

中等專業學校教學用書

有色重金屬冶金學

第二卷 第二分冊

Ф. М. ЛОСКУТОВ 著
方紹富等譯

高等教育出版社

中等專業學校教學用書



有色重金屬冶金學

第二卷 第二分冊

Ф. М. 羅斯庫托夫著
方紹富等譯

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金科技書籍出版社（Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии）出版的采德列爾（А. А. Цейдлер）和羅斯庫托夫（Ф. М. Лоскутов）所著“有色重金屬冶金學”（Металлургия тяжелых цветных металлов）1951年版譯出。原書經蘇聯有色冶金部教育司審定為中等技術學校教學參考書。

原書分二卷出版：第一卷內容為銅鎳冶金和煙塵捕集；第二卷內容為鉛和鋅冶金，係由羅斯庫托夫執筆。

第二卷中鉛冶金部分已由中南礦冶學院傅崇說譯出，作第二卷第一分冊出版；本書係鋅冶金部分，作第二卷第二分冊出版。

本書由中南礦冶學院有色金屬冶煉教研組方紹富、汪鍵、羅耀天合譯，趙天從校對。

本書第二卷第一分冊由商務印書館出版，自第二卷第二分冊起改由本社出版。

有色重金屬冶金學

第二卷 第二分冊 書號266(譯244)

羅 斯 庫 托 夫 著

方 紹 富 等 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上海天通基路一九〇號

開本850×1168 1/32 印張4 1/2 字數 110,000

一九五五年三月上海第一版 印數 1—2,500

一九五五年三月上海第一次印刷 定價 七角七分

第二分册 目錄

第九章 概論,礦石及精礦	205
簡史	205
鋅的性質及用途	206
鋅生產的統計及產鋅中心	208
鋅礦及鋅精礦	208
鋅的提煉法	211
第十章 鋅精礦的焙燒	213
焙燒的分類及其一般特徵	213
氧化鋅礦及精礦的焙解	215
鋅精礦氧化焙燒的理論	218
生產粉末狀焙砂的鋅精礦氧化焙燒的實踐	222
燒結焙燒的理論實質	234
燒結焙燒的實踐	238
飄懸狀態的焙燒	242
第十一章 蒸餾罐及凝結器的生產。延伸器	247
概論	247
粘土蒸餾罐的生產	247
碳化矽蒸餾罐的生產	253
凝結器的生產	254
延伸器	255
第十二章 鋅的蒸餾	256
鋅蒸餾的理論	256
鋅蒸氣凝結的理論	262
蒸餾爐的構造	265
平罐煉鋅	270
豎罐煉鋅	273
電爐煉鋅	276
第十三章 鋅的精煉	279
概論	279

熔析法	280
鋅的重蒸餾	281
第十四章 浸出	287
概論	287
精礦各成分在浸出時的行為	290
硫酸鋅溶液中雜質的清除	296
浸出車間的主要設備及其操作	299
浸出車間及其作業	311
第十五章 鋅的電積	313
鋅電積的理論	313
電解槽的構造	318
鋅電積的實踐	324
鋅電積的技術指標	328
鋅的其他提煉法	330
第十六章 電解鋅生產中產物的處理	334
陰極鋅的熔化	334
浮渣的處理	337
鋅渣的處理	338
銅錫渣的處理	338
參考書目	340

有色重金屬冶金學

第九章 概論，礦石及精礦

簡 史

關於金屬鋅最早的報導是在公元前五世紀。

鋅最初產於印度。中國出產較遲。中國人的煉鋅經驗可能是由印度傳來的。在那樣遠古的年代裏，在坩鍋內加銅和炭熔煉氧化鋅礦石時，人們就在小型煉爐內獲得了鋅黃銅合金。

在十五至十六世紀年代，在歐洲加爾茨 (Гарц) 山區曾出現規模不大的鋅生產。但在掌握過程時遇到的困難未曾得到克服，遂使歐洲的鋅生產長久地停頓起來。

1850 年美國紐約才建立第一個煉鋅廠。十九世紀末鋅的蒸餾在比利時、法蘭西及其他國家曾得到很大的發展。

上世紀八十年代就已開始尋求水冶提鋅法，並且有人申請了第一次的專利權。

1909 年俄羅斯工程師拉興斯基 (Лащинский) 首次按照現代水冶法建立提鋅設備，而成功地獲得了電解鋅。六年之後，即 1915 年，在加拿大特瑞爾和美國安那康達兩地才建立了用水冶法提取鋅的工廠。在以後的年代裏水冶鋅曾獲得很大的發展。現代大約全部鋅產的 $\frac{1}{3}$ 是用這種方法提取的。

自 1920 年起在有便宜電能的地區出現了大型的電阻電爐以蒸餾提煉液體鋅。但電熱煉鋅迄未獲得發展。

我們國家的鋅工業發生在北高加索 [薩頓斯克 (Садонск) 鉛鋅

礦床]。

薩頓斯克礦床多多少少地合理的開拓開始於1839年。1859年在距薩頓斯克礦區36公里靠近阿爾頓河(Ардон)曾建立了一個不大的阿拉吉爾(Алагир)冶金工廠。阿拉吉爾工廠開始是經常地熔煉鉛和銀。雖然礦石含鋅比含鉛大兩倍但未從事提取。在薩頓斯克礦探的多金屬礦石曾加以檢選,檢出的鋅礦石送往廢石堆並不處理。

從1891年起許多國家從這些廢石堆裏取出的鋅礦輸送出口。

1898年中期在弗拉基卡夫卡茲(Владикавказ),即現在的德昭德日卡(Дзауджика),曾建有冶煉工廠,但從1902年以後也才有鋅精礦的焙燒。因為鋅精礦原料的儲藏量很大,所以有一部份送往巴庫硫酸廠從事焙燒。燒成的鋅精礦輸往國外。

在這個唯一的工廠裏鋅熔煉量最大的時候是在1911,1912及1913年,那時每年曾生產鋅約三千噸。自己生產的鋅僅能滿足國家需要的3—5%。

在斯大林五年計劃年代裏,鋅工業始有了迅速的發展。

由此可見,蘇聯的鋅工業是在革命後的時期中創造的。鋅工業還在繼續向前發展;可以預料許多巨大的鋅企業將要建立並從事生產。

鋅的性質及用途

鋅是藍白色的重金屬。鋅的熔點為 419.4° ,沸點 906° ,比重7.13。鋅成六方晶系結晶。澆鑄的溫度愈高和冷卻愈慢,則鋅的結晶構造表現得愈強烈。

有種意見認為鋅是多晶形。最新的研究工作指出鋅並無變態,而不正確的解釋或是由於含有雜質或是由於再結晶^①所引起

① 波契瓦爾(A. A. Бочвар),金相學,第310頁,1937。

的。

冷鋅性脆而不能壓延。在 $100-150^{\circ}$ 時鋅變成有這樣的延性與可塑性，致能壓延出極細的達 0.05 公厘的薄片，而在 250° 時鋅又變脆。

鋅在乾燥空氣中無變化，但在濕空氣，或含有二氧化碳及氧的水中，其表面則蓋上一層由 $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ 組成的薄膜。它能防止鋅錠繼續深入地氧化。鋅在熔融狀態與鐵生成金屬化合物，後者能保持到鋅冷卻以後；所以鋅最普遍的用途是鍍鋅。每年成千上萬噸的鋅消耗於鍍金屬絲、釘子、板料、管子、鋼鐵製品、船舶裝置及各種各樣的鋼結構。鋅作為一種保護金屬在許多方面是無與倫比的。

世界上全部鋅產量約有一半是用於鍍鐵製品以防止腐蝕。

鋅與許多有色金屬容易生成合金。其中最重要的是鋅銅合金——黃銅。

鋅與銅錫的合金叫做青銅。許多種青銅廣泛地應用在機器構造上。鋅與銅鎳的合金叫做白銅和德國銀，而與鉛、錫和銻的合金則叫做耐磨合金和“印刷合金”。

鋅合金應用於機械構造、軍事工業（彈殼黃銅）、汽車工業、運輸業以及其他許多生產上。

由於鋅有抗蝕性常以壓延狀態應用於製造容器、各種細小物件及鍛製品，生產無線電設備及電報的構件等。

鋅的氧化物和硫化物應用於顏料工業。

近年來鋅消費於壓力鑄造曾顯著地增長，因為低的熔點及其流動性有利於澆鑄；它能完全地充滿所有模內極細微的彎曲。壓力鑄造須應用較純的鋅，當其中加有銅、鋁及鎂時可獲得更良好的結果。汽車工業需要這種產品，大量用於製造各種細小零件（裝具、活塞、拉手等）上。

氧化鋅廣泛地利用於橡膠工業，為處理橡膠時的填充劑。它能增強橡皮車胎抵抗磨損，並由於其高的導熱性能散去汽車運動時車胎摩擦和壓縮所產生的熱。

氯化鋅應用於處理木材(電話及電報木桿，扁擔)作為防腐劑。

鋅生產的統計及產鋅中心

鋅的提煉法過去的研究與運用遠落後於其他有色重金屬，例如銅與鉛。十九世紀之初全世界生產的鋅每年共約九百噸，而銅則為鋅的八倍，鉛甚至在二十五倍以上。到了現代，鋅的產量與鉛差不多，而比銅僅略少一些。

大部份鋅的生產集中在美國(表 11)。比利時、加拿大及若干其他國家也是大的鋅的生產者。

在鋅工業中礦石開採與金屬提煉發生了很大的地區上不協調現象，此點說明如下。富的鋅精礦(55—60%)有時要輸送很遠的距離。這件事的發生是因為，如果其中所含的硫也認為是對生產硫酸有用的物料，則鋅精礦中所含廢石約僅有 15%。電解鋅的生產趨向於有便宜電能的源地。蒸餾法煉鋅通常建立在那些具有燃料和優良耐火粘土的地方，因為生產每噸金屬對燃料和耐火材料的消耗大大超過了鋅精礦的消耗。因為蒸餾煉鋅法要求富有經驗和高度熟練程度的操作人員，所以在新地區組織這個作業會有這樣大的困難，以致有時寧願將鋅精礦送往遠離其產地加以處理。

鋅礦及鋅精礦

自然界未曾發現天然鋅。鋅在礦石中成氧化物或硫化物。鋅礦石由其所含鋅為何種化合物而分成硫化礦和氧化礦。

鋅在硫化礦中主要成閃鋅礦(обманка 或 сфалерит)(ZnS)礦物形態。純淨形態的閃鋅礦呈黃色，含 67.1% Zn 及 32.9% S。

表 11 各外國的鋅產量(千噸)

國 家	1913	1929	1932	1933	1937	1938	1939	1944	1945	1946	1947	1948	1949
歐 洲													
利 時 國	204.2	197.9	90.3	137.3	225.6	208.7	184.2	8.6	10.8	80.3	132.0	152.5	175.2
英 國	59.1	59.2	27.3	41.7	63.1	55.7	52.5	72.6	62.5	65.9	68.8	72.6	64.6
德 國	281.1	102.0	42.0	50.9	182.0	191.0	229.2	297.6	—	14.7	20.6	41.4	86.9
荷 蘭	24.3	25.7	15.6	18.5	24.5	25.1	20.4	2.1	—	2.0	9.5	13.6	15.5
西 班 牙	6.9	11.8	9.2	8.5	5.2	7.6	11.3	17.4	17.2	17.1	19.7	21.0	19.2
大 意	—	15.7	17.6	22.2	37.7	33.8	36.0	6.0	1.5	15.5	23.9	26.5	26.4
波 蘭	7.6	169.0	85.0	84.7	108.5	109.9	117.0	— ^②	35.7	— ^③	— ^③	— ^③	— ^③
威 爾 斯	9.3	6.0	39.4	44.9	40.9	46.1	43.5	12.0	10.9	30.8	34.3	41.7	47.1
挪 威	64.1	91.6	49.3	55.5	60.0	61.7	62.2	8.3	8.0	29.5	44.8	55.4	60.4
美 洲													
美 國	—	78.1	78.2	82.8	142.8	154.5	158.1	151.4	165.2	167.1	160.4	177.0	186.1
加 拿 大	1.0	15.1	30.4	27.9	36.3	35.6	37.9	46.3	48.5	48.0	47.7	50.2	52.3
墨 西 哥	320.3	573.0	192.2	292.2	505.2	401.7	456.5	782.4	688.1	655.4	722.2	709.0	734.8
亞 洲													
日 本	1.5	19.8	27.0	30.7	45.1	49.6	54.5	60.1	29.4	11.1	14.7	21.0	32.1
澳 大 利 亞	4.2	50.8	53.7	54.8	70.3	70.4	70.2	79.6	84.4	76.9	70.0	82.4	81.5
非 洲													
津 巴 韋 亞	—	12.3	—	18.8	14.1	10.3	12.8	14.6	15.4	17.3	21.3	22.3	23.0
其 他 國 家	—	19.5	11.5	13.0	8.4	8.3	9.4	2.4	2.9	3.1	3.7	3.0	3.8
所 列 各 國 總 計	983.6	1447.5	774.7	984.4	1549.7	1470.0	1567.7	1180.5	1284.7	1393.6	1489.6	1602.7	

① 從 1946 年起，所列鋅產量僅限於西德。

② 已包括在德國數字內。

③ 有關生產數字未公佈。

鐵的混雜則使閃鋅礦呈褐色甚至黑色。

硫化鋅在自然界中亦有其他礦物形態——纖維鋅礦。

硫化鋅常與硫化鐵結合成鐵閃鋅礦（марматит 或 христофит）的礦物形態。這些硫化物是不可能用選礦方法分開的。

硫化鋅礦物在礦石中常與鉛、銅、鎳、錳及其他金屬的硫化物共生。自然界中通常遇不到純淨的鋅礦石。鋅礦同時多半也是鉛礦，而有時也是銅礦。

薩頓斯克，布龍斯克（Буронск），西赫特-阿令斯克（Сихте-Алинск），薩拉依爾斯克（Салаирск）等礦床都是鉛鋅硫化礦。烏拉爾的卡爾普興斯克（Карпушинск）的礦床是銅鋅硫化礦。

列寧果爾斯克（Лениногорск）及鄒爾亞諾夫斯克（Зыряновск）礦床，除鋅之外，含有大量的鉛和銅。

鋅礦中的脈石包含有石英、粘土、碳酸鈣與碳酸鎂、重晶石及若干其他成分。

從前主要是從氧化物礦石提煉鋅，但到現在它們大半已告罄盡。因此，在現代鋅的冶金中氧化礦僅起着次要的作用。硫化鋅礦石是鋅生產的主要原料。

鋅含在氧化礦石內的形態主要是菱鋅礦（ $ZnCO_3$ ），異極礦（ $H_2Zn_2SiO_5$ ），硫酸鋅礦（ $ZnSO_4$ ）及若干其他礦物。

鋅礦石，由於其中鋅的含量不高（3—10%），並不直接送往作冶煉處理。這種礦石須預先施以浮選富集。

欲從脈石完全分出硫化物礦石須磨得很細。但是甚至磨得很細亦不能使與脈石完全脫離。

爲了富集除鋅之外還含有其他有價值有色金屬的多金屬礦石，應用優先浮選法。優先浮選的目的是儘可能地分開多種礦石的礦物而獲得單金屬的精礦。優先浮選很廣泛地應用於選礦並且在技術上具有很大的價值。

近年來有色金屬礦石的浮選處理, 無論就金屬高的回收率, 或就其大的富集程度而論, 都已達到很大的成功。現代的冶煉廠由於浮選才有了富而純的鋅精礦。

精礦中鋅的含量在 50—55% 範圍之內。在最好的場合下送往冶煉的精礦原料, 含 58—60% 甚至 62% Zn。在這樣的精礦中閃鋅礦的含量達 90—93%, 而所有雜質部份僅餘下 7—10%。

處理這樣富集而純淨的原料比較簡單得多, 並較易達到更高的經濟技術指標。所以提高鋅精礦的質量是很重要的問題。在參考書^①中表示的意見是: 鋅精礦應當含鋅不低於 55%, 鉛不高於 2% 及鐵不高於 8%。亦曾指出藉用鋅精礦的再浮選可希望使鎘分離成單獨的富集產品。

鋅的提煉法

現代工廠產鋅採用: (1) 火冶法(蒸餾法)或(2)水冶法(電解法)。

蒸餾法煉鋅, 首先要將硫化鋅精礦加以焙燒, 使硫化鋅氧化成氧化鋅。在焙燒爐內所得的二氧化硫氣體通常加以利用以生產硫酸。燒成的精礦與還原劑煤混合, 並將所得的混合物(爐料)在特製的容器(蒸餾罐)內加熱至高溫(1200—1300°), 氧化鋅便還原成金屬鋅。因為鋅的沸點為 906°, 而氧化鋅活躍的還原是在更高的溫度, 那末它在產生的頃刻就是處於蒸氣狀態。鋅蒸氣由蒸餾罐進入另一容器(凝結器), 在其中聚集而成液體狀態。蒸餾法亦稱乾法, 與第二種方法, 濕法相區別。

用水冶法或濕法時, 燒成的鋅精礦首先用硫酸水溶液加以處理。鋅經受這樣處理時即轉入溶液(浸出)變成硫酸鋅。鋅由這些溶液用電解法加以提取。當用水冶法提鋅時需要消耗大量的電

① 契日科夫(Д. М. Чижигов)有色冶金學, №1, 第 26 頁, 1941。

能，所以這個方法要應用在具有便宜電能的地方。

蒸餾法煉鋅比較陳舊。水冶法的出現為時尚不久遠；第一個大規模的工廠在 1915 年才開工。

不久以後水冶法就獲得很廣泛的推廣，這是由於它本身具有很多優點：鋅的高回收率，金屬的高純度，繁重操作的機械化，勞動條件的改善，精礦有價值的組成成分的綜合利用等。現代用這個方法生產着約佔全世界總產鋅量的 30—35%。

煉鋅工業多半採用這種進步的水冶法。

近年來鋅的蒸餾會由許多成就得到充實。在許多國家內出現了並相當廣泛地推廣着更現代化的豎罐蒸餾煉鋅法，利用了有效的鋅的精煉法（精餾法），改善了蒸餾罐的質量（利用碳化矽蒸餾罐），改善了蒸餾爐的構造及加熱方法等等。

近年來曾試驗過電熱蒸餾煉鋅法。電熱法的本質與蒸餾法並無不同，而這些方法間的差別僅在於被處理物料的加熱方法有所不同。用蒸餾法時爐料係靠燃料燃燒所生的熱力由外面通過蒸餾罐壁加熱，而用電熱法時爐料係藉電流在內面加熱，並且爐料本身就是電阻體。

電熱法在工業上尚未獲得推廣而採用的比較少。電能的大量消耗及鋅蒸氣凝結時所遭遇的相當大的困難是電熱法的主要缺點，而且阻礙了它的普及。

第十章 鋅精礦的焙燒

焙燒的分類及其一般特徵

焙燒是用任何方法從精礦中提取鋅時的第一個冶金作業。

依照燒成的精礦的物理狀態，焙燒可區分為：(1)粉末焙燒及(2)結塊焙燒或燒結焙燒。粉末焙燒係在不超過 900—1000° 溫度下進行，而同時產出的焙砂不成結塊狀態。燒結焙燒係在較高溫度(1200—1300°)下進行，因此，在燒成的精礦中出現少量液相，待其冷卻時即成燒結焙砂。當燒結焙燒時得到成結塊的焙砂——燒結礦。

依照過程的化學實質區分，有以下數種焙燒形式：(1)焙解，(2)氧化焙燒，(3)硫酸化焙燒，(4)還原焙燒及(5)氯化焙燒。

焙解當由碳酸礦提鋅時應用之。其過程係將氧化礦或精礦加熱到這樣的溫度，屆時鋅和其他金屬的碳酸物實際上可完全分解(離解)，生成各種金屬的氧化物和二氧化碳，其通用的反應式為：



氧化焙燒應用於各鋅工廠，為準備硫化物精礦作以下的處理——即作蒸餾或浸出。焙燒的目的是從精礦中除去硫以及成揮發氧化物形態的砷和銻，並產出主要由金屬氧化物組成的焙砂。

當硫完全除掉時，這個過程就稱為“死燒”。除上述目的外，對鋅精礦的焙燒，通常還提出獲得足夠濃(強)度的適於生產硫酸的二氧化硫氣體的任務。

在某些工廠中，當焙燒時還力圖藉昇華作用從精礦中除去鉛和鎘。

在蒸餾工廠裏，燒成的鋅精礦在焙燒過程中加以燒結，以便能夠蒸餾顆粒在 1—5 公厘大小的燒結礦。這樣的顆粒給予蒸餾爐

料以大的氣孔率，可以改善鋅的還原及過程的技術指標（降低燃料和蒸餾罐的消費，提高鋅的回收率等）。

部份硫酸化焙燒的目的在於使若干數量的金屬硫化物變成易於溶解的金屬硫酸物。水冶鋅廠對焙燒提出以下的要求：（1）儘可能地將金屬硫化物完全氧化，並在焙砂內產出金屬氧化物及少量金屬硫酸物（焙砂內硫酸物硫的含量應為3—4%）；（2）使砷和銻氧化，成揮發性氧化物形態從精礦中除去；（3）在焙燒時產出較少的不溶於稀硫酸溶液的亞鐵酸鋅；（4）產出含 SO_2 濃厚的焙燒氣體用以製造硫酸；（5）產出焙砂成細粉末形態，以利於浸出。

由此可見，鋅電解工廠的焙燒是個氧化過程，但生成較多的硫酸物。焙燒係在低溫下於氧化氣氛中進行，這時待提取金屬的硫酸鹽實際上不分解。在焙燒爐內，藉空氣的徐緩流入維持適度的通風，以便較完全地生成硫酸物。

還原焙燒主要應用於處理鋅生產上所得的各種廢物（蒸餾殘渣，過濾渣），其中含鋅多半為氧化物形態。將煤加入這種物料內，並將所得的混合物（爐料）在還原氣氛中加熱到高溫（1100—1200°）。這時氧化鋅還原為氣態鋅，連同廢氣揮發而出，並在途中重新氧化為氧化鋅。後者以煙塵形態收集於適當的除塵器內。還原焙燒也能夠在處理不經過選礦的複雜氧化鋅礦時，得到應用。

氯化焙燒的目的在於使有價值的金屬硫化物及氧化物轉變為可溶的氯化物。氯化作用可用食鹽、氣態氯或其他氯化劑（例如，氯化鈣、氯化鎂及其他）來實現。在操作過程中，要保持氧化氣氛及低於氯化物離解的溫度。氯化作用進行得十分迅速。氯化物留在焙砂內，並部份地隨廢氣揮發而去。氯化物的揮發量決定過程的溫度，操作時間及它們的性質。當使氯化物揮發時就要設法更完全地加以收集。在鋅冶金中氯化焙燒尚無採用者。

在燒結機上的焙燒，依照過程的性質，既可用於焙解，又可用

於氧化焙燒。這時由於在高溫 (1200—1300°) 下加速了焙燒過程使焙砂發生燒結，產生矽酸鹽及易熔的共熔體，局部地使焙砂熔融並固結在一起。在燒結機上的焙燒具有很重大的意義，並應用所有現代的蒸餾工廠裏。

許多鋅蒸餾工廠通常在第一次粉末焙燒時將大部份的硫從精礦中燒去，在半燒成的精礦中遺留以第二次燒結焙燒所需要的硫量。這種氧化粉末焙燒與燒結焙燒的配合，可使硫很完全地燃燒，並得到蒸餾過所需要的結塊形態的焙砂。因為焙燒係同時用兩種方式進行，所以叫做兩級或雙程焙燒法。有一些工廠，當粉末焙燒時在半燒成的精礦內所留的硫多至 7—8%，以便其足夠進行第二次燒結焙燒之用而不須消耗額外燃料。在另外一些工廠，粉末焙燒進行得較完全，在半燒成的精礦內僅留着 3—4% 硫化物硫。半燒成精礦中所缺的燃料加 4—5% 的煤或焦屑以補充之，並將所得的混合料施行燒結焙燒。這樣作是為了使鍋能更完全地揮發，然後由較富的灰塵內更易加以提取。

比較用得少的是所謂單程焙燒法。硫化鋅精礦的焙燒和焙砂的燒結在這種過程中是一次完成的，這就是為什麼本方法叫做單程焙燒法。原精礦與破碎後的脫硫燒結礦按這樣的比例混合，即使料中含硫化物硫約 6%。

為此，要求每份原精礦配以 4—5 份返回燒結礦；將這種料細心地加以攪拌，濕潤並施行燒結焙燒。由所得燒結礦中僅有 $\frac{1}{4}$ 或 $\frac{1}{5}$ 送往蒸餾，而其餘燒結礦則全部加以破碎並送回配料間供準備新的爐料。嚴格地說，單程焙燒實際上就是多程焙燒，因為在這個過程中，同一精砂係經過多次返復的燒結。

氧化鋅礦及精礦的焙解

從前，許多鋅蒸餾工廠主要是處理氧化鋅礦。鋅含在這些礦

內的主要形態為菱鋅礦(ZnCO_3)，菱鋅鐵礦 $[(\text{ZnFe})\text{CO}_3]$ ，異極礦($\text{H}_2\text{Zn}_2\text{SiO}_2$)及若干其他礦物。其他金屬在氧化礦內也成碳酸化合物：菱鉛礦(PbCO_3)，菱鎂礦(MgCO_3)，菱鐵礦(FeCO_3)及其他。

焙解的目的是儘可能地完全分解碳酸鹽，並除去同時生成的二氧化碳氣體，除去若干鋅礦物(異極礦及其他)中的結晶水並給予礦石更大的氣孔率，後者是礦石的寶貴性質，使容易在蒸餾罐內還原。

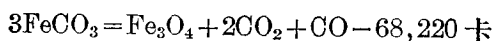
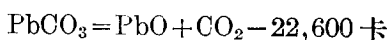
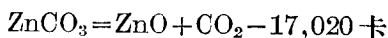
焙解溫度決定於鋅礦中主要碳酸鹽的分解溫度，並波動於 $600-800^\circ$ 範圍內。

碳酸鋅(ZnCO_3)在 300° 溫度時，一小時內就可完全分解。碳酸鉛(PbCO_3)，碳酸銀(Ag_2CO_3)及碳酸鎘(CdCO_3)也在低溫時分解。

其他碳酸鹽在以下各溫度分解： FeCO_3 在 $380-400^\circ$ ； MnCO_3 在 525° ； MgCO_3 在 570° ； $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ 在 $750-895^\circ$ ； CaCO_3 在 895° 。

碳酸鋇在更高的溫度(1100°)時才分解。

鋅礦砂中主要碳酸鹽的離解(分解)按下列反應進行：



鐵和錳鹽^①分解時析出的二氧化碳，可氧化金屬的亞氧化物，因此同時獲得成 R_2O_4 型的鐵錳氧化物。

焙解鋅礦時，其重量減少 $20-30\%$ ，而鋅的含量相應地增高。因此，當處理預先燒成的鋅礦時，蒸餾罐的按鋅計算的生產率就可

① 巴甫羅夫(M. A. Павлов)院士，鐵冶金學，第2版，28頁，1935。