination in stalls, 圍牆煨燒	Chili regulus, 智利硫化銅
Calcium fluoride, 氟化鈣	Chilian mill, 智利碾
Callendar's pyrometer, 卡倫達電高溫計	Chill, 冷鑄模
Calomel, 甘錄	Chill casting, 冷鑄
Calorie, 卡路里	Chlorides, 氯化物
Calorific power, 熱力	Chloridizing roasting, 鹽焙法
Cananea, 坎納尼亞	Chrom iron ore, 鉻鐵礦
Cannel coal, 燭煤	Chrome steel, 鉻鋼
Carbide carbon, 碳化物碳素	Chromium, 鉻
Carbonates, 碳酸鹽	Chrysocolla, 硅孔雀石
Carbon dioxide, 二氧化碳, 碳酸氣	Cinnabar, 辰砂
Carbon monoxide, 一氧化碳	Clapp-Griffiths, 克拉拍格里非特
Carboniferous period, 石炭紀	Claudet process, 克羅對法
Carnallite, 白鹵鹽	Clay crucible, 陶泥坩堝
Carnegie, 卡內基	Clayband ironstone, 泥鐵石
Case hardening, 箱硬法	Clays, 陶泥
Cassiterite or tinstone, 錫石	Cleveland ironstone, 克里夫蘭鐵石
Cast iron, 生鐵, 鑄鐵	Coal, 煤
Castner's process, 卡斯特涅法	Coal gas, 煤氣
Catalan forge, 卡塔拉泥亞熱鐵爐	Coal tar, 煤焦油
Cementation process, 歲門特法	Coarse antimony, 粗銻
Centigrade scale, 百度計	Coarse metal, 粗金屬, 粗銅鑄金
Cerussite, 白鉛礦	Cobalt, 鈷
Chalcocite, 輝銅礦	Cobaltiferous wad, 鈷錳土
Chalcopyrite, 黃銅礦	Cobaltine, 輝鈷礦
Change of grade, 變級	Coke, 焦炭
Charcoal, 木炭	Coke finery, 焦炭提淨爐
Charcoal burning, 燒木炭法	Coke oven, 煉焦爐
Charcoal burning in kilns, 甌窯燒炭	Cold chisel, 冷錐
Charcoal finery, 木炭提淨爐	Gold rolling, 冷軋
Charging, 裝砂	Cold short, 冷短
Charging gallery, 裝砂壑	Colorado, 科羅拉多
Chatelier, 沙特列	Colouring oven, 著色爐
Chatillon process, 沙提永法	Combined carbon, 化合狀碳素
Chenot process, 興霖煉法	Common tin, 普通錫
Cherry red, 櫻桃紅	Conchoidal, 貝殼狀
Cheshire, 拆細耳	Condensing plant, 凝集機
	Cone classifiers, 圓錐分離器

- Continuous Californian furnace, 舊金山連續煉鉄爐
 Converter, 退轉爐
 Cooler, 退冷室
 Cooling, 退冷
 Coprès coke oven, 科佩煉焦爐
 Copper, 銅
 Copper glance, 輝銅礦
 Copper precipitate, 銅沈澱
 Copper pyrites, 黃銅礦
 Copper Queen, 科拍琴礦山
 Cornish or iron-reduction process, 鐵還原法
 Cornwall, 康瓦爾
 Corundum, 鋼玉
 Cote and Pierron, 哥德及皮能兩氏
 Cowles process, 考爾斯法
 Cowper stove, 顧伯爐
 Cradle or rocker, 淘金搖床
 Critical point, 臨界點
 Crucible, 坩堝
 Crucible cast steel, 坩堝生鋼
 Crucible furnace, 坩堝爐
 Crude antimony, 生銻
 Crude bismuth, 生銻
 Crude tin, 生錫
 Crude zinc, 生鋅
 Cry of tin, 錫鳴
 Cryohydrate, 含水體
 Cryolite, 冰晶石
 Crystalline structure, 晶形組織
 Crystallization or Pattinson process, 結晶法或帕丁生法
 Cube nickel, 立方鎳
 Cup and pipe charging apparatus, 杯管裝填機
 Cupel, 骨灰杯
 Cupellation, 骨灰杯法
 Cupola, 熔鐵爐
 Cuprite, 赤銅礦
 Cuprous-sodium hyposulphite, 一硫硫酸銅鈉
 Cyanic'ees, 精化物毀滅劑
 Cyanidation, 精化法
 Cyanide process, 精化法
 Cyanides, 精化物
 Cyanogen, 精
 Cyanogen bromide, 溴化精
 Czerniak furnace, 拆馬克爐
- D
- Danks' puddling furnace, 丹克斯煉鐵爐
 Darby, 達比
 Davis-Colby kiln, 大德斯窯
 Davy's safety lamp, 德費氏安全燈
 Dazzling white, 眩目白
 Decomposer, 分解塔
 Deep placer gold, 深沙金
 Dellwick-Fleischer process, 兌爾尾克夫萊瑟法
 Deloro gold mine, 得羅洛金礦
 Delta metal, 兌塔金
 Density, 密度
 Deposits, 礦藏
 Derbyshire, 德祇州
 Deville and Debray's process, 得微爾法
 Deville's extraction process, 得微爾煉法
 Desulphurization, 去硫法
 Desulphurizing roasting, 去硫烘焙
 Diamagnetic, 背磁
 Diamond, 金剛石
 Diamorphous, 二形性
 Diffusion, 滲散
 Dinas brick, 狄納斯磚
 Dinas rock, 狄納斯石
 Direct-acting vertical blowing engine, 直接動垂直鼓風機

Distillation, 蒸溜
 Distilled oils, 蒸溜油
 Distilling or retort furnace, 蒸溜甌爐
 Dolomite, 白雲石
 Double-acting engine, 複動機關
 Double-acting hammer, 雙動汽錘
 Double shear steel, 雙剪鋼
 Doubling, 加倍法
 Down comer, 下來管
 Drachm, 打蘭 = 54.68 克冷
 Draught, 氣流
 Drop test, 墜落試法
 Dry copper, 乾銅
 Dry puddling, 乾煉法
 Dry sand, 乾沙
 Ductility, 延性
 Duff producer, 達夫生產爐
 Dust box, 灰箱

E

Earthy cobalt, 鈷錳土
 Edwards furnace, 愛德華杏爐
 Elasticity, 彈力
 Electric conductivity, 傳電
 Electric horse power, 電馬力
 Electric welding, 電接
 Electro-deposition, 電沈結
 Electro-gilding, 電鍍金
 Electrolysis, 電解法
 Electrolytic copper, 電解銅
 Electrolytic zinc, 電解鋅
 Electro-plating, 電鍍
 Electro-reduction, 電力還原
 Electro-refining, 電解精煉
 Electrotyping copper, 電板銅
 Electrotyping, 電鍍銅
 Electrum, 琥珀金
 Enargite, 砷銅礦
 Endothermic, 收熱
 English process, 英國法

Erubescite or peacock copper ore,
 斑銅礦, 孔雀銅礦砂
 Eutectics, 善熔合金
 Evaporative power, 蒸發熱力
 Exothermic, 放熱
 Extra-solution, 額外溶劑

F

Fahl ore, 灰銅礦砂
 Fahrenheit scale, 華氏計
 Falling weight test, 墜重物試法
 Fan blower, 扇頁吹機
 Fat coals, 肥煤
 Faults, 錯縫
 Feldepar, 長石
 Ferric oxide, 三氧化二鐵
 Ferro-aluminium, 鐵鋁合金
 Ferro-chrome, 鐵鉻
 Ferro-manganese, 鐵錳
 Ferro-silicon or silicon-eisen, 鐵硅,
 硅鐵
 Ferrous oxide, 一氧化鐵
 Filter press, 濾壓機
 Filtration chamber, 濾室
 Fineness, 純淨度
 Fire box plate, 火箱甲
 Fire brick, 火甌
 Fire bridge, 火橋
 Fire clay, 火泥
 Fire place, 火坑
 Flaky arsenic, 片砷
 Flaky litharge, 渣陀僧片
 Fleitmann, 夫萊特漫
 Flint, 燧石
 Flintshire or air-reduction process
 空氣還原法
 Float gold, 浮金
 Flow of metals, 金屬之流動
 Flue bridge, 煙道橋

Flue dust and lead fume, 煙道灰塵
及鉛煙

Fluorspar, 螢石

Fluxes, 助熔劑

Fore hearth, 集鐵坑

Forge train, 列輓

Foundry, 鑄造廠

Fracture, 斷面

Franklinite, 銻鐵礦

Fraser & Chalmers, 福洽公司

Free milling, 自由金

Freiberg, 夫萊堡

French metal, 法國金

Frue vanner, 無端帶

Fuels, 燃料

Furnace, 煉爐

Fusible ferrous silicate, 易熔之硅酸鐵

Fusible alloys, 易熔金

Fusibility, 可溶性

G

Galena, 方鉛礦

Galley furnace, 長方蒸溜爐

Gallon, 加倫 = 10 磅

Galvanized iron, 鍍銻之鐵

Galvanometer, 電流計

Gangue or veinstuff, 廢料

Ganister, 火星石

Garfield, 加飛爾

Garnierite, 加尼爾礦石

Gas furnace, 氣體爐

Gas main, 總氣道

Gas producer, 生產爐

Gerardin, 櫻刺丁

German silver, 德國銀

Gilding, 包金鍍金

Gjers kiln, 基爾斯窯

Gjers pneumatic hoist, 基爾斯空氣
捲揚機

Glazed pig, 加釉生鐵

Gold, 黃金

Goldfield Consolidated Mill, Ne-
vada, 金田聯合廠

Goldschmidt, 哥德士密特

Gold-washing pan, 淘金盆

Goose-neck, 鵝頸

Göthite, 鉛鐵礦

Grain, 克冷 = $\frac{1}{7000}$ 磅

Granitza furnace, 格刺奈察爐

Graphite, 石墨

Graphitic carbon, 石墨狀碳素

Gray iron, 灰鐵

Gray slag, 灰色鉛渣

Greenland, 格林蘭

Greenockite, 碲鎳礦

Grüner, 格魯涅

Gun metal, 礮銅

Guthrie, 古斯里

Gutzkow's process, 谷次科法

H

Hadfield's manganese steel, 哈德費
爾特錳鋼

Hammer scale, 錘磅

Hampe, 漢拍

Hand picking, 手選

Hardening, 硬煅

Hardening carbon, 硬碳素

Hardhead, 硬頭

Hard zinc, 硬銻

Hartz, 哈子山

Harvey, 哈維

Hearth, 煉坑, 淺爐

Heat conductivity, 傳熱

Heat of combustion, 燃燒熱

Heavy black sand, 重黑沙

Heavyspar, 重晶石

Hegeler furnace, 海格勒爐

Helve hammer, 柄錘

Hematite, 赤鐵礦
 Henry Oort, 亨利科特
 Herrenschildt process, 赫倫士密特法
 High carbon steel, 高碳鋼
 Hoist, 捲揚機
 Horn silver, 角銀礦
 Horse flesh ore, 馬肉礦砂
 Horse shoe main, 馬蹄鐵
 Hot amalgamation, 熱混汞法
 Hot or red short, 熱短
 Huntington-Heberlein process, 亨亨希柏林法
 Huntington mill, 亨亨磨
 Husafvel's high bloomery, 傅司加夫高塊鐵爐
 Hydraulicing, 水力衝洗法
 Hydrocarbons, 碳氫化合物
 Hyposulphite, 一硫磺酸鹽
 Hyposulphite leaching, 一硫磺酸鹽溶濾法

I

Idrian process, 易德里亞法
 Ignition point, 燃點
 Ilmenite, 錳鐵礦
 Incipient red, 微紅
 Intermetallic compound, 金屬交互化合物
 Internal combustion engine, 內燃機關
 Iodargyrite, 碘化銀礦
 Iodides, 碘化物
 Ireland, 愛爾蘭
 Iridium, 銱
 Iridosmine, 銱銱
 Iron, 鐵
 Iron process, 鐵法
 Iron sponge, 海棉鐵
 Iron sulphide, 硫化鐵
 Isomorphous crystals, 同形晶體

J

Jig, 水簸

K

Kaolinite or china clay, 瓷泥
 Kernel roasting, 核焙
 Kidney ore, 腎礦砂
 Kiln, 窯

L

Lake copper, 湖銅
 Lake Superior, 蘇必利爾湖
 Latent heat, 潛熱
 Leaching process, 溶濾法
 Lead, 鉛
 Lead fluosilicate, 氟矽酸鉛
 Lead sheet, 鉛皮
 Lean coals or maigres, 瘦煤
 Lignite or brown coal, 褐煤
 Lime crucible furnace, 石灰坩堝爐
 Lime mortar, 石灰三合土
 Lime process, 石灰法
 Limestone, 石灰石
 Limit of elasticity, 彈性限度
 Limonite, 普通褐鐵礦
 Lines of weakness, 弱線
 Liquation, 熔離
 Liquation process, 熔離法
 Litharge, 密陀僧
 Lloyd's spray tuyere, 魯意會噴水龍頭
 Loam moulding, 泥沙黏土造模法
 Löllingite and leucopyrite, 砷鐵礦
 Luce-Rozan process, 盧羅二氏法
 Luminous flame, 有光之燄
 Lustre, 光澤

M

M'Dougall furnace, 麥道果爾爐
 Magnesite, 菱苦土

Magnesium, 鎂
 Magnetic concentration, 磁力圈聚法
 Magnetic permeability, 透磁性
 Magnetite, 磁鐵礦
 Mahler-Berthelot bomb calorimeter, 馬勒柏德樓卡計
 Malachite, 孔雀石, 綠銅礦
 Malay Peninsula, 馬來半島
 Malleable castings, 有展性之鑄造物
 Malleability, 展性
 Manganese bronze, 錳青銅
 Manganese steel, 錳鋼
 Marcasite, 白鐵礦
 Marl, 天產之灰泥
 Marseilles, 馬賽
 Marsh gas, 沼氣
 Matte, 鑛金
 Matthey, 馬退
 Maximum stress, 極大壓力
 Mayenne, 美廷
 Melting point, 熔點
 Mercury, 水銀
 Mercury manometer, 水銀氣壓計
 Metallography, 金屬結晶學
 Metallurgy, 冶金學
 Metals, 金屬
 Metastannic acid, 錫酸
 Method of thirds, 三分一法
 Methylsulphuric acid, 硫酸錳甲基質
 Mexican or patio process, 水銀油法
 Mild steel, 熟鋼
 Milk of lime, 石灰乳
 Millerite, 針形線礦
 Miller's process, 密勒法
 Mineralized, 礦化
 Minium, 紅鉛礦
 Mispickel, 毒砂
 Modern Siemens gas producer, 西門子新式生產爐
 Modulus of elasticity or Young's modulus, 倍彈力

Moh's scale, 莫氏硬度表
 Moissan, 謨瓦散
 Mond gas, 夢德氣
 Mond nickel process, 夢德煉線法
 Monel metal, 蒙內爾金
 Monosilicate, 一硅酸鹽
 Montana, 蒙塔納
 Morgan Crucible Company, 莫模塔
 坩公司
 Moshet special steel, 錫鋼
 Mottled iron, 斑鐵
 Mt. Lyell, 來依爾山
 Muffle furnace, 焙爐
 Multiple or parallel system, 平結式
 Muntz metal, 門子金

N

Native metals, 自然金屬
 Natural gas, 天然氣
 Needle antimony, 針錫
 Neutral materials, 中性材料
 New Almaden, 新阿爾瑪丁
 New Caledonia, 新喀利多尼亞
 Newton's fusible alloy, 牛頓金
 Niccolai, 泥科來
 Niccolite or copper nickel, 線石, 銅
 線礦
 Nickel, 鎳
 Nickel carbonyl, 鎳化炭基質
 Nickel steel, 鎳鋼
 Nitrates, 硝酸鹽
 Non-caking coal, long flame, 散煤
 Nose helve hammer, 鼻錘
 North Wales, 北威爾斯
 Novak furnace, 諾法克爐
 Nuggets, 金塊

O

Oligocene period, 漸新紀
 Ontario, 安則藍阿

Orange lead, 橙鉛
 Ordinary steel, 生鋼
 Ore hearth, 鉛砂浸爐
 Ores, 礦砂
 Orford process, 奧福德法
 Orpiment, 雄黃
 Osmiridium, 銻鉍合金
 Osmium, 銻
 Osmond, 奧司蒙
 Ounce, 兩
 Outcrop, 露頭
 Overpoled copper, 過性銅
 Oxalic acid, 草酸
 Oxide ores, 氧化物礦砂
 Oxides, 氧化物
 Oxidizing roasting, 氧化烘焙
 Oxland calciner, 奧克斯蘭德焙爐
 Oxland's process, 奧克斯蘭德法

P

Palladium, 鈷
 Palliser projectiles, 巴里瑟彈
 Pan, 淘盆
 Pan amalgamation, 圓鍋混汞
 Pan process, 圓鍋法
 Paramagnetic, 向磁
 Paris green, 巴黎綠
 Parkes process, 帕克斯法
 Parrot coal, 鸚鵡煤
 Partial pyritic smelting, 部分的硫鐵
 焙煉法
 Patera process, 帕忒喇法
 Patio process, 水銀池法
 Pautrat, 包特納
 Peacock cop, er ore, 孔雀銅礦砂
 Pearlite, 珍珠石
 Peat, 泥煤
 Pennyweight, 本尼 = $\frac{1}{20}$ 兩
 Percy, 柏息

Permanent set, 永久變相
 Peroxides, 過氧化物
 Pewter, 白鐵
 Phillips, 菲歷普斯
 Phosphor bronze, 磷青銅
 Phosphor tin, 磷錫
 Phosphoric acid, 磷酸
 Pickling solutions, 浸漬藥水
 Pig and scrap process, 生鐵鋼屑法
 Pig bed, 坯牀
 Pig mould, 坯模
 Pigs, 坯鐵, 生鐵
 Pitch, 柏脂
 Plaster of Paris, 煨石膏
 Platinum, 白金
 Plattner process, 普拉特涅法
 Plumbago crucible, 石墨坩堝
 Pockets, 荷包礦藏
 Polybasite, 條面礦
 Potassium, 鉀
 Potassium chlorate, 氯酸鉀
 Potassium cyanate, 腈酸鉀
 Potassium cyanide, 腈化鉀
 Potassium sulpho-cyanate, 一硫腈
 酸鉀
 Pot roasting process, 鐵甕烘焙法
 Pouillet's scale, 浦耶氏爐火溫度表
 Precipitation or iron-reduction process, 沈澱法或鐵還原法
 Preheating chamber, 預熱室
 Producer, 生產爐
 Producer gas, 生產爐氣
 Proof bar or trial bar, 試條
 Proustite, 淺紅銀礦
 Puddled steel, 煉鋼
 Puddling, 煉鐵
 Puddling furnace, 煉鐵爐
 Purifying roasting, 提淨烘焙
 Purple ore, 紫砂
 Pyrargyrite, 深紅銀礦

Pyritic smelting, 硫鐵熔煉法

Pyromorphite, 綠鉛礦

Pyrrhotite, 磁硫鐵礦

Q

Quartz, 石英

Quartzite, 石英石

Quicksilver, 水銀

R

Ram, 鐵錘塞

Rand, 斷條

Raschette furnace, 刺狀特爐

Realgar, 雌黃

Recovery of by-products, 副產物之
收集

Red antimony, 紅錫

Red lead, 紅鉛

Red ochre, red raddle, or Puddler's
ore, 土紅礦砂

Reducing agents, 還原劑

Reducing tower, 還原塔

Reduction, 還原

Reduction chamber, 還原室

Refined copper, 精煉銅

Refined tin, 精煉錫

Refinery, 白鐵爐

Refinery slag, 精煉銅渣

Refining, 精煉

Refractory materials, 耐火材料

Refractory ores, 耐火礦砂

Regenerative system, 循環爐

Regule, 硫化銅

Regulus antimony, 勒先拉斯錫

Regulus of Venus, 維那金

Re-heating furnace, 循環爐, 再熱爐

Resin, 樹脂

Retentivity, 留磁性

Reverberatory furnace, 反鼓爐

Reversing rolls, 來復輥

Rhenish furnace, 萊因式爐

Rhenish or Belgo-Silesian process
萊因法或比國亞利亞法

Rhodium, 銻

Ricketts, 立刺次

River mining, 河底採礦

Roasted sweat, 甜焙

Roaster slag, 泡銅渣

Roasting, 烘焙

Roasting furnace, 烘焙爐

Roasting or volatilizing roasting
process, 烘焙法或揮發烘焙法

Rock-salt, 石鹽

Rolls, 圓輥

Root's blower, 魯特吹機

Rose's method, 洛茲法

Russell process, 羅素法

Rusty gold, 鏽金

Ruthenium, 鈳

S

Salamander crucible, 火蛇坩堝

Salt cake, 鹽餅

Saniter, 散宜特

Saxony, 薩克森尼

Scheurer, 邵登爾

Scorification, 鉛殼法

Scouring cinder, 鼓風爐生鐵渣滓

Scotch kiln, 蘇格蘭窯

Scotch ore hearth, 蘇格蘭鉛砂淺爐

Scotch tuyere, 蘇格蘭龍頭

Scrubber, 水淋塔

Segregation, 分離

Samet-Solvay coke oven, 宣美索爾未
煉焦爐

Semi-metals, 半金屬

Senarmontite, 方錳礦

Series system, 順結式

Sesqui-silicate, 三二硅酸鹽

Shaft, 爐身

Shaft furnace, 鼓風爐	Simon-Carvès coke oven, 西門卡偉煉焦爐
Shale, 頁岩	Simple roasting, 單純烘焙
Shallow hearth, 淺爐	Single-acting hammer, 單動汽錘
Shallow placer gold, 淺沙金	Single shear steel, 單剪鋼
Sharp slag, 白色金屬	Singles of antimony, 單錫
Shearing, 剪斷	Slag, 熔渣
Sheet zinc, 鋅板	Slag hearth, 鉛渣爐
Sheffield Smelting Company, 設麥爾德煉鉛公司	Slag lead, 渣滓鉛
Shingling, 榨鐵	Slag mould, 熔渣模
Shodstone, 鞋石	Slime, 細粉
Siderite, 菱鐵礦	Sluice, 淘金槽
Siemens direct process, 西門子直接煉法	Smaltine, 砷鈷礦
Siemens gas producer, 西門子生產爐	Smelting, 熔煉
Siemens-Martin process, 西門子馬丁法	Smelting ores, 熔煉礦砂
Siemens or open hearth process, 西門子法	Smithsonite, 異極礦
Siemens regenerative steel-melting furnace, 西門子煉鋼循環爐	Smithy char, 鐵店焦
Siemens re-heating furnace, 西門子再熱爐	Soaking furnace, 煨鋼爐
Siemens rotating furnace, 西門子旋轉爐	Soaking pit, 煨鋼穴
Siemens water pyrometer, 西門子水高溫計	Soda ash, 蘇打灰
Sight hole, peep hole, or eye piece, 看火色之孔	Solder, 焊鐵
Silesian process, 西利西亞法	Sodium, 鈉
Silica brick, 硅氧磚	Sodium hyposulphite, 一硫磺酸鈉
Silicates, 硅酸鹽	Sodium tungstate, 鈉鎢酸鈉
Siliceous sand, 石英沙	Softening the lead, 使鉛變軟
Silicon ferro-manganese, 硅鐵錳	Solid solution, 固體溶液
Silicon spiegel-eisen, 硅鏡鐵	Solution theory, 溶液學說
Silicon steel, 硅鋼	Solvent, 溶劑
Silky fracture, 絨狀斷口	Sow, 溝鐵
Silver, 銀	Specific gravity, 比重
Silver glance, 輝銀礦	Specific heat, 比熱
Silver mud, 銀泥	Specular iron ore, 輝鐵礦
	Speculum metal, 鏡銅
	Speiss, 斯派斯
	Spelter, 鋅餅
	Sperrylite, 砷化白金礦
	Spiegel-eisen or mirror iron, 鏡鐵
	Spindle, 車床軸
	Spring, 斯勃林
	Squeezer, 榨機

- Staffordshire tuyere, 斯脫福龍頭
 Stamp battery, 搗礦碓
 Stand pipe, 直立管
 Stannate, 錫酸鹽
 Stannine or bell-metal ore, 黃錫礦
 或鐘金礦
 Star, 星紋
 Star antimony, 星錫
 Star bowls, 星球
 Starch, 澱粉
 Starring, 使其星形
 Stassfurt, 斯塔斯佛特
 Steam hammer, 汽錘
 Steel, 鋼
 Steel foundry, 鑄鋼廠
 Steely iron, 鋼性鐵
 Stephanite, 辰銀礦
 Stetefeldt furnace, 司德特斐爾特爐
 Steward's rapid cupola, 塔鐵爐
 Stibnite, 輝銻礦
 Sticht, 施迪希特
 Stone-breaker, 破石機
 Strain, 變形
 Stream tin, 流水錫
 Stress, 壓力
 Stress-strain curve, 壓力變形曲線
 Sublimation, 昇華
 Subsulfate, 次硫酸鹽
 Sudbury, 薩德巴立
 Sulphide ores, 硫化物礦砂
 Sulphuretted hydrogen or hydrogen
 sulphide, 硫化二氫
 Sulphuric anhydride, 硫酐
 Stückofen or high bloomery, 高塊鐵
 爐
 Swansea, 斯溫西
 Sylvine, 氯化鉀礦
- T
- Tailings, 尾渣
 Talbot process, 托爾波特法
 Tap, 刻陰螺紋之鑿
 Tap cinder, 熟鐵渣
 Tap holes, 放溢孔
 Tartar, 酒石
 Tellurides, 碲化物
 Tellurium, 碲
 Tempering, 強鍛
 Tenacity, 韌性
 Tennessee, 田納西
 Tenorite and melaconite, 黑銅礦
 Tensile strength, 張強
 Tensile stress, 張應力
 Testing machines, 試機
 Thermit welding process, 鋁融接法
 Thickener, 濃厚器
 Thies process, 退斯法
 Thomas, 托馬斯
 Thomas-Gilchrist or basic Bessemer
 process, 鹽基性柏塞麥法
 Thomsen process, 湯姆生法
 Thomsen's calorimeter, 湯姆生氏卡
 計
 Three high rolls, 三聯輥
 Tilt hammer, 欹錘
 Tin, 錫
 Tin-plate, 錫板
 Tin-stone, 錫石
 Titanic iron ore, 鐵鐵礦
 Tom, 淘金溝
 Tough cake copper, 餅銅
 Tough pitch copper, 韌銅
 Toughness, 韌性
 Tri-silicate, 三硅酸鹽
 Tube mills, 管碾機
 Tungsten steel or Moshet special
 steel, 鎢鋼
 Turgite, 水赤礦
 Turner, 忒涅
 Tuyere, 龍頭
 Type metal, 活字金

U

Ultimate tensile strength, 極度張強
Unit of heat, 熱之單位
Ural Mountains, 烏拉山
Ure's retort furnace, 攸爾蒸溜甌爐

V

Vacuum filter, 真空濾器
Vat or Plattner process, 普拉特涅法
Vat-solution process, 池溶液法
Vein gold, 脈金
Veins or lodes, 礦脈
Verdigris, 銅綠
Vermilion, 銀硃
Vitreous, 玻璃狀
Volatilizing roasting, 揮發烘焙法
Volatilizing tower, 揮發塔
Volatility, 揮發
Volt, 弗
Voltage, 電壓

W

Walker casting machine, 傑克爾鑄機
Wallaro, 瓦納羅
Washing, 淘洗
Washoe Works, 瓦叔煉廠
Water bath, 水鍋
Water block and water jacket, 水箱及水套
Water condenser, 水凝集室
Water gas, 水煤氣
Water jacket furnace, 水套爐
Water tuyere, 水龍頭
Weathering, 風化
Welding, 熔接
Wellman furnace, 魏爾漫爐
Welsh process, 衛爾士煉法

Wetherill machine, 魏得利用機
White arsenic, 白砒
White flux, 白助熔劑
White iron, 白鐵
White metal, 白色金屬
Whitwell hot-blast stove, 喜特衛爾爐
Whitworth, 喜特衛史
Wicksteed's machine, 韋克司梯德機
Willemite, 威廉鋅礦
Wilson's gas producer, 威爾遜生產爐
Wire-drawing, 抽絲
Wollaston process, 武拉斯吞法
Wolfram, 狼鐵礦
Wood, 薪柴
Wood's fusible metal, 武德金
Wootz, 印度鋼
Working bottom, 工作底
Working door, 工作門
Wrought iron, 熟鐵

Y

Yield, 收數
Yield point, 屈撓點
Young's modulus, 倍彈力

Z

Ziervogel process, 齊服格爾法
Zinc, 鋅
Zinc blende, 碓鋅礦
Zinc bloom, 鋅華
Zinc fume, 鋅煙
Zinc gray, 鋅灰
Zinc white, 鋅白
Zinc or Parkes process, 鋅法或帕克斯法
Zincite, 紅鋅礦
Zone of fusion, 熔融層

