

選鑛工學

東北大學地質學部編
東北大學出版部發行

學 工 鑛 選

東北有色金屬學會編印
東北工業出版社出版

1971

選 錄 工 學

1951

著	者	高		桑		健
譯	者	王	祚	徐	仁	于
編	者	魏	兆	開	英	那
出	者	東	北	色	金	屬
發	者	東	北	工	業	用
印	者	各	地	新	華	書
刷	者	東	北	報	社	刷

選 鑄 工 學

目 錄

上 卷 (前編)

第一章 總論	1
1. 選鑄之目的	1
2. 用語	3
3. 選鑄技術的內容	8
第二章 跳汰機	14
1. 概說	14
2. 哈爾茲型跳汰機	22
3. 手動跳汰機	32
4. 哈恩哥克型跳汰機	33
5. 鼓動水力跳汰機	36
6. 隔膜式跳汰機	38
第三章 搖動淘汰盤	40
1. 概說	40
2. 威爾弗雷淘汰盤	44
3. 戴斯特歐渥斯曹母淘汰盤	45
4. 詹姆斯淘汰機	47
第四章 其他比重選鑄機械	49

1. 概 說.....	49
2. 選礦機.....	50
3. 圓型淘汰機.....	51
4. 鋪布淘汰盤類.....	51
5. 洗礦槽.....	52
6. 洗礦斜槽.....	52
7. 流礦槽.....	53
8. 搖汰器.....	53
第五章 浮游選礦機	55
1. 概 說.....	55
2. 單純機械的攪拌式浮游選礦機.....	59
3. 空氣吸入機的攪拌式浮游選礦機.....	64
4. 空氣吹入機械攪拌式浮游選礦機.....	67
5. 空氣力攪拌式浮游選礦機.....	72
6. 帶隔膜的空氣力浮游選礦機.....	74
第六章 磁力選礦機	79
1. 概 說.....	79
2. 乾式磁力選礦機.....	87
3. 濕式磁力選礦機.....	98
第七章 其他選別機	102
1. 電媒選別法.....	102
2. 靜電選別法.....	103

3. 電氣摘出機.....	105
4. 熱碎選別機.....	105
5. 根據耐磨度或展性的選別法.....	105
6. 接着法.....	106
7. 重液選鑛法.....	107
8. 風力選鑛法.....	110

第八章 粉碎機.....117

1. 概 說.....	117
2. 分 類.....	117
3. 嚼鑛機.....	120
4. 旋迴碎鑛機.....	132
5. 單滾碎鑛機.....	141
6. 對滾碎鑛機.....	142
7. 塞蒙斯圓盤碎鑛機.....	155
8. 搗鑛機.....	159
9. 智利磨.....	165
10. 漢秦頓磨.....	168
11. 圓盤粉碎機.....	170

第九章 球磨機及棒磨機.....172

1. 概 說.....	172
2. 圓錐球磨機.....	181
3. 圓筒形球磨機.....	184

4. 棒磨機.....	188
5. 長筒形磨鑄機.....	190
第 十 章 篩分機械.....	192
1. 概 說.....	193
2. 固定篩.....	195
3. 運動棒篩.....	196
4. 迴轉篩.....	203
5. 旋迴篩.....	205
6. 搖動篩.....	216
7. 振動篩.....	212
第 十 一 章 分級機.....	213
1. 概 說.....	219
2. 機械分級機.....	220
3. 水力分級機.....	223
4. 沉積分離機.....	237
第 十 二 章 脫水及澄水.....	241
1. 總 說.....	241
2. 濃密機.....	244
3. 沉澱池.....	249
4. 濾過機.....	252

下 卷 (後 編)

第十三章 水中鑛粒的落下運動.....	261
1. 寬濶處的自由落下運動.....	261
2. 限定於窄小處之落下運動.....	269
3. 干涉落下.....	270
4. 等速落下粒及等速落下比.....	273
5. 到達恒速運動狀態時的時間及落下距離.....	277
6. 跳汰機的理論.....	279
第十四章 浮游選鑛用藥劑.....	283
1. 總論.....	283
2. 藥劑各論.....	291
3. 起泡劑.....	298
4. 脈石抑制劑.....	301
5. 抑制劑.....	303
6. 活性劑.....	305
第十五章 浮游選鑛法各論.....	307
1. 金銀鑛的浮游選鑛法.....	307
2. 銅鑛的浮游選鑛法.....	310
3. 鉛鑛的浮游選鑛法.....	313
4. 鋅鑛的浮游選鑛法.....	315
5. 鉛鋅鑛的浮游選鑛法.....	318
6. 銅鉛鋅鑛的浮游選鑛法.....	321
7. 銅隕鑛的浮游選鑛法.....	322
8. 鎢鑛的浮游選鑛法.....	322

9. 水銀礦的浮游選礦法	322
10. 鉬礦的浮游選礦法	323
11. 石墨的浮游選礦法	324
12. 硫黃的浮游選礦法	325
13. 煤炭的浮游選礦法	325
14. 石灰石的浮游選礦法	326
15. 石英的浮游選礦法	327
16. 菱 礦的浮游選礦法	328
17. 螢石的浮游選礦法	328
18. 磷礦的浮游選礦法	328
19. 鎢礦的浮游選礦法	329
20. 重晶石的浮游選礦法	329
21. 錫石的浮游選礦法	330

第十六章 浮游選礦的作業系統.....331

第十七章 浮游選礦時的礦液.....337

1. 氫離子濃度	337
2. 礦液的濃度	349
3. 礦液之溫度	354
4. 礦粒之大小	355
5. 藥劑之供給	361
6. 藥劑供給機	363
7. 條件槽	366

第十八章 浮游選礦的理論.....369

1. 有極分子，無極分子及極性化合物	369
2. 水和作用	371
3. 表面張力與表面能力	373

4. 溶液之表面張力	377
5. 混合溶液的表面張力	381
6. 兩液間之界面張力	382
7. 水面上液體的開展	386
8. 薄膜上的分子狀態	390
9. 吸着	396
10. 吸着層之厚度及分子的排列狀態	398
11. 收着	400
12. 界面電氣現象	402
13. 疎水膠質及親水膠質	405
14. 正膠質及負膠質	406
15. 膠質液之凝析	407
16. 親水膠質之保護作用及增減作用	411
17. 膠解作用	413
18. 濡潤性與浮游	413
19. 接觸角	415
20. 礦物濡潤性；變化和浮游的關係	417
21. 泡	419
22. 泡的壽命	424
第十九章 浮游選礦之歷史	429

選 礦 工 學

前 編

第一章 總 論

1. 選礦之目的

選礦與選煤相同，主要是一種物理的操作，但就其技術上之目的來講，不外是盡可能將採掘之目的物的礦物的形態純粹化，且使其毫不剩餘的悉數獲得。另一方面，按其經濟的目的來講，必須是在賣掉產物之後，以其所得，不僅足以償還在其生產過程中所需的各種採礦費、選礦費及其他費用等項經費，而且尚能獲得盈餘才好。

選礦除去如上所述以提高品位為目的外，如果在礦石中，含有於礦石冶煉上有害的成分時，為了除掉此種有害的成分起見，也有實行選礦的必要。此時必須使其有害成分和有用成分成為個別的礦物而存在。

若於礦石中，含有兩種或兩種以上的礦物，而且皆為有用礦物時，必須使此等礦物彼此分離，更為增高彼等品位起見，亦有實行選礦的必要。

現在對於含有方鉛礦的礦石，以其選礦的經濟方面來舉例說明。假設其所採掘出來的礦石之品位是含有 5 % 的鉛，金屬鉛的市價每公斤為三角。

(1) 將原礦石賣給冶煉廠時：假設採掘費每噸為 6 圓，運費每噸為 10 圓，對於含有鉛 5 % 的礦石，其冶煉費每噸為 20 圓，冶煉的回收率為 97 %，對其

所回收的金屬鉛，按鉛的市價95%而支給現款。

關於鑛石100t的收支情況如下：

支出：

探掘費	600.00圓
運費	1,000.00圓
冶煉費	2,000.00圓
合 計	3,600.00圓

收入：

由於製煉而回收的金屬鉛之數量

$$100 \times \frac{5}{100} \times \frac{97}{100} = 4,850 \text{ kg}$$

收入的金額

$$4,850 \times 0.30 \times \frac{95}{100} = 1,382 \text{ 圓}$$

兩者相減：

$$3,600 - 1,382 = 1,618 \text{ 圓 (損)}$$

(2) 經過選礦之後再賣給冶煉廠時：假設選礦費每噸為1.50圓，選礦的回收率為95%，經過選礦的結果，鉛的品位能上昇到60%，對於含有這種品位的鑛石之冶煉費，每噸為5.00圓，至於其回收率，支給率及運費則與(1)相同。同是100t的鑛石，而其收支情況則如下：

支出：

探掘費	600.00圓
選礦費	150.00圓
運費	79.20圓
冶煉費	36.60圓
共 計	865.80圓

收入：

由於冶煉而收回的金屬鉛之數量

$$7.92 \times \frac{60}{100} \times \frac{97}{100} = 4,609.44 \text{ kg}$$

收入的金額

$$4,609.44 \times 0.30 \times \frac{95}{100} = 1,313.69 \text{ 圓}$$

兩者相減：

$$1314.69 - 868.80 = 444.89 \text{ 圓 (益)}$$

即是在這種場合之下，如不加以選鑛，則其事業便不能維持的。

在銅或鉛的鑛石中，鋅的含有率如在某種程度以上時，則於熔鑛爐內冶煉之際，鑛渣就難以流出，致使操作發生困難，所以在某種程度（最低為5%，普通為8~10%）以上的鋅是有害的成分。鉛鑛中的砷、銻、鉍及錫如在某種程度（0.5~1%）以上時，亦為有害。諸如此類有害成分，如果含於主要鑛物之外的鑛物中，則於選鑛之際，應努力排除之。

2. 用 語

(1) 選鑛粗鑛

在選鑛場裡應受處理的鑛石，就是選鑛作業的原料。如其品質或狀態有所變動時，即使選鑛作業受到不好的影響，所以當採鑛之際，在與採鑛作業並無顯著障礙的範圍內，應當充分的注意，勿使選鑛粗鑛受到很大的變動。

(2) 給 鑛

供給選鑛中的某一種作業或某一個機械的原料，謂之給鑛，此係為了使之與選鑛粗鑛加以區別，使說明更為明瞭而已。如在兩者並無區別之必要時，單只叫做原鑛亦可。

(3) 精 礦

這是選礦作業之目的物，由於許多的有用成分濃集而成的。精礦有由選礦場所送出來的最終產物之精礦與由選礦途中之某一種作業或機械而產生的精礦等兩種，爲了使其容易區別起見，前者稱爲精礦產物 (*Shipping ore*)，後者只稱爲精礦即可。

(4) 廢 石

這是選礦作業的最後產物，應當廢棄的東西。以勿使其中稍含有用成分最爲理想，然而普通却難免其中尚剩下些許的有用成分。有的時候亦稱此種廢石爲選礦尾 (Mill tailings)。

(5) 尾 礦

這是由選礦途中之某一種作業或機械而產生的，收回有用成分後的殘留物。選礦作業最後的尾礦就是廢石。但是選礦作業如分爲階段進行，則某階段的尾礦就成爲次一階段的給礦。

(6) 中 精

這是由選礦途中某一種作業或機械而生出的產物之一，其品位在精礦與尾精兩者的中間，如將其混以精礦或尾礦而擬加以處分時，能使其品位降低或提高至並不希望有的那種程度，而它與那個都完全不符合，是一種中間性質的產物的顆粒與純淨脈石或母岩的顆粒，只是機械的混同在一起者，另一種則爲於同一顆粒中，而有礦物的部分和脈石或母岩的部分共存的粒子之集合物。如爲前者，即可原樣的再行處理，而能選別的，但是後者如不加以粉碎之後，是不能進行處理的。後者粒子之一顆叫作中精粒子即可。

(7) 石 部

鑛石是由於有用鑛物和其鑛床之母岩及脈石等而組成的，可是在選別作業上，並無區別母岩與脈石的必要，莫如將此二者不加以區別，故特將有用鑛物以外者集聚在一起而同等視之較為便利。普通則稱為脈石，此處之所以叫作石部者，不外是爲了使其意義更加明顯而已。

(8) 塊 鑛

鑛石成塊狀者稱為塊鑛，粉狀者稱為粉鑛，究竟以幾公厘為限而分為塊鑛或粉鑛呢？此種界限雖無一定，但以15 mm為標準亦可。然而亦有以15 mm乃至5 mm為粒鑛者，5 mm以下為粉鑛者。這樣就成為塊、粒、粉三種了。

(9) 鑛 砂

鑛砂大體有如海邊的砂子那樣程度的細度，鑛泥為更細者，兼能與以平滑的接觸。再有鑛砂是以最小粒之大小為限度，可是鑛泥却包含着極微細的膠質狀者在內，所以沒有最小者的限制。由於這種關係，就可以使兩者性質的差異更大了。

(10) 實收率

這是表示將選鑛粗鑛中所含有的有用成分於精鑛產物中所能夠收回的數量比例，它是判斷選鑛作業之效果的主要材料。亦有願意求得選鑛作業中某一個階段的實收率，藉以判斷其作業的成績的，至於實收率的計算方法則如下述。

設：選鑛粗鑛或給鑛的品位為 (a) ，其重量為 (ga) ，廢石或尾鑛的品位為 (b) ，其重量為 (gb) ，精鑛產物或精鑛的品位為 (c) ，其重量為 (gc) 。

則下列的關係即可成立。

$$ga = gc + gb \dots\dots\dots (1)$$

$$a.ga = c.gc + b.gb \dots\dots\dots (2)$$

以 (b) 乘 (1) 的兩邊，從 (2) 式減去之，

$$\text{則 } ga(a-b) = gc(c-b)$$

$$\therefore \frac{ga}{gb} = \frac{a-b}{c-b} \dots\dots\dots (3)$$

則實收率 (E) 即如下式所示：

$$E = \frac{c.gc}{a.ga} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (5)$$

將 (3) 式代入此式中，則 (E) 即可變為下式的形式：

$$E = \frac{c(a-b)}{a(c-b)} \times 100 (\%) \dots\dots\dots (5)$$

如能知道 (a)、(b)、(c) 的品位時，即便不測定其重量亦能求得實收率的。通常銅鑛之浮游選鑛實收率約以 90% 內外者為普通，然亦有達到 95% 內外的時候。美國的鉛、鋅鑛之浮游選鑛的平均成績，鉛的精鑛品位為 88.45%，鋅的精鑛為 80.72%。第 (5) 式中的 (c/a)，即是精鑛品位與原鑛品位之比，也就是表示品位向上的程度，這就叫作質的效率，對此，則前述的實收率亦有叫作量的效率。

(11) 選 鑛

這即是以得到精鑛產物所必要的選鑛粗鑛的數量。選鑛比大者，即是意味著選鑛作業的效果大。

當然選鑛比的大小是受着鑛石的性質而支配着，所以以選鑛比批判選鑛作業的效果時，尚須將實收率及精鑛產物的品位同時加以考慮。選鑛比的計算方法，由前項的 (3) 式可以得到公式 (6)，它仍然可以依分析的結果而計算出來。

$$\text{選礦比 } (R) = \frac{ga}{gc} = \frac{c-b}{a-b} \dots\dots (6)$$

(12) 選礦度

選礦的真正的目標不外是盡可能得到品位較高的精礦產物，及盡可能得到大量的精礦產物。假如選礦作業能夠按照理想的程度而進行時，則原礦中的有用成分就可以全部的回收於精礦中，並且精礦是完全由於純粹的有用礦物毫不含有脈石而組成者。

故即使精礦的有用成分之實收率甚高，但如果精礦中混進許多的脈石時，則選別的效果即行減低。因此，對於脈石的實收率，應與掌握有用成分的實收率一樣，亦要加以嚴格的注意。以有用成分的實收率與石部的實收率之差，來作選別作業技術上之成績的尺度：即謂之選礦度 (V)。

例如，對於礦石中的純粹有用礦物實行分析的結果，其有用成分的含有率若為 (Y%) 時，則粗礦 (品位 a%) 中之有用礦物的含有率即為 $(a/Y) \times 100 (\%)$ 。因為在粗礦中除去有用礦物之外，所剩下的東西就是脈石，所以粗礦中的脈石含有率可以下記公式而表示之：(如果粗礦之量為 100 時，則此數字馬上即可變為粗礦中的脈石之數量了)。

$$\left(1 - \frac{a}{Y}\right) \times 100 = \frac{Y-a}{Y} \times 100 (\%) \dots\dots (7)$$

同樣精礦 (品位 C%) 中之脈石含有率可以次式表示之，

$$\left(1 - \frac{c}{Y}\right) \times 100 = \frac{Y-c}{Y} \times 100 (\%) \dots\dots (8)$$

對於粗礦的精礦量，因為可以選礦比 (6) 的逆數而表示，所以如將此以 (8) 式乘之，即可求得粗礦為 100 時之精礦中的脈石數量。

$$\text{即 } \frac{1}{R} \times \frac{Y-c}{Y} \times 100 = \frac{a-b}{c-b} \times \frac{Y-c}{Y} \times 100 (\%) \dots\dots (9)$$

因之，精礦中的脈石實收率為 (9) ÷ (7)，即可成為下記那樣的式