

新 中 學 文 庫

冶 金 工 程

胡 庶 華 著

商 務 印 書 館 發 行

書叢小學工

程 工 金 治

著 華 庶 胡

行 發 館 書 印 務 商

中華民國二十三年二月初版  
中華民國三十六年二月四版

(93814)

工學小叢書  
冶金工程一册

定價國幣貳元伍角

印刷地點外另加運費

\*\*\*\*\*  
\* 版 權 所 有 \*  
\* \* \* \* \*  
\*\*\*\*\*

著 者 胡 庶 華

發 行 人 朱 經 農  
上海河南中路

印 刷 所 商務印書館  
商務印書館

發 行 所 商務印書館  
各地

## 例言

一、冶金工程爲一種專門學術，無論如何說得淺近，終不易使一般人都能了解，故凡讀此書之人，最好先研究一點化學物理及機械常識，方不困難。

二、冶鐵煉鋼已成冶金工程中一種特別專科，範圍極廣，茲爲篇幅所限，略表其程序而不詳其法則，如欲廣求參考，請看拙著鐵冶金學（商務印書館出版）。

三、本書所述冶煉諸法，以現在適用者爲限，其他舊法及尙未實行之新法均從略。

四、本書所用度量衡均爲萬國通制，溫度用攝氏，百分法則以%表之。

五、本書倉卒編輯，不及細審，挂一漏萬，在所不免，選譯名義，尤難確當，海內同志，幸教正之。

民國十八年九月

胡庶華識於國立同濟大學

# 目錄

第一章 總論	一
第一節 金屬	一
第二節 合金	三
第三節 金屬受熱之影響	六
第二章 燃燒及熱	九
第一節 燃料之分類	一〇
第二節 焦煤之製煉	一三
第三節 氣體燃料	一六
第三章 耐火材料	一〇
第一節 酸性材料	二〇

第二節	鹼性材料	二一
第三節	中性材料	二二
第四章	煉爐	二二
第一節	磚窯及鼓風爐	二四
第二節	反饋爐及循環爐	二六
第三節	轉爐及坩堝爐	二九
第四節	熔爐及蒸餾餛爐	三一
第五節	電解法及電氣爐	三二
第五章	鑛砂	四〇
第一節	鑛砂之種類	四〇
第二節	選鑛	四一
第三節	煅燒	四四

第四節	電磁選鑛	四五
第六章	冶鍊之方法	四六
第一節	乾法	四六
第二節	濕法	四七
第三節	電氣法	四八
第七章	金屬之物理性	四九
第一節	比重熔點傳電傳熱及磁性	四九
第二節	揮發瀾散及結晶	五一
第三節	展性脆性延性韌性	五二
第四節	硬度及彈力	五四
第八章	鈉鉀鎂鋁	五七
第一節	鈉與鉀	五七

第二節 鎂.....五八

第三節 鋁.....五九

第九章 鋅 鎳 錫.....六一

第一節 鋅.....六二

第二節 鎳.....六五

第三節 錫.....六六

第十章 神 鈹 銻.....六九

第一節 神.....六九

第二節 鈹.....七一

第三節 銻.....七三

第十一章 水銀及鉛.....七九

第一節 水銀.....七九



第二節 鉛.....八一

第十二章 金銀及白金.....九〇

第一節 金.....九〇

第二節 銀.....九四

第三節 白金.....九八

第十三章 鎳鈷錳鎢鉻鉬.....一〇〇

第一節 鎳鈷.....一〇〇

第二節 錳鎢.....一〇一

第三節 鉻鉬.....一〇四

第十四章 銅鐵.....一〇六

第一節 銅.....一〇六

第二節 鐵.....一一二

第十五章 結論

..... 一一六

# 冶金工程

## 第一章 總論

宇宙萬物，不外九十餘種原質而成，而原質之中，有金屬 (Metal) 及非金屬 (Non-metal) 之分。鑛物 (Ore) 卽金屬之原質與非金屬之原質混合 (如純粹天然金屬) 或化合而成。吾人應用地質學，鑛山測量學，探鑛學，以探得鑛床之所在，及鑛量之多寡，再用探鑛選鑛種種工程，以採取鑛產，謂之探鑛工程。

探鑛後之工程爲冶金，卽從金屬與非金屬之化合物中，提取其金屬，而除去其非金屬也。凡鑛有可採之價值者，必其所含金屬之成分經過冶煉後，除去種種工程上之消耗，仍可獲利。故鑛物一經開採之後，應用物理學，化學，及機械學種種原理，以冶煉鑛砂，而取得有用之金屬，謂之冶金工程。

### 第一節 金屬

金屬有光澤，密度大。現在已知之金屬有六十餘種，但能供實業上之用者，不過十餘種。此外或產量甚微，或為用甚尠。本書所論，約可分為下列七種：

一、鹼金屬及土金屬

鈉，鉀，鎂，鋁。

二、半金屬

砷，銻，銻。

三、較重之金屬

鋅，鎳，錫。

四、重金屬

汞，鉛。

五、貴金屬

金，銀，鉑。

六、煉鋼需用之金屬

鎳，鈷，錳，鎢，鉬。

七、工業上最有用之金屬

銅，鐵。

金屬之顏色，恆視其純淨之度為轉移，顏色稍有變更，常可察出雜質之存在，例如鋅之斷面現灰色斑點，即可知其含鐵不少，銅色若似紅磚即可知其含一氧化二銅是也。普通金屬可由其顏色類別如下：

(一) 白色

(甲) 銀白

銀。

(乙) 近於銀白

鉑，鉛，錫，鎳。

(丙) 白中帶藍

銻，鉛，鋅。

(丁) 白中帶紅

鈹。

(二) 灰色

生鐵，砷。

(三) 黃色

金，銅，鋅等之合金。

(四) 紅色

銅。

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。鑛物如方鉛鑛，黃鐵鑛等，亦有金屬光澤。

## 第二節 合金

合金 (Alloy) 者兩種以上之金屬所合成之物也。其製法有三：

(一) 熔融 將金屬熔解而混合之。

(二) 加壓 將金屬粉末用大力壓榨併成合金。

(三) 電沈結 (Electro-deposition)

金屬各有一定之熔點。當數金屬混成合金時，常放熱或吸熱。放熱之合金如鋁與銅，鉛與錫，砷與銻，鉍與鉛。吸熱之合金如錫與鉛。但合金放熱者多，故通常合金之熔點較低於原有金屬。兩種金屬受壓時，溫度增高，故亦成合金。至於電沈結乃兩種以上之金屬分子互相接觸，構成合金。

合金成液體時，其所含之金屬混合一致。若從容退冷，則純者先凝，而不純者後凝，謂之熔離 (Liquation)。鋼錠 (Ingate) 從容退冷時，硫、磷、矽，均欲向鐵分離 (Segregation)，趨於再後凝固之部分。此點在冶鐵學上極為重要。最近合金二字亦指金屬與非金屬而言，如鋼中之碳，銅中之磷，其成分影響於合金之機械性質者頗鉅。總之，合金之目的，在改良機械性質，否則必設法分離之。如煉鋼之除去磷與硫是也。合金由化合物而成者，則退冷時仍不分離，如分子式為  $Ag_3Cu_2$ ， $SnCr$

$\text{SnCu}$ ,  $\text{Fe}_3\text{C}$  等通體純一，不至分離也。

金屬有於不同之溫度，顯出不同之形狀及性質者，是為同質異性體。由此等金屬構成之合金亦具此種現象，但因雜有他金屬，其改變不能如單純時之顯明。今以鐵為例言之，鐵有硬軟兩種，其分子原子之排列各不相同。常紅熱時，鐵體雖軟，而分子則尚硬，是名 $\beta$ 鐵 ( $\beta\text{-Iron}$ )。將此紅熱之純鐵退冷，不論其為緩為急，其結果必變軟，是名 $\alpha$ 鐵 ( $\alpha\text{-Iron}$ )。若鐵中含碳而退冷又甚速，則一部分之分子仍保存其紅熱時之硬度，故其結果成硬鋼。以此推之，凡一種金屬與他一種金屬或非金屬成為合金時，必變更其性質。冶金工程不僅從礦物中提取金屬，且由各種金屬製成工業上有用之合金，即以此為其主要目的也。

合金中之重要者除鋼鐵外黃銅 ( $\text{Brass}$ ) 含銅三〇至七〇%，鋅三〇至五〇%。青銅 ( $\text{Bronze}$ ) 含銅六四至九一%，含錫七至二四%。銅鎳合金 (德國小貨幣用) 含銅七五%，鎳二五%。鉛合金 (活字合金) 含鉛五〇%至七〇%，錫一八至三〇%，錫一〇至二五%。鋇合金 (易熔合金) (係鋇、鉛、錫、鎢等之合金，用為電鑰之保險片及防火用自動澆水器之自熔帶。錫合金為減

摩擦金 (Antifriction Metal) 含錫八二至九〇%，錫七至一二%，銅一至六%，成分不一，最適於製造軸承之用。鎳合金即與鎢、鉻、鉬等加於鐵中，製造合金鋼者。又有所謂蒙內爾金 (Monel Metal) 者，含鎳六八至七二%，銅二八至三二%，用以造船之推進器，鑛山抽水機之活塞桿及搗鑛碓之篩板等，鉑合金中含鉑九〇%，鈦一〇%者，造標準長度量器及高熱計之熱偶線，含鉬三四%，銀六六%者，為測電阻之標準金屬。

## 第二節 金屬受熱之影響

金屬在熔融之前，各有不同之現象。

(一) 比熱 (Specific Heat) 之變化 所謂某物質之比熱者，即此物質一公分昇高攝氏一度所需之熱，與水一公分在常溫攝氏十四度半時昇高一度（即至十五度半）所需之熱二者之比率。大凡溫度愈高，金屬比熱之值愈大，愈低則愈小。就鐵言之，在攝氏零度與二百度之間，其平均比熱為〇・一一七五；自零度至八十五度，其平均比熱為〇・一六四七；然過此以往，其值不再增



加，故零度與一千一百度間之平均比熱僅得 $0.1534$ 。此即鐵之特性也。其他金屬自零度至一百度間之平均比熱，約自 $0.031$ 至 $0.290$ 。

(二) 牽引強度之變化 鋼鐵在攝氏八十度上下時，延性減小。在二百四十度上下時，牽引強度加大。其他普通金屬，溫度漸增，牽引強度漸減。故金屬之力學性質，大半視所受之熱處理而不同。熱處理之方法有三，即硬煅 (Hardening) 強煅 (Tempering) 韌煅 (Annealing) (俗稱退火)。如將鋼強熱而驟冷之，其結果為硬煅。已硬煅之鋼，再行燒之，其溫度遠在硬煅時所用溫度之下，旋退冷之，則鋼之硬度必減低，是為強煅。將鋼燒紅，溫度達強煅溫度以上，而徐徐冷之，是為韌煅。工業上賴此種熱處理以應用者甚廣。

金屬凝固之後，察其斷面，則有各種晶形組織 (Crystalline Structure) 如細粒狀 (Fine Grained) 粗粒狀 (Coarse Grained) 纖維狀 (Fibrous) 玻璃狀 (Vitreous) 等。若用顯微鏡窺之，則顆粒之中，尚有微晶，各按一定之方向而排列。金屬或合金經過溫度之變化後，不僅其顆粒之大小有改變，即微晶排列亦有改變。凡熱處理或機械處理足以改變金屬之晶形組織者，亦必改

變其力學性質。故熱處理及機械處理（鎚擊，壓軋，延引），在冶金工程上亦佔重要位置。

## 第二章 燃燒及熱

置灼熱之鐵絲於氧氣瓶中，則起激烈之燃燒，而殘留氧化鐵於瓶底，與天然之氧化鐵鑛無異。其燃燒之際，可測其溫度之增加。是可知凡金屬組成氧化物或硫化物時，必發生熱，在化學上已成為定理，而金屬鑛石組成之際，亦發生熱，毫無疑義。冶金工程之第一步，在使金屬與非金屬分離，而其時所需之熱，必須與其組成時所發生之熱相等，故冶金工程以發熱為第一要義。熱多由燃料(Fuel)而生，其次為電。燃燒為化學變化，即燃料與氧氣化合時所起之現象，其條件有三：

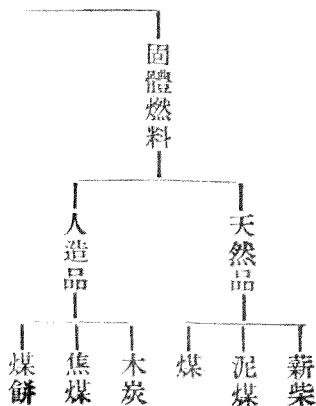
- (一) 燃料與氧氣必相密接。
- (二) 溫度宜達其發火點。
- (三) 燃料宜碎。

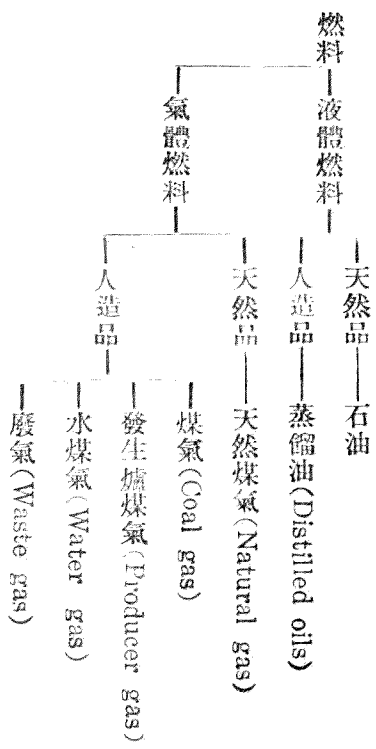
工程師以一磅之水增加華氏一度所需之熱，為熱之單位，名曰英熱單位(British Thermal

(Unit)。冶金工程上計算燃料含熱量之大小，恆以英熱單位表之，如碳質一磅燃燒時，所生之熱為八〇八〇英熱單位，即其含熱量為八〇八〇英熱單位；氫氣一磅之含熱量為三四〇〇英熱單位。

## 第一節 燃料之分類

常用燃料之分類，可列表如下：





燃料之中，含水分愈少者含熱量愈大。但其成分中之氫若不與氧化合為水，則其含熱量仍增加。故計算一燃料之含熱量，除碳質外，並注意其氫與氧。今設氧與氫化合成水，水中之氫之重量等於氧之八分之一。此一部份之氫氧既化合為水，其不能燃燒發熱可知。若已知每磅燃料中氧重為O，碳重為C，氫重為H，則得公式如下：

$$\text{含熱量之英熱單位數 } C \times 8080 + \left(H - \frac{1}{8}O\right) \times 34000$$

再舉例以明之。設有一種燃料，含碳六〇%，氫二四%，氧一六%，試求其含熱量！

解：含熱量為  $= 0.6 \times 8080 + (0.24 - \frac{0.16}{8}) \times 34000 = 4848 + 7486 = 123328$  英熱單位

古時冶金，多用木柴，其後用木炭或煤。最近用焦煤，煤氣，或電。

煤在冶金術中，最占重要位置。古代森林，經地質變動，於若干萬年後而鑛化 (Mineralized) 成煤。其質之優劣，大抵視年代之多寡，約分四種：

(一) 褐煤 (Lignite 或 Brown Coal) 不能煉焦。

(二) 煙煤 (Bituminous Coal) 可以煉焦，又分為下列各種，其產焦之多寡亦異。

(甲) 散煤 (Non-Coking Coal, Long Flame) 產焦量五〇至六〇%

(乙) 氣煤 (Coking, Long Flame, Gas-Coal) 產焦量六〇至六八%

(丙) 爐煤 (Bituminous Coal 或 Furnace Coal) 產焦量六八至七四%

(丁) 短燄煤 (Coking Coal, Short Flame) 產焦量七四至八〇%

(三) 燭煤 (Cannel Coal)

(四)無煙煤 (Anthracite) 不能煉焦。

吾國煤鑛雖多，而能製焦之煙煤仍少。如湖北、安徽、江蘇等省，尙未發現可以製焦之煙煤，誠冶金工程上一困難問題。良好之煙煤不僅可以製焦，并可取得附產物，如煤膏、硫酸銨，及輪質 (Benzol) 等，爲顏料、肥料、汽油之所從出，殊可寶貴。故萍鄉、中興、開灤、六河溝之煤，若不以之煉焦而取附產物，乃等閒燒之，良可惜也。

## 第二節 焦煤之製煉

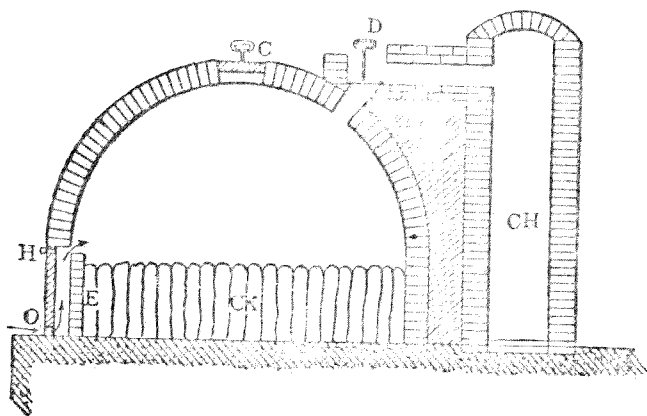
煉焦爐之最簡單者，爲蜂巢煉焦爐 (Beehive Coke Oven) 如第一圖所示，形爲半圓，用火磚建築，頂有閘門 D，可以關閉，又可令與煙突 C 口相通，爐上安設輕便鐵道，俾煤車得運煤入爐，前方有門，可以出焦，當焦煤出完時，壁尙紅熱，取火磚砌假門 E 於大門之內，車運碎煤七噸，自頂上門 C 送入，耙平後，卽行關閉，塗泥封之，移動 D 閘門使爐與煙道相通，又築大門於假門之外，其上部穿 H 孔以覘火色，不用時亦以泥封之，四小時後，白煙上騰，啓閘門，截斷爐與煙道相通之路，俾煤氣穿

開門出，著火有光，斯時於大門下方更穿O孔，放入空氣，由兩門間上達於煤爐中，熱力漸高，燄色漸紅，空氣之放入漸減，如是者十二小時，過此以往，空氣漸少，火燄轉白，經一日之久，至於無燄，此為焦煤將成之兆，須再送入極少之空氣，煉之，六小時後，關閉開門及諸缺口，封之以泥，更閱十二小時，啓門出焦，出焦之法，先曳倒大門，噴入冷水，歷時四十分，俟其稍冷，方曳倒假門，耙出焦煤，此爐煉焦約須五日，收數約六%。

蜂巢煉焦爐有二弊

- (1) 煤層上面恆成爲灰。
- (2) 不能取副產，故新式煉焦爐相繼產生。

第一圖





種類甚多，今述德國最新者一種，即阿

託荷夫曼(Otto Hoffmann)式，爐以

火磚砌成之狹室 30—60 間，各室之

左右為燃燒室，焦煤室約 1 呎寬 2

呎高 10 呎長，前後各有鐵表磚裏之

門二個，如第二圖所示，A 為煤室，V 為

燃燒室（較焦煤室為小），H 為氣道，

J 為總氣道，焦煤室上有孔，為煙煤進

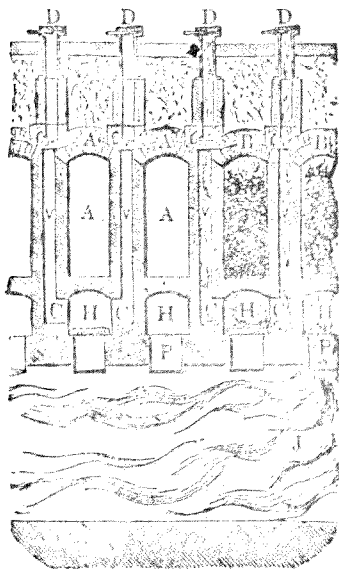
室之處，室之兩端，有氣體出口，與附產

導管相接，裝煤進室完畢後，即蓋其孔，

而將鐵門關閉，燃燒室內用已經取過

附產之加斯，和以空氣，而起燃燒，將焦

第 二 圖



煤室之牆烘熱，而蒸煉其中之煤，再循總氣道而達於煙囪，經 24—30 小時後，啓前後兩門，用推焦機自後門將焦推動，由前門出口，噴水以息其火，勿令氧化，收數有至 78% 者，德國通常一千氈之石炭可得焦七百五十氈（柏油二十八氈，硫酸銨十二氈，煤氣三百立方呎），其抗壓力以每一平方呎能受 80—160 氈爲佳。

冶金界之用焦煤其利益有四：

- (1) 重量較同容積之煙煤輕百分之四十。
  - (2) 硫較煙煤減少。（蒸鍊時化爲硫化二氫  $H_2S$  及二硫化碳  $CS_2$ ）
  - (3) 堅固能受壓力及墜落。
  - (4) 因其小孔多，故熱面大，且易通氣而起燃燒。
- 焦煤之輕而鬆者易於燃燒，適用於打鐵間，而不宜於鼓風爐及化鐵爐。

## 第二節 氣體燃料

用氣體冶金，其利有五。

1. 煤質稍次，亦可製造氣體。

2. 氣體易於輸送。

3. 氣體著火多寡，易於節制。

4. 燃時無煤煙灰屑。

5. 用循環方式 (Regenerative system) 其熱度超過於固體燃料。

氣體燃料製造法

1. 乾燥蒸餾

2. 生產爐

3. 水煤氣

4. 二碳化氫

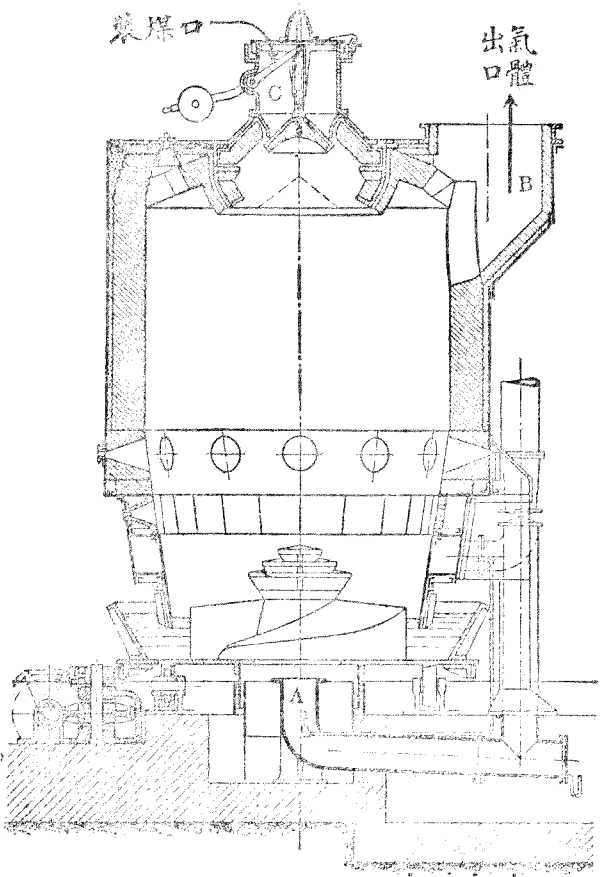
冶金工程中通用

者為生產爐 (Producer)，其法以空氣通過熾紅之焦煤，則化合生一氧化碳  $C+O=CO$ ，性能燃燒，惟空氣含 21% 而與焦煤化合所生  $CO$  體積增加一倍，占氣體全體積之 34.7% (即  $\frac{21 \times 2}{100 + 21} = 0.347$ ) 因此熱力甚低，故用下列二法以補救之。

1. 以煙煤代焦煤，則發可燃之氣體較多。

2. 以蒸汽代空氣，則生氫及一氧化碳  $C+H_2O=CO+H_2$ ，兩者均能燃燒，但蒸汽若過多，

圖 三 第



則  $C + 2H_2O = CO_2 + 2H_2$  反爲不利，生產爐之種類甚多，今舉最新式者，如第三圖，A 爲風及蒸汽入口，B 爲氣體出口，C 爲裝煤口，爐底如盆，有機械使其緩慢轉動，而爐灰得以漸次溢出，爐身爲鐵表磚裏，爐頂有雙蓋，先開上蓋，使炭裝入，復閉之，再開下蓋，將炭放入爐中，復閉之，所以防氣體逸出，有害工人衛生也。

水煤氣 (Water gas) 由蒸汽與燒紅之焦煤相遇，而生一氧化碳及氫兩種氣體，其裝置與生產爐同。

二碳化氫  $C_2H_2$  由碳化鈣  $CaC_2$  及水而成  $CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH)_2$ 。此等氣體，熱力最大。(CP = 14500) 若與氧混合而起燃燒，則可切斷或鍛接各種金屬。

廢氣如化鐵爐放出之氣，及煉焦爐已取附產之氣，皆是。今有混合此二氣而爲馬丁鍊鋼爐之燃料者，有用化鐵爐廢氣以發動加斯機 (Gas engine) 以發電或鼓風者，又馬丁鍊鋼爐廢氣亦有用之以發生蒸汽者，此外用電發熱亦今日冶金最要之工程。茲爲篇幅所限，當於電爐篇中略言之。

## 第三章 耐火材料 (Refractory Materials)

凡在高熱時不溶解或變軟者，謂之耐火材料，可分為酸性、中性及鹼性三種。

### 第一節 酸性材料 (Acid Materials)

1. 火泥 (Fire-Clay) 為高級耐火性之陶泥，其純淨者為瓷泥 (Kaoline,  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$ ) 含二氧化矽 46.33% 三氧化二鋁  $Al_2O_3$  39.77% 水 13.9%。若火泥中之二氧化矽常達 50—60% 之多，而三氧化二鋁僅得 22—35% 實純淨陶泥與過量二氧化矽及其他物質之混合物，如氧化鐵、碳酸鈣、黃鐵鏽、鹼性物等，均有減低其耐火性之趨向。其中以鹼性物為害最烈，因其能與二氧化矽成易溶之矽酸鹽也。三氧化二鐵遇還原性火燄，亦能與二氧化矽成易溶之矽酸鐵，其存在不可超過 2—3%。

冶金工程應用之火磚 (Fire-brick) 製自火泥，須具下列之性質：

1. 遇高熱不變軟，
2. 熱度變化不坼裂，
3. 高熱時能受重壓而不崩碎，

4. 不為所含之氧化鐵或他金屬氧化物之熔渣所侵蝕。

火星石 (Ganister) 及狄納斯石 (Dinas Rock) 均為大部分之二氧化矽所成，築酸性鍊鋼爐時用之，狄納斯磚 (Dinas Brick) 又名硅酞磚 (Silica Brick) 為狄納斯石及石灰 1% 所製，馬丁鍊鋼爐頂恆用之。

石英、燧石 (Flint) 及石英石 (Quartzite) 等全係二氧化矽所成。為造硅酞磚及鍊爐沙最佳之品。

## 第二節 鹼性材料 (Basic Materials)

石灰石 (Lime stone) 白雲石 (Dolomite) 及菱苦土 (Magne-site) 皆鹼基性，經火焙燒，均放出碳酸氣，變為氧化物，缺乏黏性，恆和柏油以為築爐之用，菱苦土不易與二氧化硅化合，故用於鹼性鍊鋼爐中白雲石及硅酥磚相接處，不僅我國尚未發見此項材料，即各國亦少有。故價極昂。

### 第三節 中性材料 (Neutral Materials)

石墨骨灰及鉻鐵鑛 (Chromite  $Cr_2O_3$ ,  $FeO$ ) 為中性材料，石墨用造坩堝，骨灰可築骨灰爐底。(鉛中提銀)，鉻鐵鑛則可製磚，用於鹼性鍊鋼爐中，硅酥磚與鹼性磚接界處。

此外有炭素磚，即焦煤細末參以柏油而壓成磚形，并在空氣閉塞中，受高溫度而燒乾之，其抵抗侵蝕力甚大，但不可與氧化火燄接觸，電氣爐牆及化鐵爐底恆用之。



## 第四章 煉爐

煉爐爲冶金工程之要具，就其燃料與鼓風等之不同，約分下列數種：

### 1. 物品與燃料接觸者

a. 天然進風……各種磚窯

### b. 人力鼓風

- (1) 爐高過於爐徑者爲鼓風爐
- (2) 爐高小於爐徑者爲淺爐

### 2. 物品不與燃料接觸而與火燄接觸者爲反燄爐

a. 用固體燃料者    b. 用氣體燃料者

### 3. 物品與燃料及火燄均不接觸者

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……各種蒸餾爐

## 第一節 磚窯及鼓風爐

磚窯 (Kiln) 為焙礦砂及燒石灰之用，

空氣不甚足，故熱度亦不甚高，如蘇格蘭窯

(Scotch Kiln, 基爾斯窯 (Gjers Kiln) 大

衛斯窯 (Davis-Colby Kiln) 等，種類頗多，

如第四圖所示，為基爾斯窯式，最完善，外鐵內

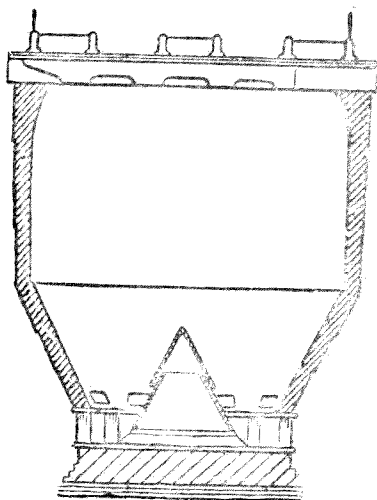
磚，上半若圓筒，下部似倒立之截錐，周圍有門，

可以啓開，放入空氣，或插入鐵桿，撥動礦砂，全

體載於巨鐵圈上，用鐵柱承之，爐之中央，置生

鐵圓錐以引導焙過之礦砂，由四周落下，如炭

第四圖



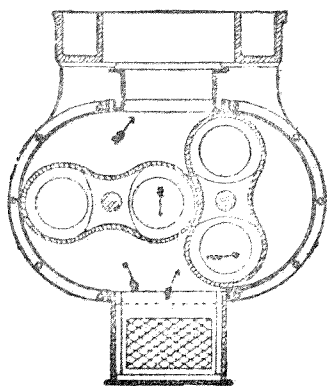
酸鐵鑛（德國中部有之）須用此窯焙之，高 9.5 呎徑 6 呎之窯每週可焙鐵砂 1000 噸，費煤 40 噸，即煤一噸可焙鐵砂 25 噸。

鼓風爐之最大者為化鐵爐，其次為熔銅爐，或熔鉛爐，或鼓風機 (Blowing Engine)，或用吹機 (Blower) 以進風。鼓風機有三種：

- (1) 複動機關 (Double-acting Engine)
- (2) 直接動垂直機關 (Direct-acting-vertical Engine)
- (3) 煤氣機關或內燃機關 (Gas Engine

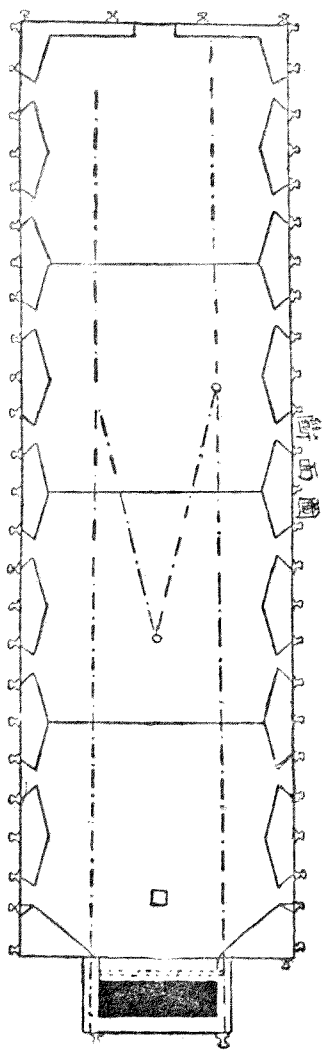
or Internal Combustion Engine) 今冶金工程之大者，多用內燃機關，小者則用魯特吹機 (Rotts Blower)。

第五圖



# 第二節 反燄爐及循環爐

圖 六 第



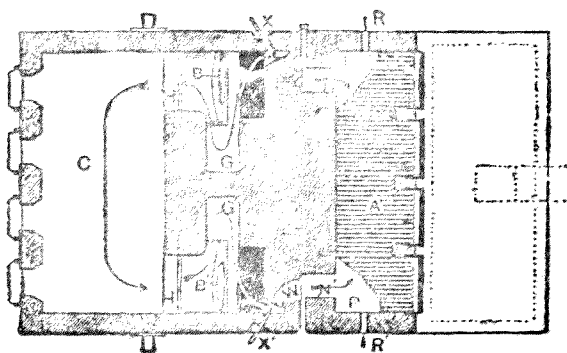
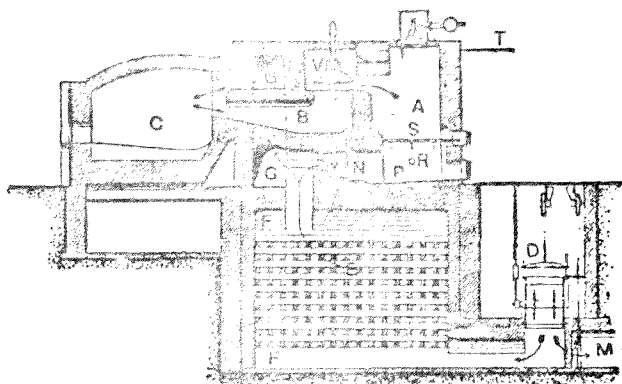
縱面圖



反燄爐(Reverberatory Furnace)與鼓風爐形式不同，原理亦異，生火處與煉坑(Hearth)間隔有火橋(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，如第六圖A爲火橋，C爲煉坑，B爲煙道橋是也。

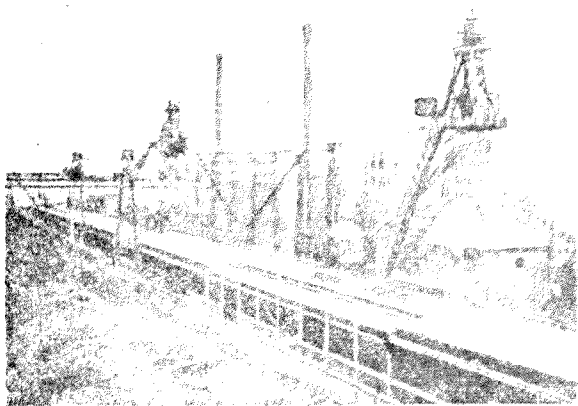
循環爐以西門子馬丁爐(Siemens Martin Regenerative Furnace)爲最好，通常以爲鍊鋼之用，爐以極耐火之磚砌成，分爲四部(參看第七圖)先將煤氣及空氣送入爐之一端，使其燃燒，所生火燄，由爐之他一端放出，經過預熱室而出煙囪，經若干時後，旋轉活瓣，其已熱之空氣及煤氣又由爐之另一端入爐，而起燃燒，由他端放出，如此循環，其熱度可高至一千五百度以上，此等循環爐亦稱平爐(Open Hearth)。

第七圖



第三節 轉爐及坩堝爐

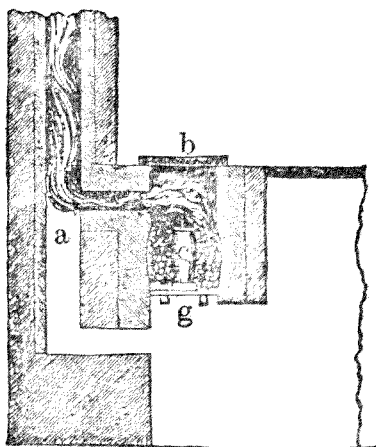
第 八 圖



轉爐 (Converter) 有酸性及鹼性二種。酸性者為柏塞麥 (Bessemer) 式，鹼性者為托馬斯 (Thomas) 式。兩式之構造，均自爐底鼓風進爐，(參看第八圖) 穿過熱金屬，利用空氣中之氧以除去金屬中雜質，變成浮渣，所不同者即爐之裏面或用酸性磚或用鹼性磚砌成，各視金屬之性質而處置之。又柏塞麥爐之小者，其風自側面吹入，恰與金屬之面相切，製翻砂鋼及銅板用之。

坩堝爐 (Crucible Furnace) 即用坩堝以熔冶金屬，坩堝有火泥製及石墨製二種，後者尤為耐火。如第九圖所示，a 為煙囪，b 為爐蓋，c 為坩堝，g 為爐橋，是最普通之坩堝爐。最近用循環爐而設坩堝數十個於其中者，可一次造成火鑄品。

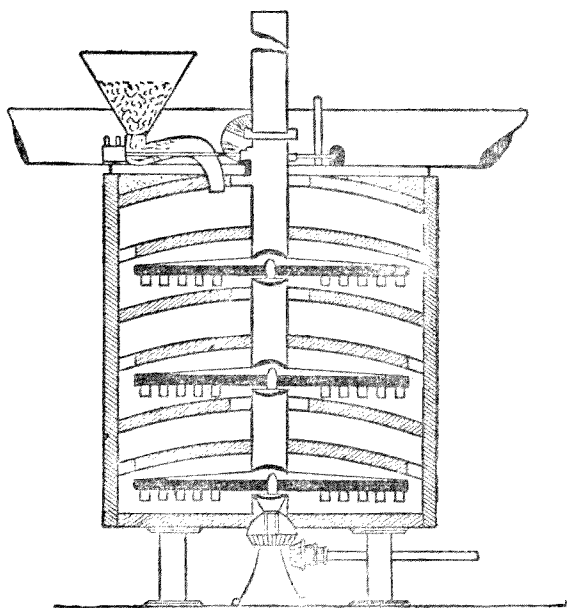
第九圖





第四節 烙爐及蒸餾甑爐

第十圖



熔爐 (Muffle Furnace) 爲袖籠形，其所煉之物品不與燃料及火箴接觸，如第十圖所示，近人多用之以烘鑛砂，并可利用其發出之氣體如  $\text{SO}_2$ ……等以製造酸類，爐有五層，以至七層者，每層各爲一袖籠，最下之三層用生產爐氣燒之，火箴先燒其底，復繞上燒其頂，鑛砂以裝於鐵桿上之耙撥動之，由最上層依次達於最下層，穿缺口出爐，鐵桿以機關旋轉之，其運動頗均勻。

蒸餾甌爐 (Distilling or Retort Furnace) 之形式不一，有如坩堝爐者，有如熔爐者，各視其所治物品而異，其主要目的，在使一部分金屬揮發成氣，通入凝集器，收取之。一部分存留於甌底，於是而得分離各種金屬，以後當於冶鍊鋅鎔及處理金銀之銻劑時詳論之。

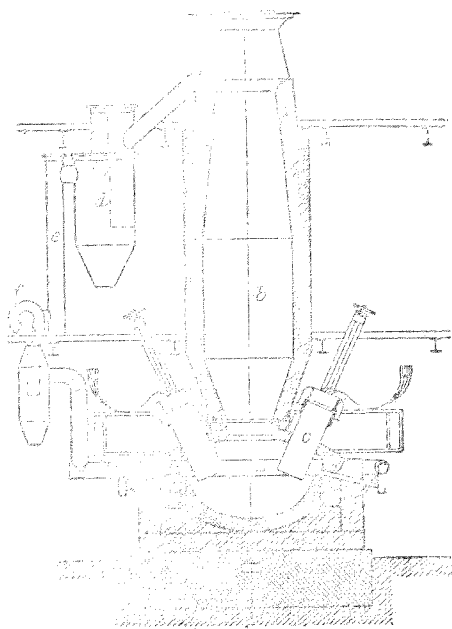
## 第五節 電解法及電氣爐

冶金工程所用電解法有二種：一爲乾法，即將金屬鑛置於電氣爐中，熔融而分解之，非金屬或氣體向陽極而飛散，金屬向陰極而凝集。一爲濕法，即將金屬鑛，或含種類較多之金屬置於電解液中，爲陽極，通以電流，則陽極漸溶，而金屬漸聚於陰極之上，如此可取得純粹之金屬。電氣爐之種類

頗多。但亦有僅取其高熱，而不重在分解者，如電氣鍊鋼是。電氣爐具分解作用者，當於鍊鋁章中論之，茲特述化鐵鍊鋼之電氣爐。

電氣化鐵，惟焦煤缺乏，水力豐富之處行之，如第十一圖所示，乃瑞典之化鐵爐，其容積較焦煤

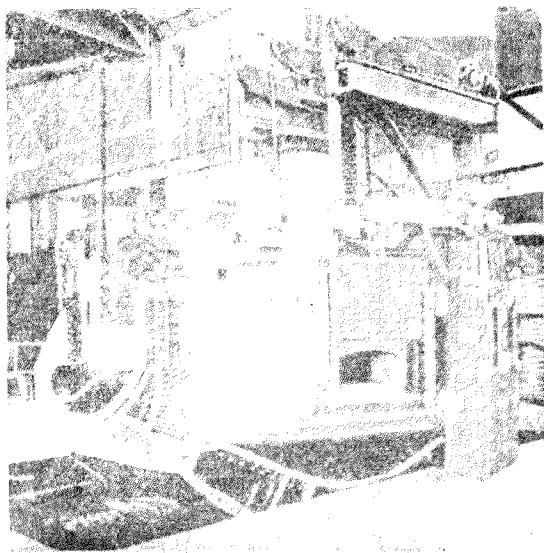
第十圖



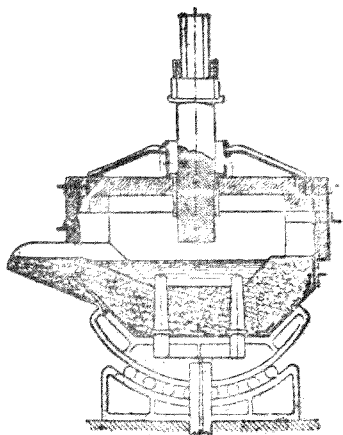
化鐵爐爲小。a 爲鍊坑，b 爲爐身，a 之頂面，係鑊磚所築，插入電極 (c) 4—6 個，長約 1.6 呎，直徑爲 600 耗，通以二相或三相交流，電壓約 50—90 弗及 25 波數，以鐵鑛石灰石木炭三者裝入爐中，木炭以適當還元劑之量而止，（電氣發熱，故不多用炭。）碳與鑛中氧化合成  $CO$  及  $CO_2$ ，其中之  $CO$  又可作爲還元劑。（凡將氧化物中之氧取出謂之還元）電氣化鐵爐之廢氣不多，但所含  $CO$  甚富，引入收灰器 (d) 中，灰塵落下，而氣體入洗滌器 (e) 洗淨，由通氣機 (f) 打入爐中，一以使爐頂 a 冷却，防止熔化，一以引導氣體入爐身，而將鑛砂預熱，由電壓之調節，可以製成各種生鐵。

電氣煉鋼爐有弧光及感應二種：弧光爐最先發明者爲斯塔薩諾，有轉流電極三個，每個距離成  $120^\circ$  之角度，插入爐中，鍊坑與外部完全閉絕，若用交流或直流則用電極兩個或兩個以上之變數亦可，弧光從炭電極之尖端躍出，以其幅射熱而熔金屬。

第十二圖爲黑路 (Heroult) 爐，有電極二個，由爐頂插入，電流自一電極流入，自尖端放出弧光，而入熔化物，再放出弧光而入其他一電極。爐之大者有三電極，用轉流通過之。



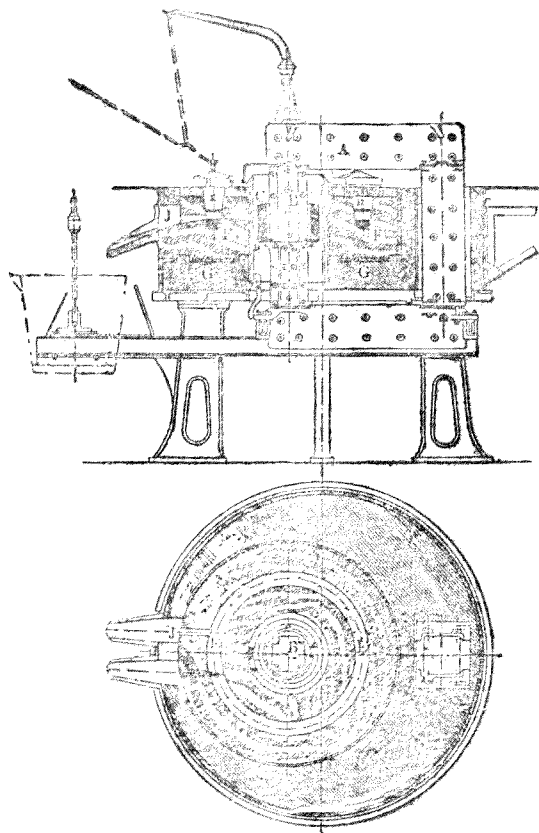
第十二圖



第十三圖

第十三圖爲基羅(Gilchrist)爐，僅有一電極，自爐頂插入，其他導電體則以爐底之鋼棒充之，約有數個，均有冷却裝置，電流自電極破浮渣而入熔化物，由爐底電極而出，其電壓僅須黑路爐之半。

第十四圖



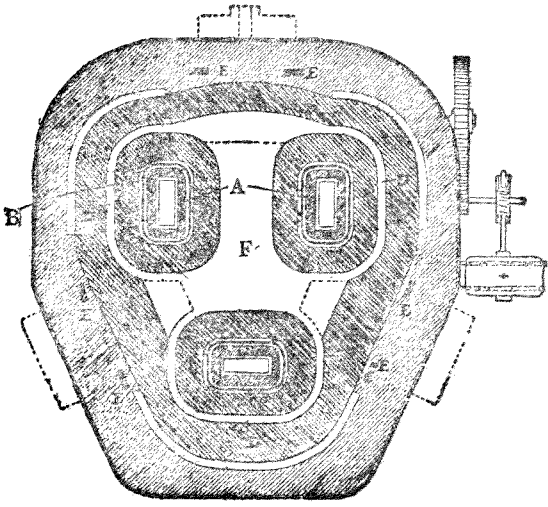
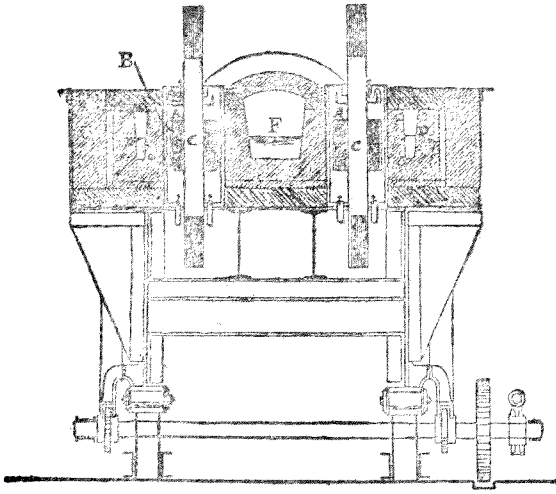
克勒(Keller)爐，有一煉坑，坑有數十根棒狀金屬條，通以電流之後，則全坑皆熱，全體平均導電，而熔化物亦因抵抗而生熱，以至於熔解，是為感應爐。感應爐者一交流變壓器之變相也，其第二電流圈即一最簡單之絡圈。(熔化物在環狀溝中)若此物經電流(流強而壓不高)通過，則生高熱，屬於感應爐者有克林(Kjellin)爐。如第十四圖所示，有一穿入爐中之磁鐵，以第一導電圈纏繞之，通以高壓電於第一圈，則金屬熔化物即為第二圈，而起感應電流，環繞於磁鐵之又一邊，環狀之煉坑由鎂氧及柏油築成之。

第十五圖為柳式林及羅特豪俊(Rochling Rodenhöuser)爐，有磁鐵一個，為四邊形，其左右兩股築入爐中，并纏以第一絡圈，因此成兩個電流圈，金屬即在其中熔融，面積既大，精鍊較易，五噸容量時可用交流 50 波數者，過此必用變壓器，將波數減少。

此爐若用轉流，則有三個煉坑。

電氣爐之用途有三：(1)熔鍊生鐵及廢鐵以成鋼。(2)精鍊已熔之鋼。(3)熔鍊鐵錳合金。電氣爐之優點在能提去鐵中之磷及硫，均用石灰為熔劑，磷成磷酸鈣，硫成硫酸鈣。(在其他

第十五圖





鍊鋼爐中多以錳爲去硫劑，或硫化鈣  $CaS$ ，若精鍊已熔之鋼，則先在馬丁爐或轉爐中初鍊一次，再入電爐精鍊，一可以省電費，二可以得純美之鋼，電氣爐去磷及硫，可至  $0.02\%$  以下，去氧可完全不留，且無論何種原料，均可適用，此其所以可貴也。

## 第五章 鑛砂

鑛砂 (Ores) 爲含金屬之鑛物。金屬成自然狀產出者甚少，必冶鍊鑛砂方可得金屬。鑛砂必含金屬在一定成分以上方有開採之價值，如鐵鑛含鐵 10% 可以謂之廢物 (Gangue or Veinstuff)，銅鑛含銅 10% 者爲良鑛，金鑛含金 0.0023% 亦尙可採，各視其貴賤而不同也。含金之岩，腐而爲砂，故有砂金 (Alluvial gold)。鑛砂有時產於岩石之間，自成一層，與岩石平行，謂之礦床 (Beds)。如煤區內之泥鐵石 (Clay band ironstone) 或黑鐵石 (Blackband ironstone) 是。岩石間成脈之鑛物，常含有金屬鑛砂，各因位置時間及地殼變化之不同，或屈曲，或斷裂，此種裂縫名曰錯縫 (Faults)，地中空穴充滿鑛砂者謂之鑛袋 (Pockets)。

### 第一節 鑛砂之種類

凡一種純粹金屬或二種以上金屬混合而不雜非金屬者謂之自然金屬 (Native metals) 此外則以硫化礦 (Sulphide ores) 及氧化礦 (Oxide ores) 爲最普通，前者多藏於地中，後者恆露於地面，蓋硫化礦露出，則恆變爲硫酸鹽或碳酸鹽，更久則全變氧化物，反之則入地愈深，含硫愈多，如鐵礦則氧化物最多，其次爲碳酸鐵。若硫化鐵則不得謂之鐵砂。銅礦除自然銅外，硫化銅較多，氧化銅及碳酸銅次之。

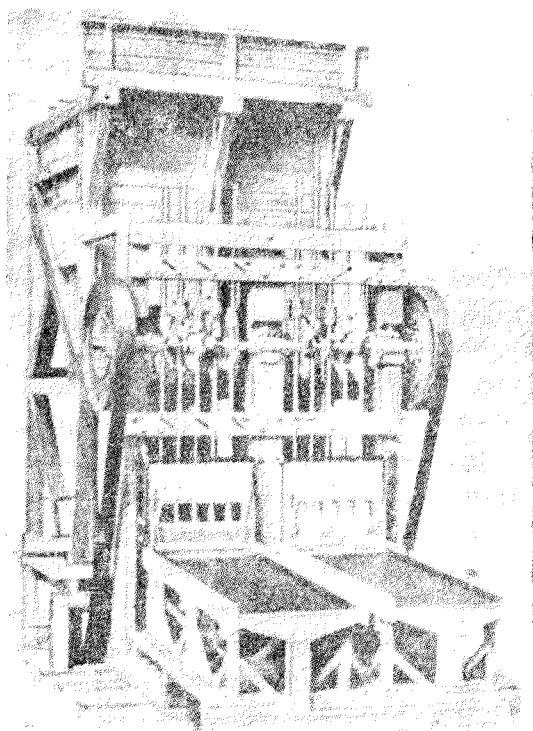
## 第一節 選礦

選礦最簡單者爲手選 (Hand Picking)，用錘敲砂，察其無用者棄之，其礦石之大者用破石機 (Stone Breaker) 或搗礦確 (Stamp Battery) 碎之，第十六圖卽非洲金礦常用之確，分杵曰二部，杵頭包鋼甲，白中置鐵砧，水及礦砂由白上送入，以杵舂之，則碎成粉末，隨水向白旁篩孔流出，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，一白之中，常置杵五枚，左右

成行。

冶金工程

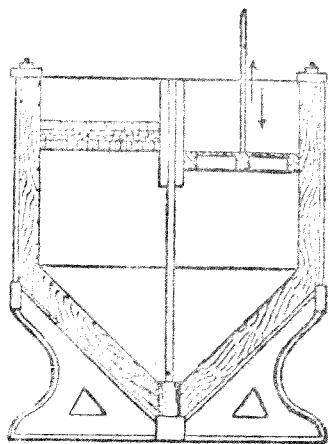
圖六十第



淘洗 (Washing) 亦用之於金礦，即以木製成一斜坡，上狹下廣，礦砂及水由上注入，向下直流，重者先沉（金屬），輕者飄去（廢物）。水篋 (Tigs) 爲直角形之箱，中間隔爲二部（第十七圖）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，孔較礦砂爲大，而較石礫爲小，貯水於箱，引活塞上下之，活塞落則水上穿石礫激洗礦砂，重者沉而輕者浮，最輕之廢物隨水而流於箱外，迨活塞上昇，石礫上之重礦砂遂穿篩入箱，如此上下不息，則礦砂與廢物分離。

無端帶 (Frue Vanver) 以橡皮爲之，寬

第十七圖

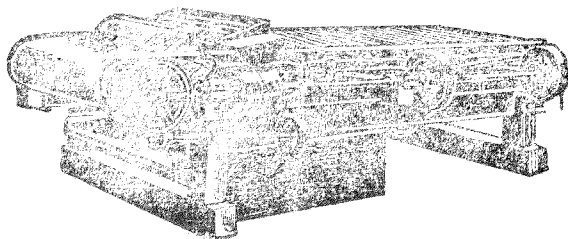


約一呎，聯合兩端爲圈。（第十八圖）張於二圓輥上，輥一高一低，使皮帶成斜坡，輥向上方旋轉而帶隨之，傾礦砂於帶面，引水衝洗，重砂隨帶而上，廢物隨水流下。又有代皮帶以木台，用偏心輪將台搖動，礦砂注入台上時，重者移動慢，輕者移動快，亦可分別礦砂與廢物。

### 第三節 煨燒 (Calcination Roasting)

礦砂有須先行煨燒而後提煉者，煨燒有二種，一爲砌堆煨燒 (Calcination in Heaps)，卽鋪煤一層，鋪礦石一層，兩兩相間，高至二呎而止，引火燃下層之煤，火勢上延，如係硫化礦物，更易煨燒，通常必擇不當風處，以省燃料。一爲圍牆煨燒 (Calcination in Stalls)，用磚砌長牆一道，又於前後面砌短牆若干，與之直角相交，

第 十 八 圖



構造三而有牆之室，其後一如砌堆煨燒，此外磚窯煨燒已見磚窯篇。

煨燒之目的有二：（1）驅逐鑛砂中之水分及有機物。（2）變硫化鑛炭酸鑛爲氧化鑛。

#### 第四節 電磁選鑛

利用鑛物之有無磁性，而分出各種鑛砂。磁力選鑛機種類甚多，又有乾濕二種，機有大電石一，藏於兩熟鐵極之間，電流通過絡圈（Coil），則其各極相近處生強磁場，鑛砂由無端帶運至磁場內，無磁性者至帶端卽下落，有磁性者經過磁場下面後始下落，濕磁場用水衝去無磁性者，且磁場因電流動續而鑛砂亦一吸一落，分出各鑛，此外又浮油選鑛法，卽極細之鑛砂浮於油之表面或沈於底，爲硫化鉛及硫化鋅之最適用者，以其不屬於冶金工程，故略之。

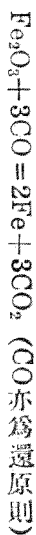
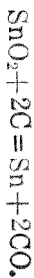
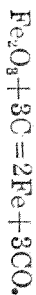
## 第六章 冶鍊之方法

冶鍊之方法有乾法濕法及電法三種，乾法用熱力，濕法賴溶劑 (Solvent)，電法用電氣分解，或用電熱，各視礦砂之性質而定。

### 第一節 乾法

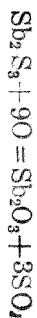
乾法有熔融烘焙及蒸餾三種：

大抵氧化熔物，必加炭而熔融之，其目的在還原：





大批硫化礦物之第一步冶鍊爲烘焙，重在氧化。



此外有鉛煅法 (Scorification) 卽藉鉛易於氧化之力，以吸收賤金屬，而爲渣滓，其貴金屬則存留，又有骨灰杯法 (Cupellation) 卽賤金屬爲骨灰杯所吸收，餘與鉛煅法同。硫化物之還原（卽去其硫）法有四：（1）煅燒，去其硫而氧化之。（2）氧化一部分，使其互相化合而得金屬，如  $2\text{PbO} + \text{PbS} = 3\text{Pb} + \text{SO}_2$ 。（3）蒸餾燒至赤熱而分出金屬，如自辰砂取水銀。（4）和金屬於硫化礦砂而熔之，如  $\text{PbS} + \text{Fe} = \text{Pb} + \text{FeS}$ 。

## 第一節 濕法

用濕法處理銀銅礦砂，須先和食鹽焙之，鹽中之氯與礦砂中金屬化合而得氯化銀氯化銅，是爲鹽焙法（Chloridizing Roasting）。又有用氯以代鹽者，（Chlorination）其理相同。濕法之最要者爲精化法（Cyanidation），用精化鉀稀溶液處理金銀礦砂則生金精化鉀銀精化鉀之複鹽，嗣用鋅分解而得金銀，又在硫酸銅溶液中以鐵加入可得金屬銅，皆濕法也。又金銀等礦砂溶於水銀中謂之混汞（Amalgamation），復蒸餾之而得金銀，其理與濕法相同。

### 第三節 電氣法

電氣法亦有乾濕二種，乾法即利用電氣發熱以鎔解或分解金屬及非金屬，濕法有陽電極溶解及不溶解之別，陽電極溶解者可省化學工作，因陽極所溶者完全又聚於陰極也。電氣分解法用於精鍊銀銅及製造鋁鋅鎂等。

## 第七章 金屬之物理性

物理性在冶金工程中亦占重要位置，茲分述之。

### 第一節 比重熔點傳電傳熱及磁性

比重 (Specific gravity) 金屬之比重各不相同，最輕者為 0.537 (鋰) 最重者為 22.48 (銻) 比重在 5 以上者為重金屬，在 5 以下者為輕金屬，但金屬經壓軋鎚擊拉扯者其比重恆增加。

熔融 (Fusibility) 凡金屬皆可熔融，但熔點 (Melting point) 不同，有易熔者 (水銀  $-39^{\circ}$  錫  $232^{\circ}$ ) 有難熔者 (白金  $1775^{\circ}$  鉻  $2300^{\circ}$ ) 易熔者亦易揮發 (水銀  $358^{\circ}$  鋅  $930^{\circ}$ ) 最難熔之金屬入電氣弧光中，亦可使其揮發，觀爐火之色而知其溫度，浦耶氏 (Pouillet) 曾製表如下：

焰色	攝氏	華氏
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

傳熱傳電(Heat and Electricity Conductivity) 爲金屬之特性，但強弱不同，且傳電力與溫度成反比例，溫度愈高則電抵抗愈大，純粹金屬之熔點，恆高於其合金 (Alloy)。金屬有向磁 (Paramagnetic) 及背磁 (Diamagnetic) 二種，鐵、鎳、鈷與磁針相近，則起感應而相吸，有向磁性。銅與鈹有背磁性，遇磁針則相拒，且鐵有留磁性 (Retentivity)，但一經燒紅則失其磁性。

## 第二節 揮發瀰散及結晶

揮發 (Volatility) 爲金屬之普通性，雖在熔點以下，亦能揮發，但爲量甚微，恆非肉眼所能見，如凝固之水銀，其周圍亦包有水銀蒸氣，而金屬在真空中揮發，較在平常空氣中爲多，若溫度甚高，白金類亦能揮發，以減輕其重量。金屬之利用揮發而提取之者，有鉍、錫、鉀、鈉、水銀等。

瀰散 (Diffusion) 作用，金屬亦有之，如將含銅之黃鐵礦砂通以空氣而焙之，則硫化銅聚於中央，構成一核，三氧化二鐵包圍之，而礦砂中之銀，則趨向於外，成一明亮之殼，是爲核焙 (Kernel

roasting) 置熟鐵於炭或木炭中強熱之，不使熔解則積久能變成鋼，是為嵌碳法 (Cementation process)。此二例皆為固體彌散之證。

凡金屬皆可視為極小晶粒所結合，其晶形以立方系為最多，如白金黃金銀銅鉛鐵錫及鋅皆是，碳化鐵錳結斜方系之晶，銻及鉍結六方系之晶。結晶可以極冷及時常振盪生之，又可以輥壓及抽絲減之。在工業上之金屬，以無晶為貴，有晶則脆弱易折。研究晶形組織 (Crystalline Structure) 為冶金工程中最新之學術，晶體顆粒之大小與機械處理及熱處理有密切之關係，金屬之性質亦隨之而異。

### 第三節 展性脆性延性韌性

凡金屬受錘擊或輥壓，能展成薄片者，謂之有展性 (Malleability)。展性之大小恆視熱度及雜質為轉移，如富於展性之銅，熱度太高則變脆，雜入一氧化二銅則展性亦銳減，鋼之能軋亦以一定之熱度及所含之碳錳等為準。

金屬受敲擊或熱度之驟變，其分子之黏結力忽然中斷，是謂有脆性 (Brittleness)。脆性之強弱，視金屬之純度、熱度、如力之緩急及構造之形狀以爲差。以錘試之，有一擊即碎成小塊者，有分裂爲二段者，其次則沿邊拆裂，脆性較小。

金屬能延長成絲而不斷者，謂之有延性 (Ductility)。延性與展性不同，恆視熱度之高低爲轉移，有宜於高熱度者，如鋼條壓成絲是也，有宜於低溫度者，如銅條拉成絲是也。

金屬有反抗其分子爲張力 (Tensile Stress) 所分開之性者，謂之韌性 (Tenacity)。在工業材料上頗爲重要，通常以檢驗機 (Testing Machine) 試之，設有鋼條一根如第十九圖之 a，其上刻兩記號，相距八厘，計其切斷面積若干，送至檢驗機上，漸漸引長，終裂爲二，所用之力，謂之斷力 (Breaking Stress) 每平方厘米切斷面積所受之斷力，謂之抗張力 (Tensile Strength)。

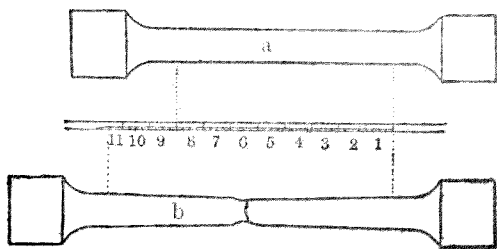
條既斷裂，近裂處變細而增長 (如 b)，記其增長若干，用百分法計算之，可以驗其適用與否，如鋼條之抗張力爲二十四噸 (一方厘米者可以直接在檢驗機表上驗之，小於一方厘米而又係圓形，亦可以比例求之) 既試之後，兩記號相距爲 10.5 厘米則伸長數  $= 10.5 - 8 = 2.5$  厘米

$$\frac{2.5}{8} \times 100 =$$

31.25%

大凡抗張力大之鋼條其伸長數必少，抗張力小則伸長數必多。

第十圖



第四節 硬度及彈力



物之不易刮傷者謂之硬，物之極硬者且足以傷他物，欲定兩物硬度 (Hardness) 之強弱，則必互相刻刮，其被傷者硬度弱。假定鉛之硬度為 1，則得下表：

錫	1.7	鉛	17.3
鉍	3.3	銅	19.3
金	6.3	鎢	24.0
鋅	11.6	鐵	69.7 64.0
銀	13.3		

工具鋼 (Tool Steel) 比鐵及軟鋼更硬，故可作刮削鑽鏤之用。

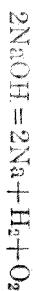
金屬物體因受外力而變形，力去後仍能恢復原狀者，謂之彈力 (Elasticity)。彈力與壓力 (Stress) 恰相平衡之點，名曰彈性限度 (Limit of Elasticity)。壓力大於彈力，則各物必失其還原性，即發生永久變形 (Permanent Set)。鐘錶上之細簧與火車上之粗簧，皆利用鋼之

彈性者也。

## 第八章 鈉鉀鎂鋁

### 第一節 鈉與鉀

冶鈉 (Sodium) 法有數種，但今日通用者純係電解法，以氫氧化鈉爲原料。裝原料於鐵箱內，用氣體燃料燒熔之，鐵棒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爲收集金屬鈉之鐵圓筒，電流通過氫氧化鈉分解，氧氣穿箱蓋之缺口而逃，氫氣則穿筒蓋而散，金屬鈉浮於氫氧化鈉之上，集於鐵圓筒中，其下部與鐵絲圓罩相接，所以防止氫與金屬鈉接觸，已熔之鈉聚集一處，蓋電流通，則氫氧化鈉卽被電分解，鈉及氫聚於陰極，氧聚陽極，其反應如下：



美國有用硝酸鈉爲原料者，德國近來多用食鹽。其法用一大U形管，兩臂一寬一窄，窄者係鐵製，寬者係水泥製，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，包圍結縫之四圍，免致滲漏，陽極在寬端中，陰極即窄端之本身，電流通，氯化鈉分解，氫山寬端頂上之管引出，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充之。

鉀 (Potassium) 之製法，與鈉相同，惟原料用氫氧化鉀或氯化鉀而已。

鈉之用途：(1) 製造漂白鈉、過氧化鈉。(2) 金屬鈉爲製人造藍色染料及香料時還元劑，以及醫藥原料。鉀之用途雖多，但處處可以鈉代之。

## 第二節 鎂

鎂 (Magnesium) 之製法有二：(1) 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% 投入燒紅之坩堝中，蓋而熔之，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溶渣，後者沉於坩堝底，引出後，用蒸餾法提淨之。(2) 電熔煉法以烘焙之氯化鉀

鎂 ( $KCl, MgCl_2$ ) 置於銅罐中，氣體燃料燒至暗紅，罐蓋上有磁管包於陽極炭素棒之四周，爲氣之出路，銅罐自爲陰極，電流通，則鎂聚罐底，而氣則循炭素棒穿磁管而出，收集之以爲他用，今日工業上之漂白粉，及兵器上之毒氣，皆以氯爲重要原料也。

鎂可製成絲，又可製成帶，燃燒時發耀目之強光，製造烽火及晚間攝影用之，在冶金工程上用以製造合金及驅除他金屬之雜質。

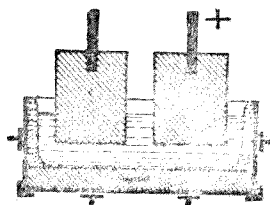
## 第三節 鋁

鋁 ( $Aluminium$ ) 爲今日工業上一重要金屬，無自然產者，大都與氧化合爲三氧化二鋁，存於各種粘土內，今多以鐵礬土 ( $Bauxite$ ) 煉出，電爐爲直角形，如第二十圖長 3 呎，寬 1.5-2 呎，高約 1 呎，內胎火磚，再內胎碳末，中央留 40 吋深之穴，以容受電解質，底部埋鐵棒一根，聯於發電機之陰極，爐上之銅架，倒懸長 40 吋之碳素棒若干，聯於陽極，最初降下碳素棒使與爐底碳素相接，通以電流，隨即移開少許，發生電弧，取碎塊之冰晶石 ( $Cryolite = AlF_3 \cdot 3NaF$ ) 或冰晶石與螢

石  $\text{Fluorspar} = \text{CaF}_2$  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，又將炭素棒之尖浸沒其內，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，其強弱由炭素棒與爐底炭素之距離定之，然以暗紅色為佳，斯時投純淨之三氧化二鋁於其中，熔解者約 25% 遇電分解，鋁生於陰極，漸沉於冰晶石之下，氧生於陽極，與炭素棒化合為  $\text{CO}$  及  $\text{CO}_2$  而散，電流之壓力以 8—10 弗 (Volts) 為最宜，爐內之出產視電流之安培數 (Amperes) 以為差，大約長 3 呎寬 1.5 呎穴深 10 吋之爐，每日可出鋁一百斤。

製鋁之原料必須純淨，三氧化二鋁，故鐵礬土應先磨碎，裝入旋轉圓筒爐焙之，焙後研細，和氫氧化鈉溶液，加壓力，熱至八小時，加水沖淡，濾過，將濾液貯於鐵筒內，攪和數小時之久，投入氫氧化鋁使生氫氧化鋁之沉澱，濾取潔淨送入旋轉圓長爐中，或反餞爐中，以  $1000^\circ\text{C}$  之熱焙之，則得含  $\text{Al}_2\text{O}_3$  98% 之混合物。

第二十一圖

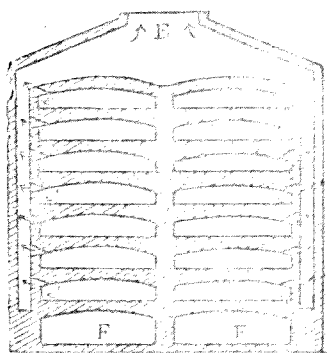


鋁之用途適於汽車汽船及艇上之機件或零件，在鹹水中不可與他金屬接觸，恐其發生局部之電作用 (Galvanic Action)，腐蝕甚速，加銅或鎳或鎂少許之鋁合金，其硬度強度加增，以之製家常用具頗為相宜，鋁與氧之親和力最強，鋁粉與錳、鉻或鎢之氧化物混合置坩堝中，用引線點燃，則鋁變成三氧化二鋁而析出極純之錳、鉻或鎢。哥德斯米特氏 (Goldschmidt) 利用此理發明鋼鑄之鋁融接法 (Thermit Holding Process)。如鍛接一物之破口，須先作一適當之模繞之，再以鋁粉與氧化鐵起燃燒後所生之鐵液注入接口，使之聯合為一，冷後刨光，完全如新。

# 第九章 鋅鎔錫

## 第一節 鋅

鋅( $Zn$ )鑛以硫化鋅( $ZnS$ )及碳酸鋅( $ZnCO_3$ )為最。產於英德法美，我國湖南鉛鑛中亦有之。冶煉之法，先將上列二種鑛砂經過焙燒，使變成氧化物( $ZnO$ )，然後用碳為還元劑，去其氧而得金屬鋅，但還元之溫度為攝氏 $1100^{\circ}$ ，而鋅為 $930^{\circ}$ 時已成蒸汽，故此時不能得液體之金屬，僅能得一種揮發物，欲使此揮發物再凝結，須用損失頗巨之手續，今先以硫化鋅入哈爭克勒威爾(Härsklevær)式焙燒爐(第二十一圖)爐分七層，每層厚為一



第二十一圖



袖籠，最下之三層用生產爐氣 (Pollucifer-gas) 燒之，火燄先燒其底 F，復繞上燒其頂，鑛砂以裝於鐵桿上之把撥動之，由最上層依次達於最下層，穿缺口出爐，其反應式如次： $ZnS + 3O = ZnO + SO_2$  其發生之  $SO_2$  可利用之，以製硫酸  $ZnCO_3$  經過焙燒，則  $CO_2$  揮發而成  $ZnO$ 。

氧化鋅之蒸餾則有特別煉罐，如二十三圖所示。

a 為彼勒綢亞式，b 為萊因式，c 為比利時式。a 類箱狀，D、C 似管狀，均係耐火泥所製，入循環爐而燃之，煉罐裝滿氧化鋅及小炭塊之後，以罐送入爐內，爐有多層，如二十三圖，煉罐之口前，套一口小腹大之泥壺，其銜接處均以泥，使勿漏氣，移時泥壺之口有綠白色之火燄（鋅燄）發出，乃將泥壺之口，用鐵皮套口塞之，鋅蒸汽入套口中，則凝集而為鋅灰，久之漸變為液體鋅。俟其滿時，傾入鐵杓，鑄成鋅塊。此等鋅塊嘗含砷銻。

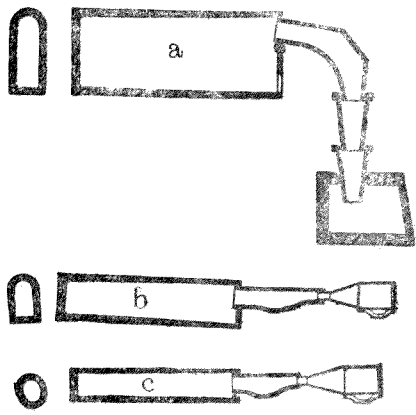
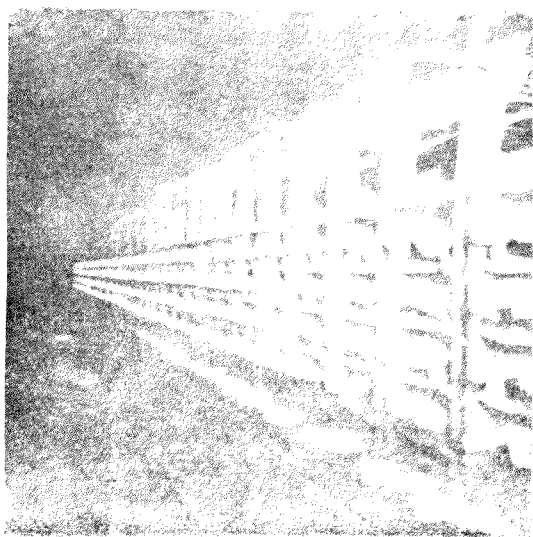


圖 三 十 二 第



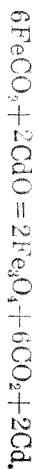
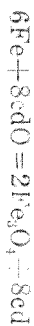
鉛鐵等物，必須精鍊一次，其法用反燄爐熔之，鋅之一小部分與鐵及鉛成爲合金，名曰硬鋅，沉於下面，而純鋅浮於其下，其他金屬則成氧化物而爲浮渣，將取去後，以鐵杓取出純鋅，鑄成鋅板。

鋅白色略帶藍灰，有金屬光澤，當攝氏 $113^{\circ}$ 時，即熔解可以鑄物，在 $100^{\circ}$ — $150^{\circ}$ 時，有延展性，可展成薄片，或延長成絲，至 $200^{\circ}$ 時，有脆性，含鉛 $0.5\%$ 時，則有可鍛性，故鋅器工廠往往參鉛於鋅，與空氣接觸，往往外表生薄皮，即氧化鋅( $ZnO$ )，可以防止內部繼續氧化，鋼皮上面鍍鋅亦以此，氧化鋅亦為白色顏料之一。

鍍鋅法有三種 (1) 以洗淨之鋼皮浸入已熔之鋅中。(2) 用硫酸鋅溶液電鍍。(3) 用已熔之鋅通過放射管而灑於被鍍物上。

## 第二節 鎘

鎘 (Cadmium) 多藏於鋅礦內，故為冶鋅時之一種副產，因其在攝氏 $770^{\circ}$ 時即揮發，故比鋅先得，用氧化鎘 (鎘灰) 與鐵或鐵鹽混合而溶之於鐵箱中，則得金屬鎘，其反應如下：



在硫酸鎘溶液中，用鋅可以將鎘分出，鉛亦可用，鎘比鋅硬，可作各種合金之用，鋅中含鎘不過 0.2% 者有利，若過 0.4% 者則有害。

### 第二節 錫

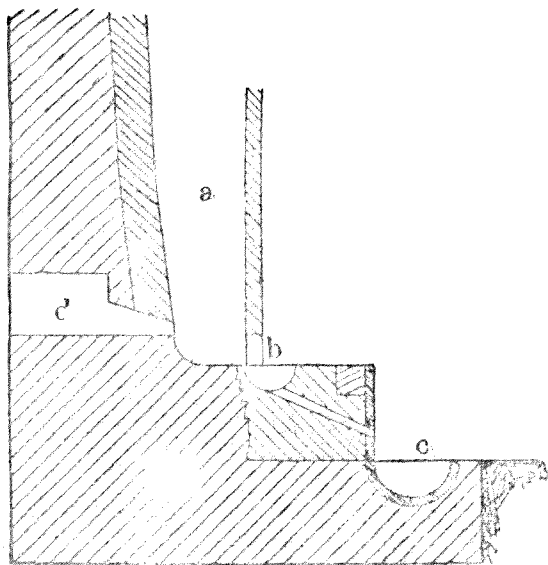
錫 (Tin) 鑛以錫石  $\text{SnO}_2$  為最第

著，含錫約 78%，此外雜質甚多，如石英二方鉛鑛、黃鐵鑛、黃銅鑛等，與煉錫有妨十礙，須先提去，法將錫砂先傾於格子篩四上，用水淘洗，去其泥沙，再鏈碎之，以能圖

穿過每 25 耗平方有 50 孔之篩為

度，引其流入一行之貯蓄池，則雜質較

輕，隨水流去，錫砂沉於池底，取出焙之。



氧化其硫化物，再露於空中數日之久，淋以熱水，溶去其硫酸銅，此時所餘者為錫砂及少許之氧化鐵，再用選鑛台淘洗去其氧化鐵，是為黑錫（Black tin）方可冶鍊。冶鍊之法，有用反燄爐者，每次可裝一噸和以 $\frac{1}{2}$ 之碳末，另加石灰若干，使與殘留之二氧化矽（ $\text{SiO}_2$ ）成浮渣，又有用鼓風爐者，如二十四圖 a 為爐身，b 為石竈，c 為鐵槽，d 為風口，蓋錫初集于 b，含渣甚多，再流于 c，較為清潔，但錫為易于氧化之物，損失較大，通常反燄爐須煉二次，鼓風爐祇煉一次，其反應如次：



錫不為空氣及稀酸類所變化，可展薄為片，胎襯鉛管，或鍍於銅鐵等金屬之面，以防氧化，如錫板（Tin plate）即錫之鐵片，俗名洋鐵，或貯食物，或盛洋油，其用頗廣，鍍錫之法，即熔錫於生錫釜內，上蓋牛油或櫻油（Palm oil）厚 70—100 耗，所鍍之鐵片，表面須十分光潔，穿過牛油，插入錫內，繼而又送至在牛油中之軋機上壓之，擠去浮面之錫，然後取出揩淨，苟錫片之面欲現彩紋，可將其炙熱，以海綿蘸稀硝酸及鹽酸食鹽或氯化銨之混合物，揩拂其上，繼噴水退冷，則錫面為酸所蝕，甚為美觀，錫箔之佳者，為包紙烟或藥品之用，錫與銅之合金為青銅（Bronze），其色視二者成分多

寡而異，用途甚廣。

洋油箱或罐頭盒上之錫，若利用之，可採哥德斯米特（Goldschmidt）法，先將洋鐵上之紙漆等去淨，裝入高 $\Delta$ 狀徑90厘米之鐵筒中，由其下孔以四倍氣壓打入氯氣，使與錫化成四氯化錫。變化時生熱甚多，故鐵筒須設法退冷，免遭氯氣之侵蝕。錫既熔後，方將氯化錫吸出，盛於受器中，留心加水，則得氯化錫（ $\text{SnCl}_4$ ）沈澱。歐戰前德國每年於七萬五千噸舊洋鐵皮中，取出錫2%至25%約一千噸商業上所用之錫粒，乃將錫條熱至要破裂之溫度時，由高塔上向石塊落下而擊碎者也。

錫與鉛銅銻之合金為軸承之好材料。

錫與鉛之合金為鍛接料。

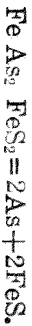
# 第十章 砷 鉍 銻

## 第一節 砷

砷 (Arsenic) 鑛常合金銀鎳鉛及銻等，產地以挪威法意等國爲最，雄黃 (Orpiment  $As_2S_3$ ) 雌黃 (Realgar  $As_2S_4$ ) 湖南慈利縣有之。

煉砷之目的分金屬砷，白砷，紅色硫化砷及黃色硫化砷數種。

金屬砷之煉法，盛砷鑛於火泥管內，置於長方蒸餾爐內燒之，若干管排列二行，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，所以助砷成結晶，初時並不加凝集器，俟有砷金屬放出時，方始套上，其反應如下：



白砒煉法，先須烘焙含砷之鑛砂，或用反餞爐，或用圓筒爐，所得白砒，尚有細礦砂及燃料，須用反餞爐再精煉之，方得三氧化二砷 ( $As_2O_3$ )。有用以製白砒玻璃者，形似無色之玻璃，若收藏過久，則變為結晶面不透明，如二十五圖即白砒玻璃昇華器。b 為生鐵罐，c 為鐵罩，a 為火坑，d 為凝集室，室中之溫度，宜留心節制，恰能使昇華之砒溶解成玻璃狀，冷後用木棍敲之。

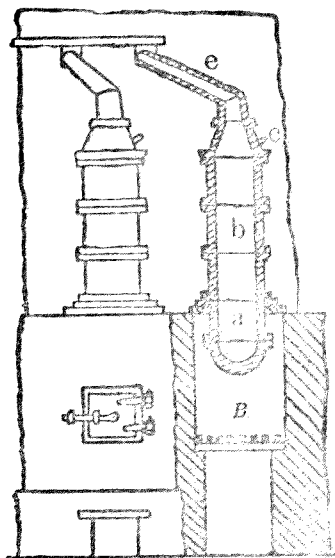
白砒之用途有四：(1) 顏料。

(2) 有機顏料之還元劑。(3)

殺蟲劑。(4) 烟火。此外有黃色砒

玻璃(雄黃)紅色砒玻璃(雌黃)

，其煉法與煉白砒相似，可作烟火及鞣皮之用。



第二十五圖



## 第二節 鉍

鉍 (Bismuth) 鑛以天然純粹者爲多，其次爲硫化鉍  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  及氧化鉍  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ 。亦混產於錫鉛鋼錫諸鑛砂中，恆爲各鑛之附產。

鉍之提煉，有乾濕二法。乾法視鑛砂含鉍之多寡，或用坩堝，或用反餽爐，鉍及氧化鉍均易揮發，故爐之溫度須求適當之低，并宜加碳酸鈉 (10-20%) 石灰及氧化鐵等，以減低溶渣之比重及熔點，俾還原之鉍，易於沉下。

自然鉍常含氧化鉍及硫化鉍，適用坩堝處理，搗鐵以奪其硫，搗木炭以奪其氧，使鉍還原。

濕法惟由含鉍之蜜陀僧及骨灰煉坑 (鉛中取銀法) 提鉍時用之。含鉍之鉛，經骨灰杯處理後，鉍之氧化在鉛全體氧化之後，此時一部之氧化鉍竄入最後之蜜陀僧氧化鉛中，而所餘之金屬鉍則均混於銀中，此等含鉍之蜜陀僧，成分大低，尙須入小鼓風爐中再煉，將所得之鉛，依法用骨灰杯燒煉，最初所生之蜜陀僧含鉍甚少，棄置一旁，以最後所生之鉍在  $\text{NO}_2$  以上者爲度，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  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  及  $\text{PbO}$  變為  $\text{BiCl}_3$  及  $\text{PbCl}_2$ ，前者全成溶液，後者僅一部分溶解，濾取溶液，加炭鈉或石灰，使其一部分中和，繼用水沖淡，乃發生  $\text{BiOCl}$  之沈澱，而餘  $\text{PbCl}_2$  於溶液中：
$$\text{BiCl}_3 + \text{H}_2\text{O} = \text{BiOCl} + 2\text{HCl}$$
 濾取洗濯，去其所夾之  $\text{PbCl}_2$ ，復溶於鹽酸，加水沖淡，再使變為沉澱，洗淨烘乾，和木炭炭酸鈉石灰及玻璃，裝入鐵坩堝中，煉成金屬鉍，名曰生鉍 (Crude Bismuth) 其中仍含有砷銻銅等，去之之法，以  $395^\circ\text{C}$  之熱度，在空氣中久燒之，則砷揮發以去，再燒至銻之氧化點，用木條攪之，則銻氧化上浮成渣，若和硫化鉍於燒溶之生鉍內，則銅或硫化物曇金 (Matte) 上浮，如是而得純粹金屬鉍。

鉍之最大用途為與鉛錫合成易溶之金屬，為鐸器之用，鉍 50% 鉛 31.25% 錫 8.75% 所成者，名牛頓金 (Newton Metal)，熔點  $95^\circ\text{C}$ ，鉍 50% 鉛 24% 錫 14% 鐸 12% 所成者，名武德金 (Wood's Metal)，熔點  $66$   $77^\circ\text{C}$ ，兩者均能溶於沸水之內。

鉍在熔時，氧化甚速，凝固時所占之容積，較溶時增多<sup>1</sup>，故活字金及銅版金中攪入鉍者，蓋利用其冷時膨脹性能顯出模之極細花紋也。

## 第二節 銻

銻 (Antimony) 鑛之最著者爲輝銻鑛 (Stibnite  $Sb_2S_3$ ) 含銻約 71% 及方銻鑛 (Senarmontite  $Sb_2O_3$ ) 產於輝銻鑛之上部，蓋由氧化而成者，鍊銻僅用乾法，其種類如次：

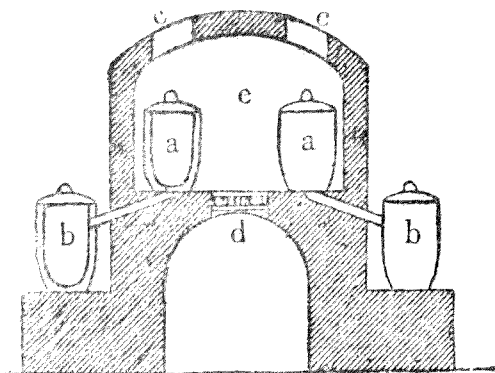
熔離法 (Liquation process) 使硫化銻與廢石分離，而得生銻。凡銻鑛含硫化銻 9% 以下 4% 以上者，則用熔離法處理之。硫化銻之熔點甚低，且易於氧化爲三氧化二銻，故有用罐 (Pots) 用管 (Tubes) 用反餽爐二種冶煉法。用罐者以形似坩堝之罐盛鑛砂，罐下有孔，用泥管與受器相聯，加熱則硫化銻流入受器中，罐及受器均有蓋，以免氧化，用管者每爐有四管，安於穿孔之火泥瓦上，如二十六圖 a 爲管，內有銻砂，c 爲受器，d 爲窠頂，b 爲管蓋，e 爲工作門，f 爲烟突，於爐橋上燃火，熱之，熔解之硫化銻穿孔而入於下方受器 c 中，受器載於四輪車上，易於推行。反餽爐法損失甚鉅，用者極少，但燃料人工修理之費較少，是其優點。

硫化銻之分解，以用鐵爲最宜，其反應如次：



以鑛砂與熟鐵屑或碎洋鐵及食鹽溶于坩堝爐（即多數坩堝置於反餞爐中）所得之銻，名曰單銻（Singles of Antimony）。再加食鹽入坩堝中熱之，使殘鐵成爲浮渣，所得之銻，名曰星球（Star Bowls）。其中含硫仍多，敲成小塊，送入坩堝爐中，加碳酸鉀及生銻，完全溶解時，又將鐵桿攪之，隨即傾倒入模，銻即發生星形（Starling）名曰星銻。欲將硫化銻變爲氧化銻，須用烘焙。有單純烘焙及揮發烘焙二種，鑛砂入烘砂反餞爐，初在離火坑最遠之處，漸次移至火橋最熱之處，氧化已足，熔結及揮發之害爲之減少，而得  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ （不揮發）。

熱三硫化二銻至適宜之溫度，而空氣又加以限制，則生揮發性之三氧化二銻，可以收集於凝



圖六十二第

集器中，是為烘焙。

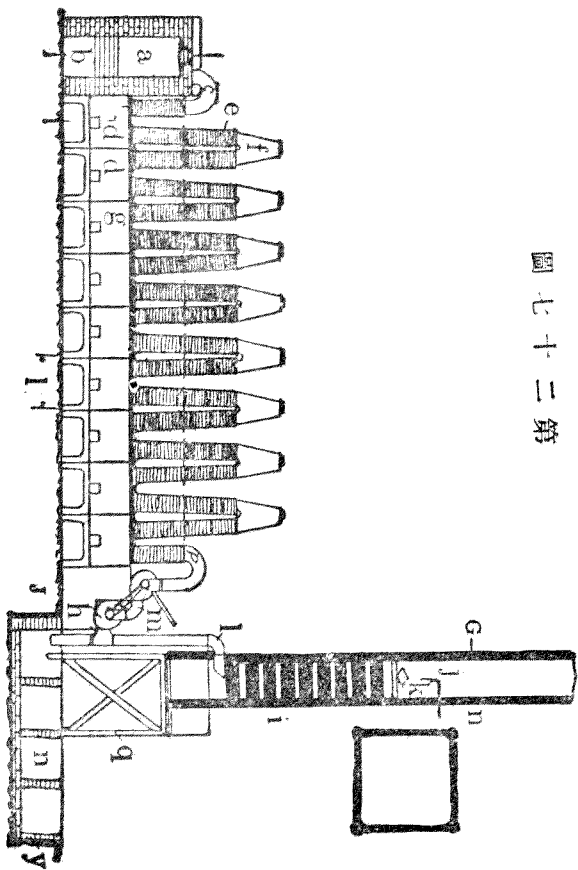


揮發烘焙以沙提永 (Chautilion) 及赫倫斯密特氏 (Herrenschmidt) 為最通行，其優點  
如次：

1. 砷與銻分離，因  $As_2O_3$  較  $Sb_2O_3$  更易揮發。
2. 鑛砂含銻僅 7—20% 者仍可烘焙之以獲利。
3. 銻之消耗少。
4. 燃料之耗費低。
5. 鑛砂中之金銀於烘焙後，大部分存於渣中。
6. 烘焙所得之  $Sb_2O_3$  可直接鍊成金屬銻或製顏料。

茲述赫倫斯密特法，此法所用機器為氧化烘焙爐一座，製鐵之退冷凝集管一行，位於凝集室之上，吸扇一具或數具，及焦煤塔一座，如二十七圖。a 為火磚所砌成直角形爐，b 為鐵條爐橋，排成

圖七十二第



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，a 上管鐵起皺紋，或安有水平之翅以增大退冷面積，管尾裝設摺扇二具，助火氣之流動，并送火氣入中盛焦煤或瓷器之木塔中，j 管由塔頂注水，由 k 分散之，塔底有磚砌之沈落池 n，分作四部，以承受塔中下注之水，并收集水中所含之氧化銻。

進行次序：鑛砂之大小自  $\infty$  耗至  $\infty$  耗，和以適量之木炭或焦煤，過細之鑛末，則先行篩去，壓之成塊，方便入爐，銻含  $\infty$  之鑛砂，需木炭  $\Delta$  焦煤可略少。爐中之空氣，因碳素之存在，其氧化性不甚猛烈，以故硫化銻不變為  $Sb_2O_3$  而為  $Sb_2O_4$  隨火氣揮發穿 c 管出爐，入于第一凝集室，該處所收得之氧化銻極不純淨，約夾有  $\infty$  之鑛灰及燃料灰，火氣由第一凝集室穿入他凝集室，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，過下注之水，凡未經凝集之氧化銻，均凝結沖洗而下，入于下方之沈落池中。

將單純烘焙法所得之  $Sb_2O_3$  及揮發烘焙法所得之  $Sb_2O_4$  加以碳素或鹼類，送入反餞爐煉成金屬銻，此時所須之熔劑為碳酸鈉、硫酸鈉及食鹽，能將其他金屬化為熔渣，其普通配合法如次：

## 200份氧化錫鑛砂

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，將配合投入熔解之，用鐵桿攪拌，熔煉既足，任其沈定，放瀉錫及熔渣入爐前之罐或模中，二物既垂之後，將渣敲去，送錫入精煉爐再煉，或用坩堝或用反餞爐均可。

濕法及電解法提煉錫砂，尚在試驗期中，茲不贅。錫之用途以製合金為最著，如減摩擦金，活字金及不列顛金 (Britannia Metal) 等，皆以錫為主要成分，其氧化物及硫化物則用作顏料，硬橡皮，醫藥，琺瑯質等。



# 第十一章 水銀及鉛

## 第一節 水銀

水銀 (Mercury) 鑛以辰砂爲最著，湖南辰州一帶產之，冶鍊之法甚簡單，通以空氣燒之，即行分解。熱至  $360^{\circ}\text{C}$  時，沸騰揮發，在平常溫度時爲液體，純淨時不論冷熱能熔解他種金屬，謂之混錄物 (Amalgam)，濾以帆布，去其過重之水銀，將所餘者入甌蒸溜，則水銀揮發而他金屬存留，處理金銀鑛砂時恆用之。

辰砂爲硫化水銀，故用空氣還原法 (Air-reduction process)  $\text{HgS} + \text{O}_2 = \text{Hg} + \text{SO}_2$

氧化錄不能在高溫度時存在，故近世煉水銀，恆利用此理，所用爐竈各地不同，但各分二部，一爲煉鑛砂之爐，二爲凝集水銀之室，茲述最近之諾法克爐 (Novak Mercury Furnace) 及斯披

勒克爐 (Spirek-Furnace) 斯披勒克爐，高 5.1 呎，四周各寬 1.2 呎，二十四小時內可煉含水銀 0.1—0.4% 之鑛七噸，用炭約鑛之 2%。粗鑛砂約 40 磅，耗大者，及木炭交換由爐口投入，已煉之砂由爐底隨時放出。有煉砂部，凝集部，爐身斜置之爐橋，受承廢砂之車，廢物沉落器，凝集室，有釉之瓦管，并有水退冷者，水銀蒸汽及二氧化硫等氣體，經過瓦管而入凝集室。諾法克爐之爐壁分二層，內層用火磚建築，外層為平常之磚，以鐵皮包之，但以上兩爐適用於粗砂，若 2% 耗以下之砂，則用搖橋爐，係徐特納及斯可特所計畫，爐為六角，下有三門，燒木柴，上部為水銀蒸汽出口，由此經過鐵管達凝集室中，鑛砂自爐頂加入。

由凝集室所得之水銀一部為純粹水銀，一部仍含有黑色雜質，故加以石灰及水而榨壓之，使成小塊，再入鍊鑛爐鍊之，再後乃水銀色入蔴布而壓之，則雜質可完全除去。

最近取水銀之法，亦有用電氣者，即將硫化水銀置於食鹽溶液或鹽酸中，通以電流則分解，水銀聚於陰極。

水銀之用途除混汞法（提取金銀鑛）外，與錫混合 (Sn 23% Hg 77%) 可以作鏡，與鎳

及銀混合可以補牙與銅混合可製銅版與銀及鋅混合（水銀二分鋅一分錫一分）可作電機引火線，此外如寒暑表，溫度計，電氣接觸料，水銀蒸汽燈（照相或人造太陽）以及無線電報之高壓管等，皆水銀之重要用途。顏料醫藥亦多水銀之化合物。

## 第一節 鉛

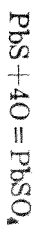
鉛 (Lead) 鑛天然者極少，白鉛鑛 (Cerussite  $PbO$ ) 方鉛鑛 (Galena  $PbS$ ) 產量甚多，後者常含銀質，尤為可貴。

煉鉛法有三：(1) 反餞爐熔煉，(2) 鼓風爐熔煉，(3) 淺爐熔煉。

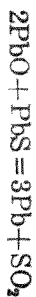
反餞爐又有二法：(一) 空氣還原法，(二) 鐵還原法。

空氣還原法 (Flintshire or Air-reduction process) 所用之爐，為佛林得爐，煉坑之井有孔，通於爐外之鉛罐，鑛砂入爐，以適宜之熱焙之，隨時把動，免其膠粘，此為氧化期，二小時後，關閉爐門，添火熔解，則見鉛汁漸次下流入井，至停滯時，加足火力，使全體溶解如水，此為分解期，啓門投

入石灰，用長桿混合和之，溶解之鑛砂遇冷石灰而凝固，耙至煉坑高處，降低熱度，再熔之，火候既足，復加火熔解，析出其鉛，其不熔者再和石灰再熔之，而再熔之，至取出足量之鉛而止。在氧化期內，發生一部分之氧化鉛及硫酸鉛：



迨熱度增高此  $\text{PbO}$  及  $\text{PbSO}_4$  又與未行分解之  $\text{PbS}$  化合而生金屬鉛：



加石灰所以能配成熔渣，但渣中含鉛約50%雖可再煉，然損失銀及鉛不少，須含鉛在5%以上之鑛砂方可適用，現有用錐形轉爐者，如二十八圖所示，與小柏塞麥爐相似，名曰胡梯頓赫柏蘭烘焙轉爐 (Huntington Hoberlein—Rostkanverter) 鑛砂未入爐之先在混合器內，與磨細之礫石混合，投入預焙爐中，以700°C烘之，使硫黃尚存少許，再冷至50°C，然後投入轉爐，此爐乃圓

錐形之鐵罐，其風自底入爐，有蓋可以啓閉，蓋之中部有出烟之圓筒，此法亦以空氣還原，使  $PbS$  成爲  $PbO$ 。

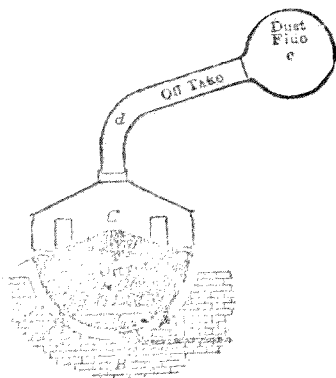
如此烘焙之鑛砂，再入鼓風爐熔煉之，大概與化鐵爐相似，焦煤與鑛砂同時入爐，即以所生  $CO$  爲還元劑：



此時鑛砂之鐵錳等入浮渣，銅及硫化鐵與鉛組成鉛石，而神銻鎳鈷等成爲神鉞 (*Speise*)。出爐之時，金屬鉛在下，神鉞在中，鉛石在上，鉛石一冷即成薄塊，可以取出，繼續取銅及鉛，下層之鉛可以注入模型中，其中尚有銅銀神銻鎳等雜質，必須精煉。

鐵還原法 (*Cornish or Iron-reduction Process*) 適用於二氧化硅，硫化銅等之鑛砂，因空氣還原法不能熔煉也，此法亦分二段：

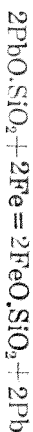
(一) 烘焙 傾鑛砂兩噸於反饋爐中，以適當之熱烘焙之，經 15—20 小時之久，耙至爐下空



圖八十二第

洞中，而俟其冷。

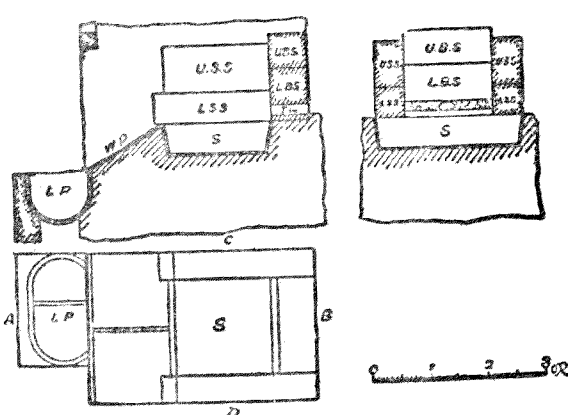
(11) 熔煉 (Flowing) 鋪鉛渣於反燄爐之煉坑內，生火熱爐，取焙過之鑛砂二噸，啓門送入，即緊閉而從速熔之，析出之鉛，隨時放瀉出爐，又加石灰於未分解之鑛砂內，令其稠結，耙至煉坑高處，加鐵屑 50—100 斤，再行熔解，瀉入罐中之物，最下者為鉛，中為硫化鐵，上為黑色渣，各以模盛之，鉛之質硬而脆，內含他種金屬，硫化鐵雜有銅、鋅、錫、銀等物，黑色渣幾全係硅酸鐵及硅酸鈣，爐中之反應如次：



凡含二氧化硅 4% 以上之鉛鑛砂及不宜用反燄爐處理者，均須用鼓風爐熔煉之，而含黃鐵鑛之鉛砂，尤宜用鼓風爐。鑛砂若為白鉛鑛或方鉛鑛與白鉛鑛之混合物，可直接入爐煉之，若係方鉛鑛及其他硫化物鑛，則先行烘焙，以驅除大部份之硫及砷，烘焙之爐，以長牀式而用人工耙動鑛砂者為最佳，其近火橋處有一煉坑，使已焙之砂，膠結成團，然後出爐，再用鼓風爐煉之。（水套式鼓

風爐見前。)

淺爐鍊鉛，通行於英之北境及蘇格蘭等處，故一名蘇格蘭爐，(Scotch Furnace) 如二十九圖所示。爐中有一鐵槽，長60呎，寬5呎，深15呎，外包磚石，三面圍以8吋見方之鐵塊，謂之背石及旁石，其餘一面裝設鐵帶，其位置與旁石之頂等高，所以承載引出鉛煙之罩，空氣龍頭穿背石之下方入爐，爐前置鐵板如斜坡(b)，面造有溝，鉛循溝下流入罐(a)，當熔煉時，坑中滿貯煤炭鑛砂，高及旁石，爐中反應，與空氣還原法相同，惟此法乃烘焙及還原同時並舉者也。美國淺爐與英相同，而形式較巨，用中空之鐵塊以為背



圖九十二第

石及旁石，內灌冷水，川流不息，使鐵不熔壞。

以上各法取得之鉛，含有銻銻鐵銀等物質，硬而脆，必須精鍊，去其雜質，約分三部：

(a) 初步精鍊

(b) 提收銀質

(c) 最後精鍊

初步精鍊，通常用反餽爐，其鍊坩為正角形或橢圓形，其熔煉含氧化性，最初用低溫度，使銅質盡入浮渣，完全分離，其他雜質如鐵、鎳、鈷、錫、砷、銻、硫及銀等之熔點皆較鉛為高，故皆與銅浮於上面，可以隨時耙出，嗣又增高溫度，同時鼓入空氣，使其其他雜質氧化，如錫銻鉛化合物等，亦行撇去，下沉之鉛，其質甚軟，若以長桿推過鉛面，如現虹彩，即知火候已成，乃瀉鉛入模。

初步精鍊之鉛中，其銀之大部分依然存在，須用結晶法或帕丁生法 (Crystallization or

Patinson Process) 提取之，利用合金復凝之理 (即合金融點比原有單獨金屬之融點低) 而

先結晶之鉛，含銀較未凝之部為少，故用數次結晶，可以提收鉛中之銀，但損失銀質甚鉅，今多改用



鋅法 (Zinc Process) 係帕克斯所發明，故又名帕克斯法 (Parkes Process)。所用器具為鐵釜，

大小各一，大者可容鉛十噸以上，其底有孔瀉鉛，大小釜各另火燒之，溫度不一，先傾鉛十噸於大釜之一，燒至鋅之熔點，以金屬鋅（約1—2%）分三次加入，時時攪拌，或注射乾蒸汽至釜底，使鉛激動，旋添煤入爐，降低熱度，則見銀溶入鋅，上浮鉛面，成海綿狀，用漏瓢撈取，轉入小釜，此時渣含銀及銅為多，另行安置，第二次加鋅退冷後，其渣含銀較多，第三次加鋅退冷後，其渣含銀甚少，第二次之浮渣，可為提銀之用。

又盧羅二氏法 (Luce—Rozan Process) 為改良之

帕丁生法，用機械以省人力之攪拌，所用之器為兩鐵釜，一高一低，在下者之口沿，高出地面30呎，約可容鉛30噸，較在上者大一倍，有奇如三十圖M為小釜，C為大釜，其底下各有爐橋生火，先裝鉛于M中，俟其熔解，由底旁之管放入大釜，與上次所得之結晶體相混，旋由V壓入蒸汽，b為使蒸汽分布均勻

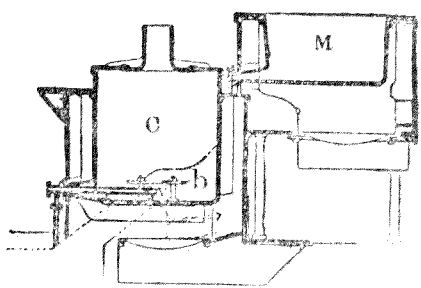


圖 十 三 第

之鐵板，助其混和，全體既熔，乃減小火力，注水於鉛面，使其結晶約 $\frac{2}{3}$ 浮於上，其他 $\frac{1}{3}$ 沉於下，由釜底之兩管瀉出之，如此行之數次，使放出之鉛含銀約增一倍，再用骨灰杯法提銀。

帕克斯法所得之鋅銀鉛合金，須先去其鋅，然後提銀，當於冶銀篇論之。

含鋅較少之鉛，置之鐵釜中，釜有蓋及烟管，容量約 $1\frac{1}{2}$ 至 $2$ 噸，熱至六七百度，并射入蒸汽於釜中，使鋅氧化，其反應如次：



氧化鋅浮於上層，與小量之氧化鉛相混，成紅黃色之物質，約費 $1\frac{1}{2}$ 小時，精鍊之鉛，注入模中，鑄成鉛塊。

鉛之電解精煉法，以伯茲氏 (Betts) 為最好，電解液為氟硅酸鉛 (Lead Fluosilicate) 之酸性水溶液，含鉛 $8\%$ ，遊離氟、氫酸， $15\%$ ，并添適量膠質於溶液中，以免鉛之結晶，陰陽二極皆為鉛條，電流通，陽極鉛漸消，陰極鉛漸長，所得之鉛，較他法為純，但今日用者仍稀。

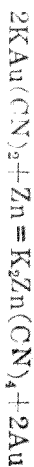
鉛之用途以鉛皮 (Lead Sheet) 鉛管鉛彈為最廣，此外如各種鉛合金，密陀僧粉 (PbO)

紅鉛 (Red Lead) 卽  $3\text{PbO} + \text{O} = \text{Pb}_3\text{O}_4$  橙鉛 (Orange Lead) 燒  $\text{PbCO}_3$  於著色爐中卽得) 在工業上亦占重要位置。

## 第十二章 金銀及白金

### 第一節 金

金 (Gold) 不氧化，故純金甚多，而發現亦最早，不溶於平常酸類，惟鹽酸硝酸合成之王水，足以溶之成三氧化金 ( $\text{Au}_2\text{O}_3$ )，又在精化鉀液中亦易溶，處理沙金，即用此等溶液，而以鋅為沉澱劑，其反應如次：



金礦之最著者為淺沙金 (Shallow Placer Gold) 深沙金 (Deep Placer Gold) 及脈金 (Vein Deposits)。淺沙金用淘盆 (Pan) 或淘金搖床 (Cradle or Rocker) 淘金溝 (Tom) 淘金槽 (Sluice) 採取之，均用水淘洗，金以重而下沉，而砂則被水衝去，其法甚簡，由來已久。深沙

金用水向金山衝射而以槽承砂，再用水淘。脈金採取法，分自由金及難熔金兩類，前者用混銻法（Amalgamation），後者用氯化法（Chlorination）。混銻法有口中混銻，磨中混銻二種，前者用搗鑛確，後者用罕亭吞磨（Huntington Mill），皆以壓碎鑛砂，加以水銀，使純金成爲混銻金。

氯化法以氯氣處理金鑛砂，使金與氯氣化合，成氯化金，能溶於水，易生沉澱，凡含鐵之鑛砂，不適於混銻者，則用此法。法分三種：一爲普拉特涅法（Vat or Plattner Process），有氯化盆及氯氣發生器各一，盆有蓋，蓋上有孔，盆之下部有活塞，可通氯氣，置金鑛砂於盆中，用水濕潤，由活塞放入氯氣，至由上孔噴出時而止，并閉塞其孔，經過24—48小時後，注入清水，所得之溶液由盆底放出，澄清之後，加硫酸亞鐵溶液，則金被析出而爲沉澱， $(2AuCl_3 + 6FeSO_4 = 2Au + 2Fe_2(SO_4)_3 + Fe_2Cl_6)$ 。二爲退斯法（Barrel or Thies Process），其發生氯氣，係用硫酸與漂白粉  $CaOCl_2 + A_2SO_4 = Cl_2 + CaSO_4 + H_2O$ ，普拉特涅法之發生氯氣，係用二氧化錳岩鹽及硫酸  $(2NaCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 = Cl_2 + Na_2SO_4 + MnSO_4 + 2H_2O)$ ，又沉澱劑爲硫化氫，使金成硫化物，然後焙乾，而熔煉之。三爲池溶液法（Vat-Solution Process），盛鑛砂於溶濾池，注入氯氣，使金爲氯化物，又由水淋塔注水

其中，使成溶液，穿過木炭濾器使金生沉澱，積之既多，將木炭烘乾，焚化成灰，和礪砂及碳酸鈉於灰內，熔鑄成錠，氯化法，費用較高，成分低之鑛砂不能獲利，故今日用者漸少，而精化法遂起而代之。

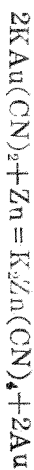
精化法 (Cyanide Process) 以精化鉀之稀溶液處理金鑛砂，則金溶於精化鉀液內，用鋅屑或鋅灰沉澱之，其優點有四：

- (1) 鑛砂雖含黃鐵鑛，亦不必先行烘焙，故成分極低之鑛砂，亦可用。
- (2) 化學藥品費較低。
- (3) 金與銀一同提出。
- (4) 用氯化法，賤金屬與氯氯化合較金為易，用精化法則金首先化合。

用拔朱那 (Bachuca) 塔，係鐵皮所製之圓筒，筒底形如圓錐，上寬下窄，以金鑛及精化鉀與精化銀之溶液置於筒中，經若干時後，以水洗之，則得金溶液，其反應如次：



如是取得之金溶液，加以金屬鋅，則金生沉澱，其反應如次：



法以木箱數個聯成一排，每箱有一篩底，上置鋅屑，屑須先浸入鉛糖液中，（不可太久）使成薄鉛皮於其上，乃易使金生沉澱。金溶液入箱，經篩板入鋅屑出口後，金則存留於鋅屑上，再以水沖洗之。

金之精鍊法 以上諸法所得之金，常含有各種雜質，必須設法除去，法凡四種：

- （一）硝酸分離法（Parting）
- （二）硫酸分離法。
- （三）氯氣分離法。
- （四）電解法。

硝酸分離法用於金銀合金最宜，銀過硝酸即溶解  $6Ag + 8HNO_3 = 6AgNO_3 + 4H_2O + 2NO$  而金存留。

硫酸分離法不用瓷鍋，而用鐵釜，且其價較硝酸為廉，含銅較多之金錠最相宜，其他雜質，亦溶於硫酸中而金存留。

氮氣分離法係密勒 (Miller) 所發明，宜於含銀極少之金錠，以坩堝盛之，蓋上有孔，壓入氮氣，使盡成氯化物，以水提去銅質，以鐵片將銀還原，而金則煉成純金。

電解法以純金塊為陰極，不純金塊為陽極，用氯化金液為電溶液，電流總量 150 安培，電壓為 15 弗，電流通，則陽極漸溶，而陰極漸大，能得純金至 99.7% 之純淨度。

電鍍之法，以比重 1.45 之硝酸 14 兩，比重 1.15 之鹽酸 11 兩，蒸溜水 10 兩，混合為液，溶金 1500 克，冷置其中，嗣注入靖化鉀溶液，使靖化金完全沉澱，澄清後引去上面之清液，另添入靖化鉀液，以溶解靖化金，且用蒸溜水稀薄之，至 100 呎，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，金漸結於物而，若用蒸汽將溶液熱至 95° 時，則電鍍尤速。

## 第二節 銀

銀 (Silver) 鑛多漫布於岩石之中，提取之法，視銀之化合物而異，自然銀及氯化銀則用混鈹法，若係硫砷化合物，則須先行焙燒，然後用濕法或熔煉法處理之。

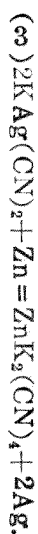
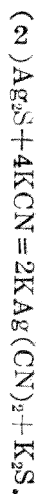


混汞法又有水銀池法，圓桶法，圓鍋法三種，濕法即溶銀於溶劑中，而後沉澱之，種類甚多，而精化法其一也。熔煉法即集合銀質於銅鉛或硫化銅中而後提出之。混汞法與金鑛混汞法無異。

濕法中有帕忒喇法 (Patera Process) 及羅素法 (Russell Process) 前者初用食鹽與鑛砂同焙，使硫化銀初成硫酸銀，繼成氯化銀， $(Ag_2SO_4 + 2NaCl = 2AgCl + Na_2SO_4)$  復以熱水溶解其他雜質，而氯化銀存留，再加一硫硫酸鈉成一硫硫酸銀鈉之複鹽  $(AgCl + Na_2S_2O_3 = AgNaS_2O_3 + NaCl)$ ，易溶於水，注硫化鈉（或硫化鈣）於其液中，則硫化銀沉澱而下，不含其他雜質，濾過而燒之於反燄爐中，驅去其大部分之硫，加以鉛少許，轉入骨灰杯爐提取其銀。

羅素法與帕忒喇法大抵相同，惟沉澱銀之先，另有沉澱鉛之手續，其法用碳酸鈉液注於用一硫硫酸鈉溶砂之溶液內，其中一硫硫酸鉛成爲碳酸鉛沉澱，得以先行提去，較爲妥善。（帕忒喇及羅素法次序圖見後。）

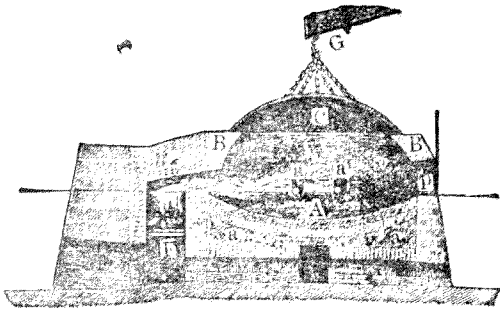
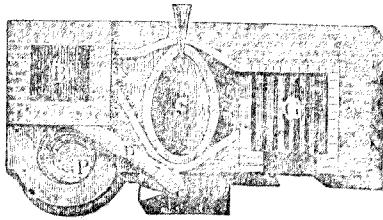
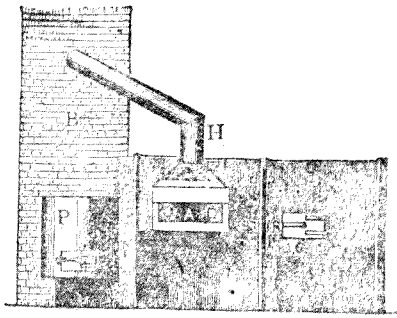
精化法與金鑛精化法相同，即搗碎鑛砂，研成細粉，印以精化鉀液，竭力攪混，用濾過器濾入鋅箱，或用鋅灰分解，取其沉澱烘乾，和以熔劑，用坩堝熔解之，其中化學變化頗繁，茲舉其要者如次：



熔煉法，即使銀集於銅內，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，則鉛與銀熔離而出，用骨灰杯法，可以提取銀質。又煉鉛節中曾述及以鋅吸收鉛中銀質之理，茲補述去鋅存銀之法，可用法柏丟幅 (Faber du Faur) 式蒸溜爐，使爐旋轉，含鋅之銀置入瓶中，瓶口另有一前置器，與之銜接，燒熱之後，鋅則昇華入前置器而凝冷，含銀之鉛（含銀  $\infty - 12\%$ ）存留瓶內。

鉛中取銀，英國用骨灰杯爐，爐有活動之煉坑，爐橋及煙道分居其左右，後有風管一枚，向下傾斜，約三十度，前開一門，以便照料一切，如三十一圖所示，H 為門上倒懸之斗，鉛煙由此以入煙囪，C 為煉坑，用熟鐵橢圓圈造成，底安鐵條，和碳酸鉀少許于濕骨灰，填築其中，中央作淺溝，約可容  $250$  至  $300$  尅，杯內之鉛因氧化之故，向爐前流出，漸行減少，俟鉛盡去，關閉風管，杯中純銀，而光如鏡。又

第三十一圖



第三十二圖

如三十二圖所示，則為德國骨灰杯爐，有固定之煉坑，上罩圓頂，可以起重機起落之，用木柴為燃料，

取其微長，風管有二枚，其餘與英國骨灰杯爐相同。

電氣鍍銀之法，與鍍金大略相同，以洗擦極淨之器具懸於陰極，以純銀懸於陽極，電解液含精化鉀及精化銀，電流既通，則陽極之銀轉赴陰極物品之面，取出淨擦，則能發亮。

### 第二節 白金

白金 (Platinum) 帶灰白色，富於展延二性，硬度高於銀銅，比重 21.5，膨脹係數極低，約與玻璃相等，故白金絲能熔入玻璃管之內，熔點  $1745^{\circ}$ ，冷時亦不為酸類所侵，惟王水及新生氯之溶液，足以溶之（成  $PtCl_4$ ）。俄國烏拉嶺產白金最多，澳洲美國亦有之，近聞新疆之奇臺縣亦產白金。

提鍊白金之法有二：

(一) 為武拉斯吞法 (Wollastin'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，所餘者用水洗淨，加鹽酸及硝酸各少許熱之，所得之液，以含氯化銣之溶液處理之，則見黃色沉澱物  $[(Na)_2PtCl_6]$  發生。

含有大部之白金，用冷水洗淨，乾後，裝入黑鉛坩堝燒之，即成海綿狀之白金， $(\text{NH}_4)_2\text{PtCl}_6 = \text{Pt} + 2\text{NH}_4\text{Cl} + 2\text{Cl}_2$ 。

(11) 爲得微爾法 (Deville and Debray's Process) 此法與提取金銀之法相似，即用鎔鉛鎔解白金，而後用骨灰杯法提取之。

以上二法所得之白金，壓成白金餅，再用石灰坩堝，或石灰爐精鍊之，爐用氧氣吹管熱之。

白金之用途，因其鎔點甚高，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，如用至污穢時，可與燒熔之酸性硫酸鉀或氯化銦接觸燒之，即仍乾淨。又海綿狀白金行觸媒法 (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。含銱 (Iridium) 10—20% 之白金，爲製標準尺度砝碼所必需。

## 第十三章 鎳鈷錳鎢鉬

### 第一節 鎳鈷

鎳(Nickel)鑛在瑞典挪威西班牙俄羅斯加拿大等處，俱有發見，而南太平洋中之新喀利尼亞(New Caledonia)所產加尼爾鑛石(Garnierite)含鎳尤多，平均約7—10%恆帶綠色，爲含水硅酸之鎳鎂  $[Ni(Mg)SiO_3 + NH_2O]$  其提鍊之法如次：

(一) 從硫化鎳取鎳 先烘焙以去硫之一部，次熔煉以去其鐵，再送入反燄爐，或迴轉爐(卽柏塞麥爐)鼓風爐熔之，使其氧化，嗣和木炭入他爐熔之，而成金屬鎳，若鑛中含銅，則須於迴轉爐中所得鎳銅混合物，用夢德法(Mond Process)再入旋轉反燄爐強焙之，使完全氧化，再磨細之，加以稀硫酸溶解其 $\frac{2}{3}$ 之銅，使成硫酸銅結晶，再繼續處理其鎳。(詳見夢德法煉鎳次序圖。)

(二) 從加尼爾鑛石取鎳。鑛石不含銅，故煉法較處理加拿大鑛砂為簡。先將鑛石與鹼性廢物（即硫化鈣）或石膏混合成餅，用焦煤溶之於小水套鼓風爐中，使成硫化鎳，次送入反箆爐中，烘焙而氧化之，再入鼓風爐，用焦煤煉之。

(三) 從砷化物鑛砂取鎳。先將鑛砂烘焙，所生  $As_2Ni_3$  引入凝集室，再送入鼓風爐，煉成斯派斯，用濕法提取之。（詳見提鍊鎳鈷混法次序圖）

(四) 鎳之電冶法。惟由生鎳或成分高之曇金製鍊純鎳時用之，陽極為生鎳鑄成之板，陰極為純鎳板，電解液為  $NiSO_4$  或  $NiCl_2$  之酸性水溶液，溶液熱度為  $50^{\circ}—90^{\circ}C$ ，電流密度為平方呎  $50—300$  安培，若為  $150—200$  安培，則電壓應為  $1—1.3$  弗。

鈷 (Cobalt) 鑛多與鎳鑛同產，其煉法亦與煉鎳相同。以鎳攙入鋼中，可以改良其性質，且不易於生銹。鈷亦有同樣之作用。

## 第二節 錳鎢

錳 (Manganese) 鑛以氧化錳 ( $MnO_2$ , Pyrolusite) 爲最著，在鐵鑛中亦恆有之，產於北美俄羅斯印度等處，我國湖南江西亦有發見。

冶鍊之法，以在鼓風爐或電氣爐中製成鐵錳合金爲相宜，鍊鋼時恆用之，若製純錳 (99%) 則惟有哥德斯米特 (Goldschmidt) 法可用，即以鉛粉及氧化錳 ( $MnO$ ,  $MnO_2$ ) 等混合而燃燒之，則得純粹之錳，錳能增加鐵之硬度及密度，但亦減少其韌性及鍛接性，鐵中含錳 5% 則放光芒，含錳 9—20% 者謂之鏡鐵，含錳 25—30% 者謂之鐵錳，爲鍊鋼時極好之去氧劑，錳合金之種類亦甚多，其最著者爲錳銻 (Sb 10%) 可以作自來火具，錳銅 (Cu 82% 錳 15% 鎳 2.3%) 可作電氣測量器及溫度測驗器等。

鎢 (Tungsten) 鑛以中國江西爲最富，其次爲美國，此外葡萄牙阿根廷英國澳洲亦有，但量不多。

鎢砂以鎢酸鐵 (Ferberite  $FeWO_4$ ) 鎢酸錳 (Hubnerite  $MnWO_4$ ) 及錳酸鐵錳 (Wolframite  $MnFeWO_4$ ) 爲最著，此外鎢酸鉛，鎢酸銅，氧化鎢等不甚重要。



冶鎢之法，先從鎢砂內取得氧化鎢，再從氧化鎢中取得純鎢，即先將鎢砂研碎，用鹽酸去銻，再與碳酸鈉相混，投入反燄爐熱至結塊（不可熔融）取出磨粉，用水淘洗，則鎢酸鈉溶解於水，去其沉澱，而蒸發其液，則得鎢酸鈉，惟不純潔，須再用苛性曹達沉澱之，使鎢酸鈉結晶而出，提濾之後，可用沸水溶解，再以濃鹽酸和水煮沸，沖入之，則氧化鎢沉澱而出，由此而煉純鎢，可用鋅或用氫氣或用鎂及鉛為還原劑，但以用炭為最佳，在火泥坩堝或鐵圓筒中製煉之，最近則多用電氣爐。

鎢鐵合金為煉工具鋼 (Tool Steel) 或高速鋼 (High Speed) 之重要材料，即用前所製得之黃鎢酸粉加炭末及廢鐵勻和入電冶爐密閉之，經一小時後，可傾入鑄模中。

電燈泡內之光絲，初用白金及銀製成，後改用炭絲及鎢絲。鎢絲製造之法，即以電冶爐中用氫氣還原所得之純鎢粉，加硝酸鉍 (Thorium Nitrate) 溶液，及水勻和，壓榨成長方塊，置坩堝內入爐熱之，約至一千一百度，經一小時半，俟炭氧二氣散盡，取置電爐中密閉之，爐之兩端，各有小管一，以一管接橡皮管連通氧氣瓶，氣氣輸入爐內，因熱力作用，遂與鎢酸內之氧化為水汽，由爐之又一端通過橡皮管透入清水瓶中，自水底洩出，所得純鎢粉，壓成方形長條，再入高熱電爐，照前法通以

氫氣，并通以電流，使生熱約一千三百度，經一小時後，將鎢條豎立而於上下兩端以電極炭精板夾持之，上端炭板乃懸于鐵架上，於是將全架安置套甌式之高熱電氣爐內，照前法通以電流，遂由鎢條通過而生熱，約至三千度至三千二百度，經十五分鐘後停電，俟冷取出，則鎢條可受錘鍊，錘鍊之先，以鎢條置電爐中，滿貯氫氣，密閉而熱之，約至一千六百度，乘熱取出，急置錘機中錘之，如此經過五次加熱及錘鍊，乃漸小而成線，再抽成細絲。

### 第三節 鉻鉬

鉻 (Chromium) 鑛以鉻鑛 (Chromite  $\text{Cr}_2\text{O}_3\text{FeO}$ ) 爲最著，北美烏拉嶺瑞典挪威均產之，製鍊純鉻，惟哥德斯米特法最好，其反應如下：



用電爐熔煉亦可得純鉻，若以炭爲還原劑，則在坩堝爐馬丁爐中亦可取得鉻鐵合金，爲製上等鋼之加入品。鉻鋼性硬而韌，宜於製造工具鋼及鐵甲板等。

鉬 (Molybdenum) 鑛以硫化鉬 (Molybdenite  $\text{MoS}_2$ ) 及鉬酸鉛 (Wulfenite  $\text{PbMoO}_4$ ) 爲最著。澳洲、加拿大、美國及南美均產之。

冶鍊之法，先經焙燒，使其變成  $\text{MoO}_3$ ，再用炭在電氣爐中，使其還原，或先加以氧化鐵，再還原成爲鉬鐵，爲鍊鋼要品。鉬鋼性硬而韌，較錳鋼尤佳，鋼中含鉬 6% 者可製成鋼。鉻鉬鐵合金 (Cr 60% Fe 35%—Mo 5%) 可製耐酸器，即王水亦可貯藏。

## 第十四章 銅鐵

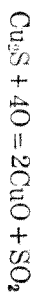
### 第一節 銅

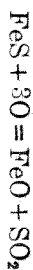
銅(Copper)鑛天然存在者不多，惟北美之蘇必利爾湖(Lake Superior)有之。赤銅鑛(Cuprite,  $\text{Cu}_2\text{O}$ )產於澳洲，黃銅鑛(Copper Pyrite  $\text{CuFeS}_2$ )為常見之重要銅鑛。綠銅鑛(Malachite  $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )除鍊銅外，可供雕飾之用。藍銅鑛(Lazulite  $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ )亦然。

銅之氧化物，有一氧化二銅( $\text{Cu}_2\text{O}$ )及一氧化銅( $\text{CuO}$ )。前者易於熔解，亦易於還原，後者在爐中不易熔解，亦不易還原。銅之硫化物則以一硫化二銅( $\text{Cu}_2\text{S}$ )為最著。提鍊之法，當本下列各原理而定：

- (1) 銅與硫之親和力大於鐵與硫之親和力。
- (2) 鐵與氧之親和力大於銅與氧之親和力。
- (3) 氧化鐵能與二氧化硅合成易熔之渣。
- (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，熔時沉於熔渣之下。
- (6) 銅曇金能由鑛砂中提出金銀，溶解于其體內。

如係氧化銅鑛則用鼓風爐，直接用炭還原。如係硫化銅鑛，則有預先烘焙者，有不烘焙而氧化銅或含銅之材料，用反酸爐熔煉者。若用鼓風爐煉硫化銅鑛，亦有先烘焙其一部分者，亦有全不烘焙者。（如硫化鐵之類）烘焙有鼓風烘焙及普通烘焙二種，其目的在使硫化物自行氧化，其反應如次：





此等烘焙，近世多附設硫酸製造廠，以取副產。反燄爐煉銅之法，昔時最盛，今則多用鼓風爐，蓋建築費及燃料消耗較低，而硫可以生熱，氧化力又較強也。反燄爐煉銅，以韋爾士 (Welsh Process) 法為最著，(次序表見後) 但其複雜，其後幾經改良，(改良次序表見後) 始有今法。

鼓風爐煉銅法，須用整理之鑛砂，若係細砂，須壓成磚，茲略述其次序如次：

- (1) 用鼓風爐熔煉整砂。
- (2) 將鼓風爐所生之疊金，用柏塞麥迴轉爐法使成泡銅 (Blister Copper)。
- (3) 用反燄爐精煉泡銅，提淨其一部，鑄成陽極銅。
- (4) 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。
- (5) 將陰極銅送入精鍊爐熔解，鑄之成錠。

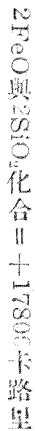
鼓風爐有圓形直角形二種，熔煉巨額鑛砂，以用直角形者為佳，鼓風爐中之工作，除用焦煤外，并利用硫鐵鑛中一部分之硫為燃料，又加石英，使氧化鐵成為浮渣。

柏塞麥迴轉爐中之變化約分二期。

第一期硫化鐵氧化，放出 $SO_2$ 所生之氧化鐵與二氧化硅化合成渣。



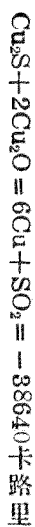
上之反應放熱 (Exothermic) 甚多，可由下式證明之。



共計 + 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 $Cu_2O$ 氧化成 $Cu_2O$ ，轉與其餘之 $Cu_2S$ 化合金屬銅。



共計 +146880 卡路里



由以上諸式，可見爐中有放熱反應，又有收熱（Endothermic）反應，但放出之熱，較收入之熱為多，計每噸之  $\text{Cu}_2\text{S}$  能放熱 308 卡路里。

熔銅曇金之迴轉爐，亦有鹽基性及鹼性之別，鹼性爐用白雲石爐胎，凡不適用於酸性爐胎之金銀銅鑛砂可用之，酸性爐以二氧化矽為爐胎，但易為氧化鐵所侵蝕，故今日用鹼性爐較多，與鍊銅之柏塞麥爐相同，但風從旁入，以免還原之銅氧化而致凝結。

鼓風爐反燄爐或迴轉爐所出之生銅，含雜質甚多，必須精鍊，有乾濕二法，乾法用反燄爐，濕法用電解，大約生銅含銀甚多，而銅質又須特別純淨者，必用電解法，但所需之陽極銅，先須用反燄爐鑄成之。



反餞爐精鍊法，將泡銅條從爐旁之門送入，疊之成堆，高齊爐頂，生火燒之，至銅開始熔解，由爐頂放入空氣，全體既熔，由爐門撇去熔渣，此時銅因 $SO_2$ 竄出，全體沸騰有聲，至平定時，再撇去浮渣，并用生樹攪之，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 $10 \sim 20$ 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，乃撇淨表面之渣，由爐前門送入石灰或木炭及生樹十餘根，封閉該門，加足火力，經 $30 \sim 60$ 分鐘，再行啓開，取銅少許，試其韌性，冷後折斷，若表面凹陷，斷口現紅磚色，其性仍脆，再用生樹數根入爐攪和，直至表面平坦，斷口現金紅色及絲狀而止，將試銅捶成薄片，浸入水內退冷，再折而覆之，捶平不生裂痕，方為完美。

電解精鍊工作法，有平結式 (Multiple or Parallel System) 及順結式 (Series System) 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，平結式電池木框鉛裹八池排列一行，成階級狀，優點較多，今多用之，惟機械設備費較昂，電解液含硫酸銅，電壓約 $0.1 \sim 0.3$ 弗，電流密度每平方糎約 $4 \sim 8$ 安培。

## 第二節 鐵

鐵之用途極大，故冶鐵之範圍亦極廣，茲為篇幅所限，不能詳述，惟言其種類而已。

鐵之種類：

(一) 生鐵 (Pig Iron) 含碳素 1.5% 以上及其他雜質。

(二) 熟鐵 (Wrought Iron) 含碳素 0.25% 以下，雜質極少，又因煉時未曾熔解，故鐵內混有熔渣及氧化鐵。

(三) 生鋼 (Steel) 含碳素 0.5%，常無他種雜質，煉時有熔解及未熔解之分。

(四) 熟鋼 (Mild Steel) 含碳素 0.5% 以下，雜質極少，煉時完全熔解，故不含有熔渣及氧化鐵等。

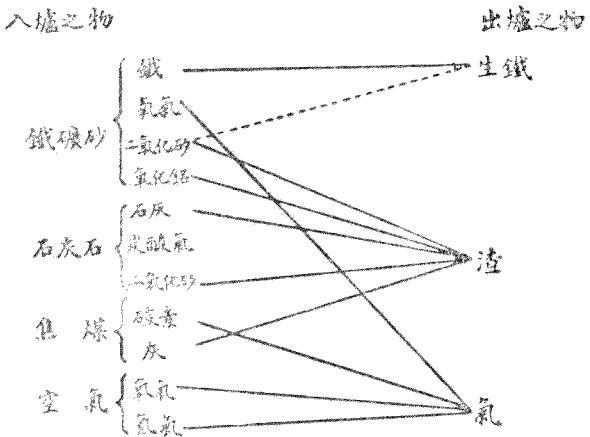
鑄鍊鋼鐵之次序見結論附表中，茲將製鍊生鐵時入爐出爐之物列表於次，可以知其爐內之變化，其化學反應如下：

(1) 空氣入化鐵爐與熾紅之焦煤化合發生氧化鐵： $C + O \parallel CO$ ，其附生之炭酸氣亦分解，生一氧化鐵： $CO_2 + C \parallel 2CO$ 。二者合併上昇熱度極高，與近爐頂之鐵鑛砂互相變化，而生海綿狀之鐵 ( $Fe_2O_3 + 3CO = 2Fe_3CO_2$ )。

(2) 和入石灰石，遇熱分解，成石灰及炭酸氣。

$CaCO_3 \parallel CaO + CO_2$  後者與碳素化合變為一氧化鐵，分解鑛砂，至石灰則與二氧化硅，三氧化二鋁等化合成為熔渣。

熟鐵之製法，有由鑛砂直接提煉者，其法最古，煉生鐵為熟鐵，則始於亨利科特(Henry)



圖三十三第

Corf) 卽用小反餞爐分四段工作：(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，產生氧化鐵與鐵中之硅相遇，成硅酸鐵，是爲熔渣，迨硅素全行氧化，黑色氧化鐵遂轉與鐵汁中碳素化合，發生一氧化碳。



CO 由鐵中湧出而起沸騰現象，至氣體減少鐵復平靜而變稠，因其內含熔渣，故能攪之成球。生鋼含碳素 0.5—1.5%，以坩堝製者爲最佳，能施以加硬 (Hardening) 退硬 (Tempering) 加韌 (Annealing) 等工作。碳素藏于鐵中，有硬碳素 (Hardening Carbon) 及碳化物碳素 (Carbide Carbon) 二種狀態，前者與鐵之全體混合，後者與鐵之一部分化合，成碳化鐵 ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )。在高熱時，鋼中碳素全屬硬碳素，從容退冷則硬碳素漸變爲碳化物碳素，故其質軟，若猝然冷之，則硬碳素不及變化，而鋼因此而轉硬。

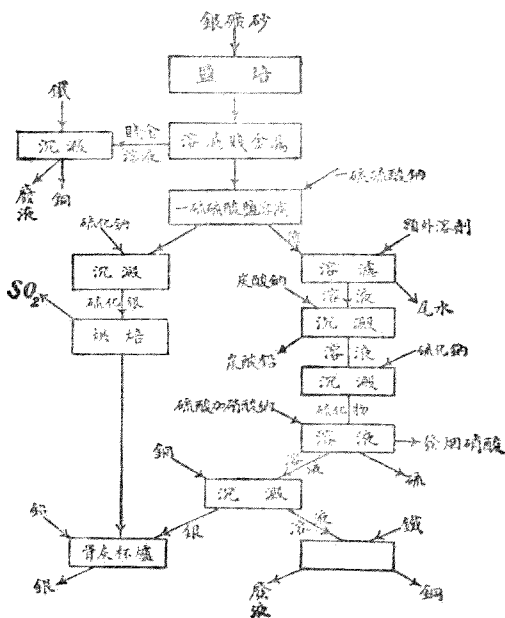
熟鋼煉法，種類頗多，酸性柏塞麥法須用良好之生鐵，其成熟甚速，鋼質亦非常之勻，鹼性者則鼓風頗難，時有太過或不及之慮。酸性馬丁法亦須良好生鐵，可製優美之鋼，若用鹼性，則原料隨便，

是其所長然不若電氣爐之能用任何原料而鋼質皆優美也。詳見拙著「鐵冶金學」。



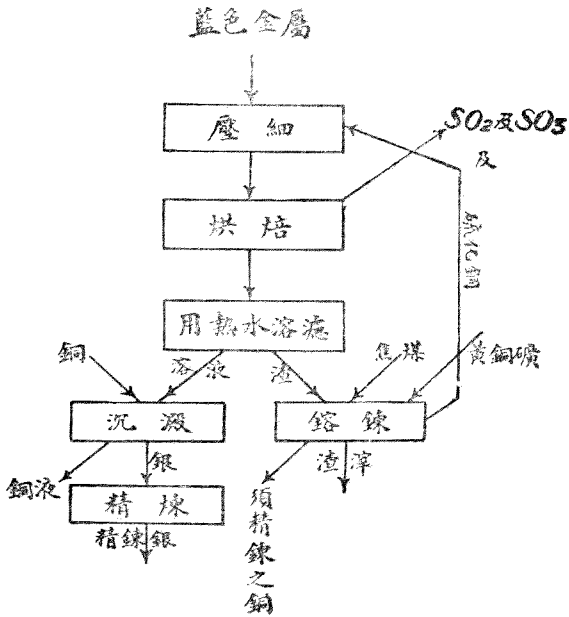
分解爲上其次亦用焙燒，務使一切皆成氧化物，然後置之相當爐竈中，燃炭以發生 $\text{CO}$ 爲還原劑，於是金屬氧化物乃分離氧氣而成金屬，此時有放熱收熱二種變化，各視其化合時之大小互爲消長，而分解之際，往往收熱較多，此冶金之所以必需燃料也。至於爐竈之擇定，以及機械工作之程序，各視鑛物而不同，茲特列舉數表附之篇末，以便觀覽。

帕忒喇及羅素法次序圖



圖五十三第

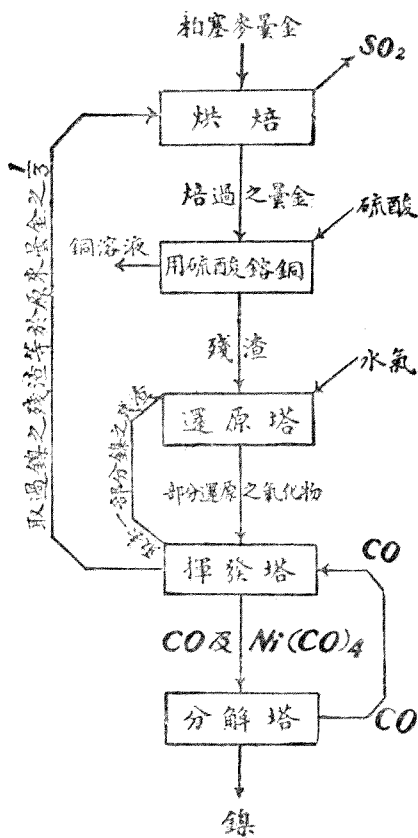
齊服格爾由銅蛋金中取銀之次序



圖六十三第

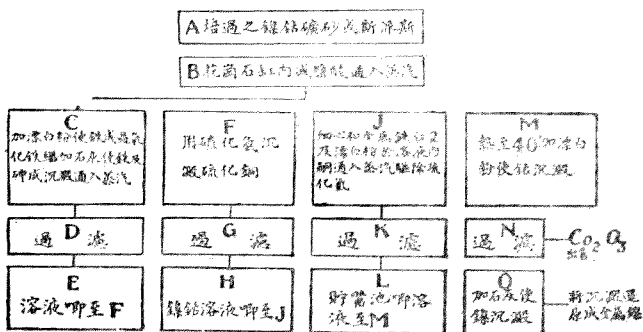


### 夢德法鍊銀次序圖



圖七十三第

提煉錳銻礦砂溼法



圖八十三第

# 衛爾士改良法煉銅之次序

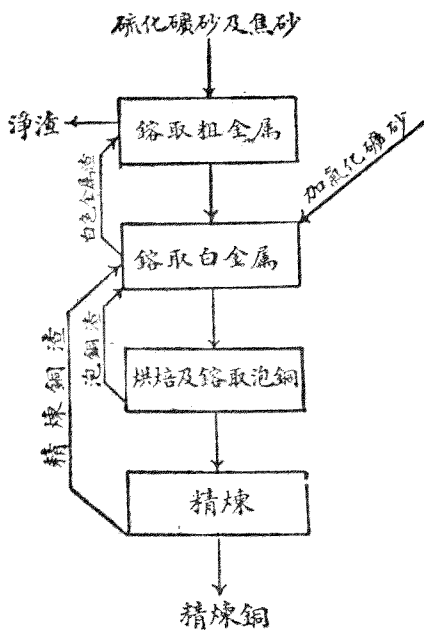


圖 九 十 三 第

### 焦砂中取銅之次序

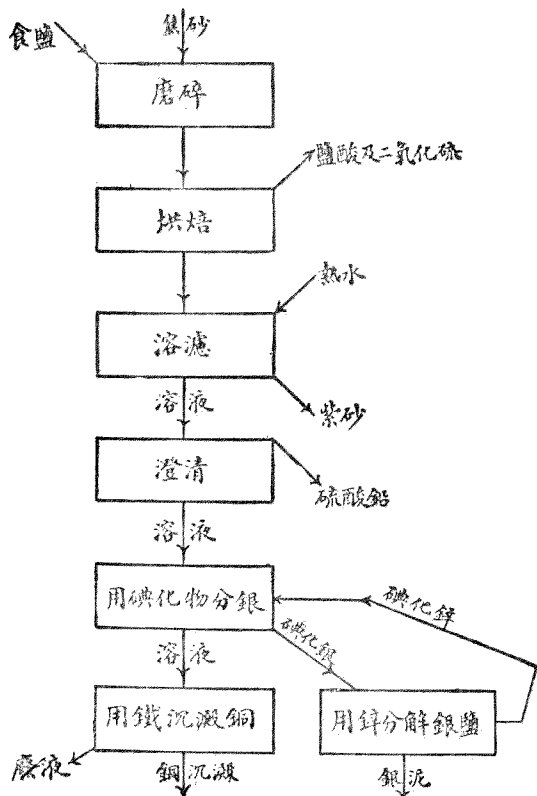
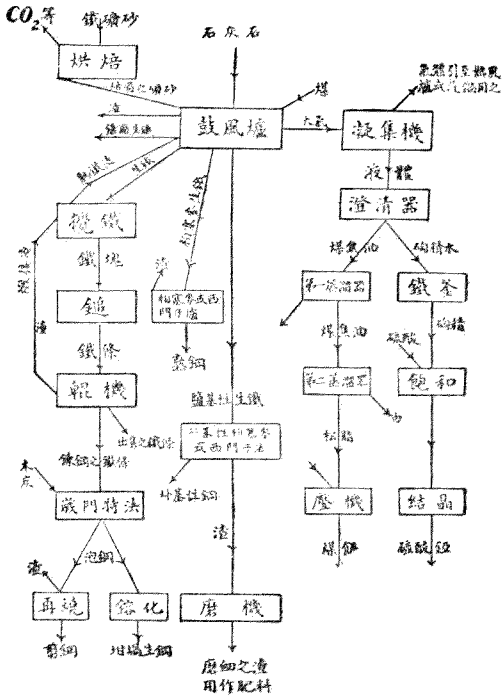


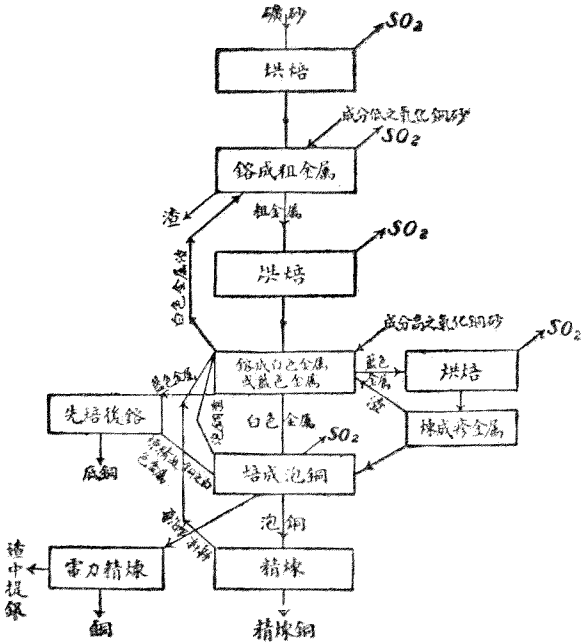
圖 十 四 第

鉛錫鋼鐵之次序



圖一十四第

衛爾士法煉銅之次序



圖二十四第

