

中等專業學校教學用書

稀有金屬冶金學

下 冊

A.H. 澤利克曼 Г.В. 薩姆索諾夫 O.E. 克列茵 著

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

冶金工業出版社

中等專業學校教學用書

稀有金屬冶金學

下 冊

A. H. 澤利克曼, Г. В. 薩姆索諾夫, О. Е. 克列茵 著

冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

冶金工業出版社

本書是敘述制取各種重要稀有金屬——鎢、鉬、鈮、銦、鋇、釷、鐳、錒、鈾、釷，以及汞和銻——的冶金過程。

其中对每种金属的物理化学性质、应用范围、用各种不同原料制取化学化合物的基本方法及纯金属的生产操作均有论述。

本書是經蘇聯冶金工業部教育司審定的冶金中等專業學校的教學參考書，但也可供稀有金屬工業方面的工程技術人員應用。

本書第十章、第十一章、第十六章和第十七章為徐珍娥同志譯，第四篇為馮國魁同志譯。以上各章由王豫新同志做技術校對。

А. Н. Зелыман, Г. В. Сажин, О. Е. Крейн

МЕТАЛЛУРГИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ

Металлургиздат (Москва—1954)

稀有金屬冶金学 (下册) 冶金工業部有色金屬工業管理局編譯科 譯

1956年10月第一版 1956年12月北京第二次印刷 1,015册 (累計4,556册)

850×1168, $\frac{1}{32}$, 134,000字, 印张 $5\frac{8}{89}$, 定价(10) 1.00元

冶金工业出版社印刷厂印

新华書店發行

書号 0514

冶金工业出版社出版 (地址: 北京市灯口甲45号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

下 冊 目 錄

第三篇 輕稀有金屬

第十章 鈹	237
第 58 節 鈹的概論	237
鈹的性質	237
鈹化合物的性質	239
應用範圍	242
第 59 節 鈹礦物和鈹礦石	244
第 60 節 處理鈹精礦的方法	245
第 61 節 提取鈹的硫酸鹽法	246
第 62 節 用矽氟化鈉燒結綠柱石精礦	250
第 63 節 用氟化法處理精礦	252
第 64 節 金屬鈹的生產	254
氟化鈹的電解法	255
氧氟化鈹的電解法	256
生產鈹的金屬熱還原法	257
第 65 節 鈹合金的生產	260
第十一章 鋰	263
第 66 節 鋰的概論	263
鋰的性質	263
鋰化合物的性質	265
應用範圍	269
第 67 節 鋰礦物和鋰礦石	272
第 68 節 鋰礦石的精選	273
第 69 節 鋰云母和鋰輝石精礦的處理方法	274
酸法	274
鹼法	275
鹽法	276

联合法	279
第 70 節 生產金屬鋰的方法	230
第 71 節 电解熔融鋰鹽生產鋰	231
第 72 節 制取鋰的金屬熱还原法	234
第 73 節 鋰的淨化	236

第四篇 稀散金屬

第十二章 銻	288
第 74 節 銻的概論	288
銻的性質	288
銻的化合物	290
应用範圍	291
第 75 節 銻的原料來源	292
第 76 節 自鉛生產廢料中回收銻	293
第 77 節 銻的純化合物的制取	297
第 78 節 金屬銻的制取	297
第十三章 鋇	298
第 79 節 鋇的概論	298
鋇的性質	298
化合物的性質	299
应用範圍	300
第 80 節 鋇的原料來源	300
第 81 節 自火法煉鋅的廢料中回收鋇	301
第 82 節 自水法煉鋅生產的廢料中回收鋇	305
自海綿鋅提鋇	306
自鋅焙燒礦的廢浸出渣回收鋇	309
第十四章 鉍	311
第 83 節 鉍的概論	311
鉍的性質	311
鉍的化合物	312

应用范围	314
第 84 節 原料來源及回收鉍的技術作業	314
自制鉍的廢料中回收鉍	315
工業氯化鉍的處理	317
自焙燒硫化礦所得的灰塵中回收鉍	320
第十五章 鎔	321
第 85 節 鎔的概論	321
鎔的性質	321
鎔的化合物	322
应用范围	323
第 86 節 原料的來源	324
第 87 節 自原料中提鎔的技術作業	326
第 88 節 自煤氣廠的廢料中提取鎔和鐵	326
第 89 節 金屬鎔的制取	329

第五篇 汞和鎘的冶金

第十六章 汞	331
第 90 節 汞的概論	331
汞的性質	332
汞化合物的性質	333
应用范围	338
第 91 節 汞礦物和汞礦石	339
第 92 節 汞礦石的精選	341
第 93 節 汞精礦的處理方法	344
第 94 節 提取汞的火冶法	345
焙燒	345
冷凝	352
第 95 節 水冶法提取汞	360
浸出	360
置換沉出	360

电解	361
第 96 節 汞的淨化	362
第 97 節 汞生產中的劳动保护措施及安全技術措施	363
第十七章 錫	365
第 98 節 錫的概論	365
簡史	365
錫及其化合物的性質	365
錫及其化合物的应用	367
第 99 節 礦物和礦石	368
錫的礦物	368
礦石及礦床	369
第 100 節 錫礦石的精選	369
第 101 節 錫礦石及精礦处理方法的概述	371
火冶法	371
水冶法	372
电解法	372
第 102 節 三硫化二錫（生錫）及三氧化二錫的制取	373
生錫的制取	373
三氧化二錫的制取	375
第 103 節 制取金屬錫的方法	378
沉淀熔煉	378
还原熔煉	380
直井型爐的直接熔煉	382
第 104 節 粗錫的精煉	383
火法精煉	383
电解精煉	394
第 105 節 处理錫礦石的水冶法	386
溶解方法	386
化学方法沉淀錫	387
电解法沉淀錫	388

第三篇 輕稀有金屬

第十章 鈹

第 58 節 鈹的概論

鈹元素是在 1797 年發現的，1827 年用鉀還原氫鹽的方法首次得到了金屬鈹。十九世紀七十年代以前曾有一個未解決的問題，即鈹是二價呢？或是三價呢？直到 Л.И. 門德雷業夫最後才確定它是屬於週期系第二族的，証實了俄羅斯研究工作者 В. 阿夫捷也夫認為 BeO 是 L 氧化鎂類型的 I 也即屬於二價氧化物的見解。

鈹 的 性 質

物理性質 鈹屬於 Л.И. 門德雷業夫週期系第二族的組成中；原子序數為 4，原子量為 9.02。按外形來看密致狀的金屬為淺灰色，粉末狀的為深灰色。鈹是最輕的金屬之一。比重為 1.842。已經知道的有二種變體——低溫變體 (α 鈹) 和高溫變體 (β 鈹)。 α 到 β 的轉變溫度為 630°C 。 α 鈹的結晶結構為密集的六方晶體，晶格常數： $a = 2.28\text{\AA}$ ， $c = 3.61\text{\AA}$ ， $c:a = 1.58$ 。對於 β 鈹晶格結構方面還沒有可靠的数据。

機械性質 鈹甚至含有少量雜質 (0.1~0.2%) 就會變脆，並且不能承受軋制和拉絲的機械加工。尤其是混雜有氧時鈹的脆性就更顯著。當溫度升高到 $500\sim 600^\circ\text{C}$ ，這種鈹的可塑性略增大，相反，最純的 (99.98~99.99%) 鈹即使在常溫下也是有韌性和可塑的。含 99.8~99.9% Be 的金屬的硬度 H_B 為 $120\sim 130$ 公斤/毫米²，而含 99.95% Be 的金屬為 110 公斤/毫米²，含 99.99% Be 的金屬為 $60\sim 65$ 公斤/毫米²。彈性系數為 30,000 公斤/毫米²。

熱性能 鈹的熔化溫度為 1285°C 。鈹的蒸汽壓 (以毫米水銀柱

表示) 随温度的变化可用以下数据说明:

在 1400°C 时.....	0.001
在 1530°C 时.....	5
在 2937°C 时.....	760

铍在金属中具有最高的熔化热, 它的熔化潜热为 260 卡/克。热膨胀系数约比铝和镁的热膨胀系数小一半, 以下数据表示铍的热膨胀系数数值与温度的关系;

温度, °C	$\alpha \times 10^4$
20—100	12.3
100—200	13.3
200—300	14.0
300—400	14.8
400—500	15.5
500—600	16.1
600—700	16.8

20°C 时铍的热传导为 0.385 卡/厘米·秒·度; 在 300~1200°K 范围内的原子比热可以由以下方程式求出:

$$C_p = 4.698 + 1.555 \times 10^{-5} T - 1.210 \times 10^{-8} T^2 \text{ 仟卡/公斤-原子。}$$

20°C 时铍的导电率等于 5.4×10^4 欧姆⁻¹·厘米⁻¹, 即为铜导电率的 43% 左右。铍的电离电位等于 9.28 电子-伏特。

铍对于波长 1Å 左右的 X 射线有高度的可透性。铍的可透 X 射线性比铝的可透 X 射线性强 15~16 倍左右。这种性能就使得铍可以用为 X 光管中的透光口。

化学性质 由于铍的表面上生成一层氧化物薄膜的结果, 在室温下密致金属纯氧中和空气中是安定的。细的金属粉安定性较差, 在氧气中会引起燃烧发出光耀夺目的光线。

粉状铍也被一层不溶性的氮氧化物薄膜所复盖, 因此, 在室温下水解得很慢。密致金属甚至在红热状态下也不分解水蒸汽。

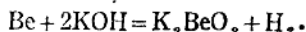
当铍受热时可与氯化合, 生成氯化铍 BeCl_2 , 但与溴和碘化合则比较困难。

铍与硫的蒸汽化合生成硫化铍 BeS 。粉状铍与氮化合生成氮化铍

Be_3N_2 。与碳化合生成碳化物 Be_2C 和 BeC_2 ，碳化物可分解水，相应地放出甲烷和乙炔。铍不生成氢化物。

金属铍可溶于任何浓度的盐酸和硫酸中。冷的硝酸不溶解铍，因为在铍的表面上生成一层保护性氧化物薄膜的原故。铍溶解于热硝酸中。

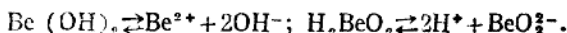
铍和铝一样溶解在鹼的水溶液中而生成铍酸盐：



然而对鹼的关系来说铍比铝较稳定。

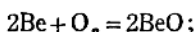
铍化合物的性質

氧化物 铍与氧只能生成一种氧化物 BeO （白色），而 BeO 与水可生成氢氧化铍。氢氧化铍与氢氧化铝同样都是两性的，即氢氧化铍既可离解出酸离子，又可离解出鹼离子：

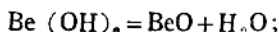


氧化铍可用以下諸方法制取：

1) 在氧或空气中燃烧粉状金属铍：



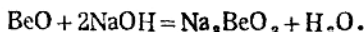
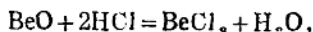
2) 在 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 下焙解氢氧化铍 $\text{Be}(\text{OH})_2$ ：



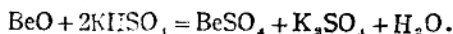
3) 焙解硫酸铍、碳酸铍或硝酸铍。

氧化铍的熔化温度约 2570°C ； BeO 是最稳定的化合物，生成热为 138 仟卡/克分子。比重为 3.025。

氧化铍在水中的溶解度极小（在 1 升水中溶解 $0.002 \sim 0.008$ 毫克分子的 BeO ）；新制成的氧化铍易溶解于酸、鹼和碳酸铍中：

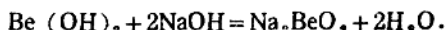


经过强烈焙解后氧化铍的溶解度就降低；焙解后只能很好地溶解于氢氟酸，熔融冰晶石和熔融硫酸氢钾中：

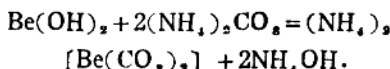


氢氧化铍 $\text{Be}(\text{OH})_2$ 系用鹼、氨、硫化铍溶液由铍盐溶液中使呈 $\text{Be}(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 组成的膠状物沉淀析出。

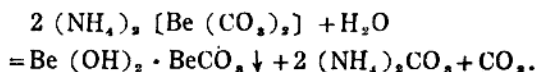
Be(OH)₂ 在氨中的溶解度不大；但能溶解於酸和鹼中而生成鉍酸鹽；



鹼金屬的鉍酸鹽在水中猛烈水解，因此不可能由水溶液得到鉍酸鹽，但可由酒精溶液中析出。在碳酸鉍溶液中，氫氧化鉍與 Al(OH)₃ 不同，它可溶解而生成絡合的碳酸鉍：



絡合的碳酸鉍在沸騰時水解，析出難溶的鹼性鉍鹽，其反應如下：

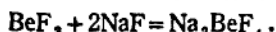


氫氧化鉍能迅速「陳化」，失去溶解於鹼甚至溶解於酸中的性能（由無定形轉變成穩定的結晶形）。

與鹵素的化合物 氟化鉍 BeF₂ 系當氫與氧化鉍或碳化鉍作用時生成，或當絡合的鉍氟酸鉍在 CO₂ 氣氛下加熱時進行分解得到的：



氟化鉍系白色結晶體，有極大的吸濕性，543°C 時熔化，800°C 時沸騰。BeF₂ 在空氣中或氧氣中受熱時就變成氧氟化物 5BeF₂ · 2BeO，與鹼金屬的氟鹽和鉍的氟鹽化合可生成絡合的鉍氟酸鹽，



BeF₂ 與 AlF₃ 不同是易溶於水的。當原料在水冶處理工序中即利用此性質，將鋁和鉍分開。

具有兩種結晶變體（菱形的和單斜系的）的鉍氟酸鈉約在 350°C 時熔化。以下數據說明鉍氟酸鈉在水中的溶解度與溫度的關係：

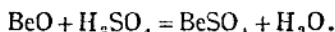
溫度，°C	在 100 克溶液中 Na ₂ BeF ₄ 的溶解度，克
0.....	1.31
20.....	1.41
40.....	1.88
60.....	2.19
80.....	2.55
94.....	2.70

氯化铍 BeCl_2 系金屬铍或 $\text{BeO} + \text{C}$ 的混合物在氯气流中加热到 600°C 时生成的。它是白色結晶化合物，熔化温度为 405°C ，在 450°C 时昇華， 488°C 时沸腾。 BeCl_2 的比重为 1.904。能很好地溶解於水，並能从水溶液中呈含水結晶体 $\text{BeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 狀結晶出來。在湿空气中水解而分离出氯化氢：



BeCl_2 易溶解於有机溶剂內——酒精，醚，並有生成金屬有机化合物的傾向。

硫酸铍 氧化铍溶解於热濃硫酸中即得硫酸铍：



Л. А. 菲阿尔科夫和 С. И. 沙尔戈罗达斯基研究温度記錄后确定， $580 \sim 635^\circ\text{C}$ 时產生無水硫酸铍的多晶变化， $760 \sim 830^\circ\text{C}$ 时开始热分解而析出 SO_3 ， $1200 \sim 1300^\circ\text{C}$ 时分解終了。

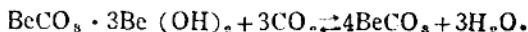
硫酸铍能很好溶解於水，此时它的溶解度随温度的升高而增加：

温度, $^\circ\text{C}$	BeSO_4 的溶解度, % (重量)
30.....	29.75
40.....	31.11
85.....	42.28
95.4.....	52.35
111.....	54.70

硫酸铍由水溶液中呈含水結晶体 $\text{BeSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 狀析出。与鹼金屬的硫酸鹽，以及与鋁、銅和鋅的硫酸鹽化合而生成能很好溶解於水的 $M_2\text{SO}_4 \cdot \text{BeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 类的复鹽。

碳酸铍 BeCO_3 系当碳酸气与鹼性碳酸鹽： $\text{BeCO}_3 \cdot 3\text{Be}(\text{OH})_2$ ， $\text{BeCO}_3 \cdot 5\text{Be}(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 等相互作用时生成，这些鹼性碳酸鹽是氫氧化物中的碳酸铍固态溶液。鹼性碳酸鹽的組成是不固定的，它決定於溶液的溫度和濃度。

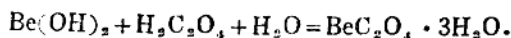
由鹼性鹽生成碳酸铍的反应可以用下列方程式表示：



在和在水作用下，碳酸铍容易水解而生成鹼性鹽。

鈹的碳酸鹽能溶解於过量碳酸銨中，若溶解於过量碳酸鈉和碳酸鉀中則比較困難，並且都是生成複鹽，如 $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \cdot \text{BeCO}_3$ ， $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot \text{BeCO}_3$ 等。

草酸鈹 $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 系用草酸由 $\text{Be}(\text{OH})_2$ 的飽和溶液中沉淀出來：



$\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 加熱到 $100 \sim 105^\circ\text{C}$ 時就變成水化合物 $\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ， $200 \sim 350^\circ\text{C}$ 時分解而生成氧化鈹。草酸鈹容易與鹼金屬的草酸鹽化合而生成複鹽，例如 $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 。

應 用 范 圍

鈹主要用作製取合金。

鈹和銅的合金（鈹青銅）通常含 Be 達 $2.5 \sim 3\%$ 。在銅中加鈹可提高銅的硬度，強度和抗勞度。含 Be 2% 未經熱處理的銅合金的硬度為 $H_B = 93 \sim 100$ 公斤/毫米²，極限抗拉強度約 50 公斤/毫米²。

合金具有陳化的性能，當從 $730 \sim 800^\circ\text{C}$ 開始淬火的合金在 $210 \sim 370^\circ\text{C}$ 下長期加熱後，這種陳化的性能就能使硬度提高到 400 公斤/毫米²，抗拉強度提高到 $120 \sim 130$ 公斤/毫米²。

由於鈹青銅有高的機械性質（特別是抗勞度），因此可以廣泛用於製造重要的機器零件——彈簧、氣閥座、軸承、各種儀器的零件、計時機構、電話機和電報機的零件。利用其打擊時不發生火花的性質，來製造無火花的處理易燃材料的工具（鑿、鎚等）。

圖 82 所示為用銅鈹合金製成的制件：彈簧、干式氣壓計的蝸形進氣管等。

鈹青銅在空氣中受熱時有高的抗蝕性，甚至在海水中使用它時也是穩定的。

鈹鐵合金是最硬的，但是由於它的粗粒結構所以很脆。在鐵中加入鈹可增加鐵的保磁力；Fe—Be 合金的陳化性能隨着硬度和強度相應地增大而增加。

在帶有鎳和鉻的鐵合金中加入鈹可促使結構粉碎；除具有高的硬

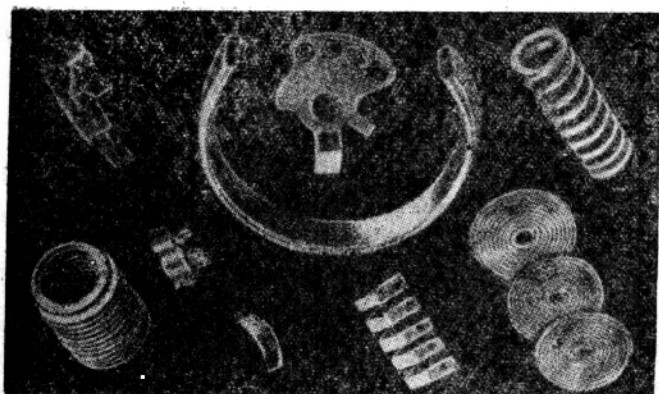


圖 82 用銅鎳合金制成的制件

度外，並成為有足夠韌性的和抗蝕性的合金。含有鎳的鉻鎳鋼具有高的耐熱性。

為了在鐵和鋼中加入鎳，通常利用含 Be 80% 以下的鎳鐵。

含 Be 1.7 至 1.9% 的鎳鐵合金具有高的強度（抗拉強度約 180 公斤/毫米²）和抗酸性，並且在溫度 400~500°C 以下能保持硬度。

加入 0.2 至 0.75% 鎳的鋁和銅合金在常溫和高溫下可以提高抗拉強度，並在熱處理的溫度下能抵抗氧化作用。鎳與鐵或鎳的合金可以運用於化學機械製造業和其他工業部門。

單獨鎳的應用範圍很狹小，因為鎳的可塑性較差，很難進行機械加工。如前所述，金屬鎳可用作 X 光管中的透光口，以及用於原子核物理學上，作為以氦核子或氖核子沖射鎳時取得中子的來源。

為製造 X 光管中的透光口，將鎳粉用稀硝酸處理，以除去表面的氧化物薄膜，將其壓塑成 1~2 毫米厚的板，並在稍低於鎳的熔化溫度下煅合。

氧化鎳具有化學穩定性，並且有高的熔化溫度，因而可作為耐火材料和加在由其他高熔點氧化物製成的耐火材料中。用含鎳的耐火材料可製造坩堝、爐襯、供間接加熱或直接加熱高溫壓塑金屬粉末時用的壓模等。

已知氧化鋇可作为許多化学反应中的催化劑，並可作为制造螢光灯时的催化劑。

第 59 節 綠柱石和綠寶石

鋇在地殼中的含量为 $4 \sim 6 \times 10^{-4}\%$ (重量)；最常見的是鋇矽酸鹽 $x\text{BeO} \cdot y\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot z\text{SiO}_2$ ——岩石崩碎的產物，泥質土中 (鋇含量有时达 $10^{-3}\%$) 和鋇礬土及其他礦石中也有。

綠柱石是主要的鋇礦物，矽鋇石和日光榴石也有若干工業價值。

綠柱石 $3\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ 的化学成分如下：14.1%BeO、19.0% Al_2O_3 、66.9% SiO_2 、 Na_2O 、 Li_2O 、 K_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 常呈雜質存在。根据雜質的种类綠柱石有淺綠色、黃色、天藍色、有时为粉紅色。綠柱石的帶有顏色和良好結晶的变种屬於寶石类：綠色的純綠寶石 (含鉻雜質)，天藍色的海藍寶石，含錳的粉紅变种的紅綠柱石，帶氧化鐵的黃色的黃金綠柱石。

綠柱石常与長石、云母、石英、金綠寶石 $\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 、矽鋇石 $2\text{BeO} \cdot \text{SiO}_2$ 共生。

綠柱石的礦物硬度为 7.5—8，比重 2.61—2.63。

矽鋇石 矽酸鋇 $2\text{BeO} \cdot \text{SiO}_2$ 或 Be_2SiO_4 含 45.5%BeO 和 54.5% SiO_2 及少量的 MgO 、 CaO 、 Al_2O_3 、 Na_2O 雜質。

矽鋇石無色或帶微黃色，礦物硬度为 7.5，比重为 2.93~3.0。常与綠柱石、金綠寶石、長石共生，尤其常与純綠寶石產出。帶色变种的矽鋇石可作为珠宝首饰。矽鋇石不形成大的堆積体。

日光榴石 $\text{Mn}_3[\text{BeSiO}_4]_2\text{S}_2$ 。此种礦物含 13.6% BeO 及 FeO (达 15%)。顏色通常为黃的，少数的呈綠色，硬度 6~6.5，比重 3.16~3.36。

礦区 除苏联外，在美國、哥倫比亞、南阿非利加、巴西、澳大利亞、阿根廷和馬達加斯加均有綠柱石的礦区。並且在挪威有不大的矽鋇石和日光榴石的堆積礦層。

选矿 通常鋇礦石含金屬很少，如所知礦床之一的綜合偉晶礦石平均含 0.4~0.5%BeO。

为了富集鍍，採用一系列鍍礦石的精選方法以便進行技術操作过程。

过去鍍礦石精選主要是用手選法，最近提供了用氫氟酸或用有硫酸的鹼金屬的氟化物溶液預先处理后，再用油酸和松根油來浮選的方法。

有时为了保存大塊綠柱石的晶体，將礦石（塊大至 125 毫米）在無破碎介質的管磨机中粉碎，然后以粗浮選法或手選法分离晶体，以后在球磨机中粉碎剩余的礦石，再選別它。用浮選法分离輝鉬礦和螢石。綠柱石殘留於浮選尾礦中。

BeO 在綠柱石精礦中的含量为 10~13%， $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量不低於 75~78%。

日光榴石礦石可以用重力選礦或靜電分离法進行精選。

第 60 節 处理鍍精礦的方法

在工業上有实际价值的主要为鍍精礦，鍍精礦处理后的最終產物为 BeO 或氯化鍍。

为了回收鍍，鍍精礦的分解可用一系列的方法，这些方法可以依据分解用的反应剂的特征而進行分类。

1. 鹼分解法——以 KOH、NaOH、 Na_2CO_3 、 K_2CO_3 、CaO 水溶液共熔，燒結或用其水溶液处理，然后以水冶法分开鋁、矽和鍍的化合物。

2. 用矽氟酸鈉燒結而生成鍍氟酸鈉，鍍氟酸鈉在用鹼处理后就轉变为氫氧化鍍，焙解氫氧化鍍就可得氧化鍍。

3. 蒸餾氯化鍍的氯化法，氯化鍍可直接用於電解法生產鍍。

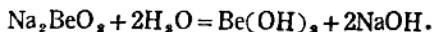
鹼分解后，通常取得含鍍化合物和雜質（主要是鋁鹽、鉄鹽和矽酸）的溶液。

要从上述溶液中分离出鍍的方法很多，这些方法是根據鍍，鋁，鉄和矽的化合物各不相同的性質而採用的。

1. 硫酸鹽法，此法基於將硫酸鍍与呈鋁鉍簪狀沉淀的鋁分离。

2. 水解法，此法基於用苛性鹼与綠柱石共熔时（沸騰时）所得

的鉍酸鹽與鋁酸鹽具有不同水解性能而生成 $\text{Be}(\text{OH})_2$ ：



3. 氨法。用氨或硫化鉍處理含鐵、鋁和鉍的溶液時，首先沉淀析出氫氧化鐵和氫氧化鋁，這樣就可以將鉍與大多數雜質分開。

4. 草酸鹽法。用濃草酸鉀溶液處理含鉍的溶液時即生成微溶的草酸鉍鉀 $2\text{BeC}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$ 復鹽，而雜質的草酸鹽能很好溶解。

第 61 節 提取鉍的硫酸鹽法

硫酸鹽法是上述方法中是最普遍的，硫酸鹽法的根據是鉍與鋁不同，不能生成礬以及鋁鉍礬在硫酸鉍和硫酸鉍的溶液中的溶解度很小。

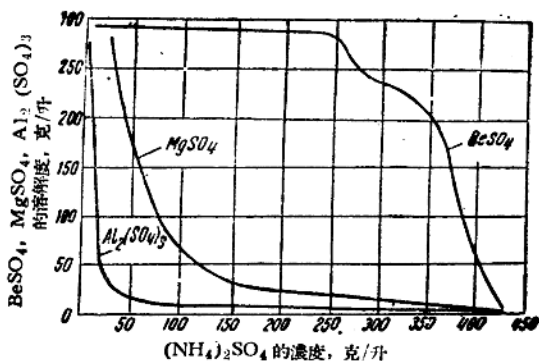


圖 83 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 BeSO_4 和 MgSO_4 的溶解度與硫酸鉍溶液濃度的關係

圖 83 所列為 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 BeSO_4 和 MgSO_4 的溶解度與硫酸鉍溶液濃度的關係。當 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 溶液濃度為 100 克/升或以上時，鋁鉍礬的溶解度較小（5~8 克/升），硫酸鉍的溶解度 [$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 濃度達 250 克/升左右時] 則為約 300 克/升溶液。硫酸鎂（鎂——鉍精礦中的常見雜質）的性能與硫酸鋁相似，也就是在有硫酸鉍存在時僅微微溶解。

圖 84 所列為硫酸鹽法處理鉍精礦的技術作業程序圖。

共熔。將與石灰混合成比例為 2:1 的精礦放在有碳素爐襯的電