

苏联技工学校教学用书

煉鉛學

M. M. 拉凱尔尼克 著

重工业部有色金属工业管理局編譯科 譯

725

冶金工业出版社

煉鉛學

M. M 拉凱爾尼克 著

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

重工業出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社出版的拉爾
爾尼克 (М. М. Лавренко) 所著“煉鉛學”(Металлургия свинца) 1953
年版譯出的。內容敘述煉鉛廠的原料及熔煉前準備原料的方法，敘述
鉛精礦在焙燒、燒結、熔煉時及粗鉛精煉時的主要物理化學過程，敘
述主要冶煉設備的構造與工作條件，操作法與主要的安全技術措施。

原書經蘇聯文化部職工教育司教學方法處審定為技工學校教本。
本書供技工學校培養鼓風爐爐工、虹吸工、風口工、配料工、裝料工、
精煉工及煉鉛生產中其他主要工種的工人。

本書由有色金屬工業管理局編譯科沈曙東譯，瀋陽冶煉廠黃儉師
校。

М. М. Лавренко

МЕТ А ЛЛУРГИЯ СВИНЦА

Металлургия свинца (Москва 1953)

煉鉛學

重工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

1955年8月第一版 1958年8月北京第二次印刷 1,500冊 (累計2,678冊)

$787 \times 1092 \cdot \frac{1}{25} \cdot 180,000$ 字 • 印張 $8 \cdot \frac{8}{25}$ • 定價 (10) 1.20 元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0285

冶金工業出版社出版 (地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

目 錄

原 序	5
緒 論	6
第一章 總論	9
第一節 鉛及其主要化合物的物理化學性質	9
第二節 鉛的用途	10
第三節 鉛礦的精選	11
第四節 主要的工業煉鉛法	32
第二章 爐料的準備	36
第一節 爐料的組成與其均勻性的意義	36
第二節 爐料組成物的貯備、破碎與運輸	37
第三節 爐料組成物的配料與混合。爐料的構成	43
第四節 主要的安全技術規則	50
第三章 鉛精礦的焙燒與燒結	53
第一節 概論	53
第二節 焙燒與燒結過程的化學作用	55
第三節 焙燒的程序	60
第四節 燒結機的構造與操作	63
第四章 鼓風爐的還原熔煉法	76
第一節 鉛還原熔煉過程的實質	76
第二節 爐料組成物在爐中的變化，煉鉛爐渣及配料計算	77
第三節 煉鉛鼓風爐的構造	91
第四節 煉鉛鼓風爐的實際操作	101
第五節 鼓風煉鉛的安全技術	118
第五章 煉鉛產物	121
第一節 粗鉛	121
第二節 銅鉛鐵	121
第三節 煉鉛爐渣	123
第四節 淨氣集塵	125
第六章 鉛的精煉	137
第一節 精煉過程的必要性與技術工藝程序	137

第二節 鉛的去銅	140
第三節 鉛的去鎢、砷與錫	148
第四節 鉛的去金與銀	157
第五節 鉛的去銻	167
第六節 鉛的去鉍	170
第七節 鉛的鑄造	173
第八節 鉛電解簡述	175
第九節 精煉鉛的安全技術	177
第七章 鹽式爐熔煉法	180
第八章 冶煉過程的控制與自動化	186
第九章 生產的經濟與組織問題	198
第一節 社會主義生產組織的原理	198
第二節 生產準備與勞動組織	200
第三節 工作地點的組織	203
第四節 煉鉛生產的技術經濟指標與產品成本	204
參考文獻	208

原 序

鉛在國民經濟的發展中具有重大的意義。電氣工業與機械製造業的蓬勃增長，需要大量製造蓄電池與電纜所必需的鉛。化學工業、印刷工業與國防工業也需要更多的鉛。

黨與政府一貫地非常重視蘇聯煉鉛工業的發展。

蘇聯共產黨第十九次代表大會關於1951～1955年蘇聯發展第五個五年計劃的指示中規定要大大擴大有色金屬的生產，在五年期間，鉛規定要增加約1.7倍。

蘇聯擴建與新建了煉鉛廠，煉鉛工業都擁有新型的、先進的、生產率更高的技術。

熟練的工長與工人的需要也在不斷增加，他們要能充分利用新技術，並能保證從原料中最大限度地、綜合地回收金屬。

煉鉛生產中的主要工種是：燒結車間的配料工與燒結工，鼓風爐的爐工與裝料工，風口工，虹吸工以及精煉工。設備的狀況與正確的操作，嚴格按照規定的工藝方法進行熔煉並達到高度的質量與數量指標，這都將決定於他們的熟練程度。

作者在準備編寫本書時，認為有必要敘述原材料的分類、組成、性質與熔煉前的準備方法，焙燒與燒結的目的；敘述爐料計算的原理，粗鉛熔煉、鎔與渣的生成過程的實質與其處理的方法；敘述檢測儀表的使用規則；研究爐況不正常的原因與消除故障的方法，鉛精煉過程與去雜質過程的實質；淨氣集塵與所用設備的基本知識；說明先進工作法與工作地點的組織；安全技術與勞動衛生規則及煉鉛生產的其他問題。

本書讀者應具有七年制教育教學大綱中規定的物理和化學基礎知識。

教授洛斯庫托夫博士(Ф. М. Лоскутов)，工程師卡爾喬夫斯基(В. А. Карчевский)與契爾涅克(М. А. Черняк)曾審閱原稿並提供許多寶貴的意見，作者對他們表示深厚的謝意。

緒 論

蘇聯煉鉛工業的發展

鉛自古即為人類所發現。鉛的熔點低，處理自然界富礦很簡單，自其中回收鉛又簡便，因此為古代人類廣泛使用。

二千餘年以前羅馬人用鉛製造過水道管、錢幣與子彈。在俄羅斯領域內煉鉛已有數百年的歷史。直到現在尚能在遠東、烏拉爾、阿爾泰與土耳其斯坦發現能證明曾有煉鉛業工作過的舊堆渣場的遺跡。

十八世紀以前俄羅斯只是在小型手工業式工廠內煉鉛，而且當時生產的目的是從礦石提銀，煉鉛僅是附帶的。

十八世紀初在涅爾欽斯克城(Г. Нерчинск)，外貝加爾(Забайкалье)建立了第一個官辦煉鉛廠。從十九世紀中葉起開始開採阿爾泰的富礦礦床。建立在這裏的五個小型工廠生產銀與鉛。十九世紀在上西利西亞(Верхняя Силезия)與北高加索也有了煉鉛廠。當時俄羅斯年產銀25噸，鉛在千噸以上。但是沙俄時代礦床都是濫採的，故阻礙了煉鉛業的發展。

十九世紀末，二十世紀初沙皇政府開始將最富的鉛礦礦床租給外國人經營，如英國取得了阿爾泰的採礦權，德國是在遠東，而比利時在高加索。

外國資本家只致力於利潤的增長，根本不關心俄羅斯冶煉事業的發展。

他們在鞏固我國礦冶基地方面根本沒有做過任何工作，1913年俄羅斯一共只煉了1,500噸鉛和15噸銀。

1914~1918年戰爭時期，鉛的產量銳減，到外國武裝干涉和國內戰爭時期鉛的年產量降低到200~300噸。

實際上是蘇維埃共和國創立了祖國煉鉛事業的基礎。

我們建立了新型巨大的鉛廠並投入生產，進行大規模的旨在擴展我國煉鉛工業礦源基地的勘探工作。大大提高礦量（這些礦不能有效

地進行回收金屬的處理)的選礦方面的科學工作就是替上述這些工作服務的。

我國煉鉛事業得以不斷增長的速度繼續向前發展，不僅是由於掌握了新的實力，而且還由於改善並健全了現有的技術工藝過程，採用了社會主義的勞動組織形式。

俄國學者在煉鉛業發展中的作用 隨着金屬熔煉量的增加，礦石組成的漸趨複雜及其新的處理方法的湧現，大家愈來愈感到有必要研究金屬與其化合物的性質並綜合累積起來的經驗。

冶金學作為一門科學是由偉大的俄國學者羅蒙諾索夫(М. В. Ломоносов, 1711~1765)奠基的。他在著作「冶金和礦業的首要基礎」中用自己發現的化學反應物質不滅定律的觀點對冶煉過程進行了分析。

羅蒙諾索夫敘述的許多冶煉過程，其形式與現代的實踐很相近，尤其是鉛的灰吹法與鉛銀、銅鉛合金的熔煉法。

十八世紀末，十九世紀初在化學部門與冶金部門都有極大的發現，首先是門捷列夫(Д. И. Менделеев, 1834~1907)發現了週期律，它給予金屬的分類與研究其性質以不少的便利。

在冶金事業發展中起着巨大作用的有：契爾諾夫(Д. К. Чернов, 1839~1921)、庫爾納科夫(Н. С. Курнаков, 1860~1941)、巴依科夫(А. А. Байков, 1870~1946)，莫斯托維奇(В. Я. Мостович, 1880~1935)等人的工作。

契爾諾夫的發現是現代金屬錠構造的概念的基礎。

庫爾納科夫提出了研究物質性質極有成效的方法——熱分析，這是在冶金業中廣泛使用的一種重要的物理化學分析法。巴依科夫繼承並發展了契爾諾夫與庫爾納科夫的工作，主要的是金屬內的轉換學說與冶金過程的理論。他還寫了有關物理化學與普通化學、水泥與耐火材料的著作。他研究了金屬合金部門的許多複雜問題，確定了一種鐵的氧化物轉換成另一種的條件，並發展了氧化與還原過程的理論。巴依科夫擬定了在煉鋼工業中有巨大意義的鋼的自熱熔煉的理論。

莫斯托維奇的許多研究工作大大地發展了煉鉛的理論，他培養了

一批冶金工作者，並寫了許多寶貴的教本與指南書。

在煉鉛理論與實踐的發展中作了巨大貢獻的還有：院士烏拉佐夫 (Г. Г. Уразов)，蘇聯科學院通訊院士契日科夫 (Д. М. Чижиков)，教授伏爾斯基 (А. Н. Вольский)，教授洛司庫托夫 (Ф. М. Лоскутов)，他們擬具了許多新的技術工藝過程，對煉鉛生產的各個階段進行了深入的、詳盡的研究，並將冶金生產的理論向前推進。

烏拉佐夫詳細地研究了膛式爐煉鉛的理論，精煉鉛去雜質的條件，以及處理銅鉛硫理論中最複雜的問題。

契日科夫擬具了用氯化法自精礦回收鉛鋅的程序，研究了新的煉鉛與精煉的技術工藝程序，並寫了許多煉鉛、煉鋅的教材。

伏爾斯基創立了適用於有色金屬冶煉的冶煉過程理論的課程，並研究了在鉛鋅冶煉中極為重要的問題。

洛司庫托夫詳盡地研究了冶金爐渣的粘性——決定金屬在渣內損失量的性質之一，寫了許多煉鉛的教材，並研究了鉛精礦的鼓風熔煉。

在祖國煉鉛業的發展中，設計院與科學研究院的工作人員以及生產工程師都作了巨大的貢獻。

現在祖國的冶煉工業也是在生產人員與創造嶄新的高度生產率的技術工藝程序的學者緊密結合下發展着。

第一章 總 論

第一節 鉛及其主要化合物的物理化學性質

鉛是一種灰白色金屬，新斷面有光澤，化學符號是 Pb，固態的比重為 11.35。

鉛的熔點為 327.4°C ，沸點為 $1,525^{\circ}\text{C}$ 。

鉛質軟（用指甲搔之即生搔痕），不耐拉力。展性大，易於鍛製。鉛的導熱度極低，相當於銀的 7.5%，導電度也很低，僅及銀的 7.77%。

氣體不溶解於固、液態的鉛中。鉛冷卻時收縮。鉛在乾燥空氣中或不含空氣的水中均不起變化；在潮濕空氣的影響下鉛的表面發生氧化，蔽覆一層氫氧化鉛的晦暗薄膜，在含有氧化炭或二氧化硫的氣氛中氫氧化鉛形成不溶於水的硫酸或碳酸化合物，防止鉛的再度腐蝕。

鉛易溶於稀硝酸。室溫下鉛不溶於硫酸與鹽酸，因為鉛上蔽覆一層結實的不溶性薄膜，它即反應中生成的鹽——氯化鉛與硫酸鉛。只有加熱到 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 時鉛才能溶於硫酸與鹽酸。

鉛對鹼、氨、氯、含氯溶液、有機酸與酯均甚穩定。

鉛易與其他金屬熔成合金。

最常見的合金有以下幾種：巴比特，含鉛 70~75%，錫 13~16%，錫 5~10% 與銅 1.5~3%；鐳錫，含鉛 10~90%，錫 4~9% 與錫 1.5~6%；活字金，含鉛 70~90%，錫 5~15% 與錫 5~10%；硬鉛，含鉛 75~90% 與錫 10~25%。鉛還與錫、鎳、鉍、汞形成低熔點合金，它在 100°C 以下即成為液態。

鉛與氧、硫、氯及其他元素形成多種化合物，它們無論在煉鉛生產中，或作為獨立的產物均具有重大的意義。鉛在空氣中加熱至 $350\sim 800^{\circ}\text{C}$ 時生成一氧化鉛，在硫的蒸氣中生成硫化物。

一氯化鉛（鉛黃） PbO 。熔點為 883°C ，沸點為 $1,470^{\circ}\text{C}$ ，當 750°C 時，即尚處於固體狀態時即已顯著蒸發，在 $1,000^{\circ}\text{C}$ 時蒸發即甚為劇

烈。由於它的易於揮發，造成鉛的大量損失，並引起所謂鉛中毒，因為氧化鉛的蒸氣是有毒的。

液體氧化鉛很容易與其他金屬的氧化物及石英、石灰石、氧化鉛化合，因此爐襯很快就受到侵蝕。氧化鉛在炭與氧化炭的作用下比較容易還原成金屬。

氧化鉛的比重是 9.5，易溶於酸與鹼。

硫化鉛（硫化物） PbS 。熔點為 $1,125^{\circ}C$ ，在自然界中以一種「方鉛礦」的礦物存在。比重為 7.5。將硫化鉛加熱，當它尚為固態時，即劇烈地蒸發，這樣既會造成鉛的損失，而工人又將面臨鉛中毒的威脅，因為硫化鉛的蒸氣易於氧化成氧化物而具毒性。熔融硫化鉛的流動性很大，能侵入爐襯的極細縫隙，甚至能滲入密實的耐火磚。硫化鉛易與其他金屬（如鐵、銅、鋅、銀等）的硫化物形成合金，稱為**銻**。

硫化鉛溶解於濃硝酸、濃鹽酸與濃硫酸中。

硫化鉛在空氣中加熱即行氧化，生成氧化鉛與二氧化硫氣體，在焙燒中還能生成大量硫酸鉛。

硫酸鉛（硫酸鹽） $PbSO_4$ 。自然界中硫酸鉛以鉛礬礦物的形態存在。比重為 6.84，用計算法得出的熔點為 $1,170^{\circ}C$ 。要精確地測定硫酸鹽的熔點是不可能的，因為加熱到 $800^{\circ}C$ 以上，它即行分解。任何化合物在加熱時進行的這種分解過程稱為**離解**。硫酸鉛在加熱時與硫化鉛、氧化鉛反應，生成金屬。

硫酸鉛溶於濃硫酸與濃硝酸，溶於熱鹽酸與苛性鹼，並溶於氯化鈉與氯化鈣的飽和溶液中。

碳酸鉛（碳酸鹽） $PbCO_3$ 。自然界中以白鉛礦礦物的形式存在。比重為 6.66。加熱至 $200^{\circ}C$ 時，它即離解為氧化鉛與二氧化碳。碳酸鉛溶解於酸及鹼。

第二節 鉛的用途

隨着工業的增長，鉛的需求量也不斷增加。資本主義國家鉛的年產量保持在 140~150 萬噸，其中歐洲 23 萬噸，北美洲（墨西哥、加

拿大與美國) 63 萬噸, 南美洲 29 萬噸, 澳洲 20 萬噸, 非洲 3 萬 6 千噸, 亞洲 3 萬噸。

美國年輸入鉛 40 萬噸, 其中從加拿大與墨西哥輸入約 30 萬噸。鉛能在工業與技術上得到廣泛應用, 是因為具有許多珍貴的性質——質軟、可塑、比重大、能鍛壓成任意厚度的板, 高度化學穩定性。

化學工業發展初期, 由於鉛具有良好的抗酸、抗鹼腐蝕作用的性質, 故用於製造化工設備的種種結構與保護層, 並用於製造冶金工廠的電解槽。

隨着電工技術及與之相關的電纜工業的發展, 鉛又被廣泛地用為製造電纜鎧裝的最好材料, 它能可靠地防止電纜不受水與空氣的侵蝕。

隨着內燃機、柴油機、無線電工業與電話事業用途的激增, 鉛與氧化鉛最大的用戶——蓄電池工業就具有巨大的意義。

印刷工業的發展需要消耗鉛基活字金。

鉛還大量消耗於機械製造與鐵路運輸, 它們用巴比特合金——鉛基合金製造軸承。

鉛能吸收放射性射線, 故用於 X 光工業與原子核工業。

鉛的化合物還用於顏料、陶瓷、玻璃、橡膠、石油精煉與其他工業部門。

通常製得的鉛有 30% 以上用於製造蓄電池, 15% 左右用於電纜生產, 10% 以下製造鋅錫, 5~7% 製造鉛丹與鉛黃。

第三節 鉛礦的精選

作為煉鉛原料的礦石是各種礦物, 即鉛與其他元素的化合物。自然界中鉛的礦物甚多, 但具有工業意義的只是那些較一般為常見的, 形成很大堆積的, 並能呈礦石形態採出的鉛的礦物。

最常見的鉛的礦物有: 方鉛礦 (硫化鉛 PbS), 鉛礬 (硫酸鉛 $PbSO_4$) 與白鉛礦 (碳酸鉛 $PbCO_3$)。所含鉛以方鉛礦形式而存在的礦石稱為硫化礦石, 這種礦石最為常見。所含鉛以硫酸鉛與碳酸鉛形

式而存在的礦石稱為氧化礦石。氧化礦石的形成是由於原生硫化礦石經過氧化與風化的結果。

礦石是一種含有礦物的岩石，其內有用金屬的含量達到這種程度：在目前的技術水平條件下，它的開採在技術上既有可能，而且有利潤可得。

例如本世紀初以前，含鉛 1~2% 的含礦岩石尚不能有效地處理，因此不能稱作礦石。隨着浮選法與較完善、較廉價的冶煉方法的出現，現在從上述含礦岩石中相當完全地，廉價地提取金屬鉛已成為可能。這種含礦的岩石就變成了礦石。鉛礦石的岩石或稱作母岩是由鐵的礦物（呈黃鐵礦、磁黃鐵礦、褐鐵礦形態）、石英及其與鋁、鎂、鈣的氧化物的化合物所形成。有時鉛礦石的母岩是鈣與鎂的碳酸鹽。

如礦石中主要部分為鐵、鉛、銅、鋅與其他金屬的硫化礦物，則稱作緻密的礦石。如礦石中主要部分為石英、氧化鋁、石灰石或它們的任何一種結合體，而硫化礦物僅為小部分，分佈在主要含礦岩石的礦物中，則稱作嵌佈狀礦石。

只含一種金屬，而且達到工業上含量的礦石，稱作簡單礦石（單金屬礦石），在處理時能分出數種金屬的礦石，稱作複雜礦石（多金屬礦石）。

因此根據礦石的金屬含量可分成鉛礦石、鉛鋅礦石、銅鉛鋅礦石等。

鉛礦石通常是多金屬礦石，即除鉛礦物外，尚含有大量的鋅、銅、鎳、銀、金、鉍、砷、銻及其他許多稀有金屬。

處理這些礦石的複雜性是由於：除提鉛外，還必須將與鉛共生的金屬相當完全地加以提取。

現在很少有可以直接送去作冶煉處理的鉛礦石。未經選礦的礦石含量很低，如將其直接熔煉，鉛的損失很大。

★ 不難計算，例如礦石內含鉛 5%，而礦石熔煉時爐渣量約為礦石重量的 85%，則渣內鉛的損失為礦石含鉛量的 17%（每 100 公斤礦石內含鉛 5 公斤，當得到含鉛 1% 的爐渣 85 公斤時，則渣內進入鉛 850

克，或 $\frac{0.85}{5} \times 100 = 17\%$ ）。當礦石內含鉛 3% 時，其損失增至 28%。現在含鉛 3% 的礦石已不常見，必須處理含鉛 2% 與 1.5% 的礦石，其熔煉損失可達 50% 或 50% 以上。

★ 煉貧礦石的費用較大，這除了因為金屬的大量損失外，還由於熔煉時大部分的脈石必須消耗焦炭，而得出金屬很少。

因此礦石在熔煉前都要經過精選。

選礦的目的有二：

1. 儘最大的可能將有用礦物與脈石分離。
2. 將有用礦物分成適於進一步處理的產物。

第一個目的從上面所講的可以明白。與脈石分離可以將生成產物即精礦的金屬含量提高到 40~50% 或更高，從而提高金屬的回收率，並使熔煉成本降低。

第二個目的是由於礦石中不單含有鉛的礦物，尚有鋅、銅與鐵的礦物。含這些共生礦物達相當數量的鉛精礦在進行冶煉處理時會發生困難，並將造成鉛與共生金屬的大量損失。將礦物分離，能得出單一精礦——鉛、鋅、銅與鐵精礦，每一種精礦都能有成效地加以處理，提取其中的金屬。

因此選礦過程擴大了礦石的有用範圍。

浮選法是選別鉛礦石最常用的方法。

廣泛被應用的還有重力選礦法，它基於礦物比重的不同。

選礦的結果得出精礦、中礦和尾礦。

精礦 是選礦過程的產物，所需提取金屬的礦物均集中於其內。有時如礦石中含有數種金屬，則得出二種或數種精礦。一般的鉛精礦含鉛 40~70%。

尾礦 是選礦過程的廢物，主要為脈石礦物，含鉛約 0.1~0.2%。

中礦 的金屬含量不定，介於精礦與尾礦的金屬含量之間。一般中礦不算是選礦廠的最終產物，而要經過再次處理。

所得精礦的重量與用來製取精礦的原礦的重量之比稱為選礦比 (выход концентрата)。例如從 100 公斤礦石中選得精礦 3 公斤，則選礦比等於

$$\frac{3}{100} \times 100 = 3\%.$$

精礦中某金屬的重量與原礦中該金屬的重量之百分比稱為回收率 (степень извлечения)。例如礦石含鉛 2%，則送去選礦的每 100 公斤礦石中含鉛 2 公斤。如精礦含鉛 50%，得到的精礦為 3 公斤，則精礦內共有鉛：

$$\frac{3 \times 50}{100} = 1.5 \text{ 公斤}.$$

此時精礦內鉛的回收率為

$$\frac{1.5}{2} \times 100 = 75\%,$$

而鉛的富集比 (степень концентрации) 達

$$\frac{50}{2} = 25 \text{ 倍}.$$

選礦過程最重要的指標是富集比、回收率與精礦的金屬含量。選礦比 (степень сокращения)、回收率與精礦的金屬含量愈高，則選礦過程愈完善。金屬與雜質的分配在鑑別選礦過程的質量時也具有很大的意義。

現代的選礦廠是一種複雜的機械化企業，企業內的全部過程均按預定的程序進行。選礦廠是連續操作的，一般均與開採礦床相並列，或緊靠處理精礦的冶煉廠。製取鉛精礦時最常用的是浮選法。

浮選法 是基於礦粒在水介質中向氣泡表面的選擇性附着的一種選礦方法。當氣泡通過磨細的礦石、水與藥劑的混合物 (礦漿) 的時候，起泡劑的分子就在氣泡表面上形成一層薄膜。

礦漿內礦石的平均粒度為 0.15~0.05 毫米。

礦物為水潤濕的程度不一。潤濕較差的礦物表面即為捕收劑分子成層地罩蓋，這促使礦粒向氣泡附着，礦粒附着在氣泡上像輕氣球一樣向槽面上升。這裏氣泡形成含有礦粒的泡沫。

上述現象看了圖 1 的示意圖後就很容易想像，圖中 1——氣泡，2——礦粒，3——起泡劑薄膜，4——捕收劑薄膜。

起泡劑與捕收劑的分子互相結合，促使礦粒向氣泡附着。

為水潤濕較好的礦物則不為捕收劑薄膜所罩蓋，因此也不向氣泡附着，而留於礦漿。排除礦漿面上的泡沫，含有提取金屬的礦物即隨同泡沫一齊排出。浮選的過程如下：鉛的硫化礦物（方鉛礦）與氣泡一齊浮入泡沫，形成精礦，而其餘含有脈石成分的礦物則留於礦漿變成尾礦。礦漿內加入各種特別的浮選劑即能使礦物分離。

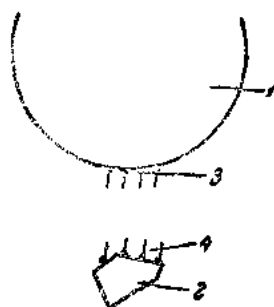


圖1 浮選示意圖

要改變礦物的表面性，可在礦漿內加入下列起泡劑：黃藥——硫化炭、醇與鹼的交互作用產物，黑藥——五硫化磷與醇的交互作用產物等。還加入所謂抑制劑，在這種藥劑的作用下能使某些硫化礦物喪失為捕收劑罩蓋在其表面上的能力，以及浮入泡沫的能力，因而有可能與其他礦物分離。抑制劑中氰化物與硫酸鋅能降低硫化鋅的可浮性，石灰能抑制黃鐵礦及其他等等。

要提高鉛的氧化礦物的可浮性，可在礦漿內加入硫化物溶液，例如硫化鈉，這些溶液以極薄的膜罩蓋在礦物面上，因而加強了捕收劑的作用。

選礦過程包含三個主要部分：

- 1) 礦石的選礦準備，包括碎礦與磨礦；
- 2) 浮選法；
- 3) 精礦的脫水。

從礦山運來選礦廠的礦石，其塊度不一，有達500毫米或更大的，其中所含的有用礦物呈極細的微粒存在（有時粒度小於0.01毫米），它們密集地長在脈石中，互相連在一起。要解除並分離這些微粒，唯一的方法是將全部礦石磨成極細的粉末。破碎比（степень дробления）係破碎前最大礦塊的直徑與破碎後最大礦塊的直徑之比。

在一個工序內用一種設備要將大塊物料碎成要求的小塊，這既不可能也不恰當。比較經濟的方法是將破碎過程分成幾個階段，並在每

次順序破碎前篩分出較小的級別。

破碎階段有四：

- 1) 粗碎，自 1,500~300 到 300~100 毫米；
- 2) 中碎，自 300~100 到 50~10 毫米；
- 3) 細碎，自 50~10 到 10~2 毫米；
- 4) 磨礦，自 10~0.1 到更細。

一般粗碎是通過壓碎，而細磨是通過衝擊與磨剝。

我們用破碎機進行破碎。

用於冶金生產的破碎機，按其主要的機械性能可分為四種基本類型：

- 1) 顎式破碎機，通過壓碎進行工作；
- 2) 圓錐破碎機，利用二個同心錐壓碎礦石，其中內錐對外錐作偏心運動；
- 3) 對輥破碎機，有二個相向轉動的輥用來壓碎礦石，並部分地將其磨剝；
- 4) 衝擊式破碎機^①，藉本身機構的部件衝擊礦塊，而將其磨碎。

顎式破碎機，通常用於粗碎，示如圖 2。

破碎機的工作部分是二個齒板，一個固定不動，另一個與前者置成角度，其上部懸在軸上，能繞軸擺動。偏心輪傳動軸借連桿與肘板帶動齒板運動。連桿向上運動時，可動齒板向固定齒板靠近，向下運動時則二齒板分離。礦石自上面連續裝入破碎機的工作空間，即寬廣部分。當齒板靠近時，板間的礦石即行破碎。齒板分離時，將已破碎的礦石自下排礦口排出。排礦口的寬度，也即破碎物的尺寸，用楔子調節。

由於金屬塊常與被破碎物料同時落入破碎機，造致齒板的損壞，故將一個肘板做成二部分，用螺絲連接，在產生大壓力的時候，螺絲被削去，防止其他部分的損壞。

齒板覆以可拆換的硬錳鋼或硬鉻鋼的襯板，以防止齒板的磨損。

① 俗稱攪碎機——譯者