

高等學校教學用書

冶 金 學

普 通 教 程

下 冊

Г. А. ШАХОВ 著

東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



冶 金 學
普 通 教 程
下 冊

Г. А. 沙 霍 夫 著
東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯

高等~~校~~教育出版社



本書係根據蘇聯國立黑色與有色冶金書籍科技出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的 Г. А. 沙霍夫 (Шахов) 教授所著“冶金學普通教程”(Металлургия общий курс) 1948年增訂版譯出的。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教科書。

本書共十篇,分上下二冊出版:上冊內容為鐵、鋼、銅、鎳及鉛之冶煉;下冊內容為鋅、金、鋁、鎂及錫之冶煉,以及爐氣之淨化。

書中主要部分——有色金屬冶煉為東北工學院冶金系有色金屬冶煉教研組陳季雲、王彭年、王希賢、王延明、王格、姜淵、劉德育、沈時英八同志所譯。黑色部分為煉鐵教研組張清澍、劉福三兩同志所譯。

冶 金 學

普 通 教 程

下 冊

書號5(課5)

沙 霍 夫 著

東北工學院冶金系有色冶煉教研組譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 瑞 瑤 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

文 明 印 刷 所 印 刷

開本850×1168 1/32 印張9 8/16 字數 244,000

一九五四年五月上海新一版 印數 4,001—5,000

一九五五年六月上海第二次印刷 定價(7) 洋1.20

26551 / 96

下 冊 目 錄

第五篇 鋅冶金	303
第十九章 概說	303
1. 歷史概述	303
2. 鋅的性質及其應用	303
3. 鋅的化合物	305
4. 鋅礦石及其處理的方法	306
第二十章 鋅礦及鋅精礦的焙燒	308
1. 氧化礦的煨燒	308
2. 硫化鋅精礦的焙燒	309
第二十一章 蒸餾法	319
1. 蒸餾法的基本原理	319
2. 蒸餾作業時煉料中各種成份的作用	322
3. 鋅蒸氣的冷凝	324
4. 煉料的製備	326
5. 蒸餾作業的蒸餾罐(馬弗)	327
6. 蒸餾爐及其操作	336
7. 蒸餾的產品	343
8. 電熱法提煉鋅	345
第二十二章 粗鋅的精煉與蒸餾殘渣的處理	348
1. 熔析法精煉	348
2. 粗鋅的第二次蒸餾(再蒸餾)	351
3. 蒸餾殘渣的處理	355
4. 從藍粉中提出鎘	356
第二十三章 鋅的濕法冶金	357
1. 濕法冶金的基本原理	357
2. 溶浸	359
3. 溶浸時已焙燒精礦成份的作用	364
4. 濾渣的處理	366
5. 分級與脫水裝置	367
6. 鋅溶液的電解	372
7. 譚通法	379
8. 麻格給布勒格工廠的方法	380
9. 陰極鋅的復熔	381

1468852

第六篇 金冶金	383
第二十四章 一般敘述	383
1. 歷史資料與統計資料	383
2. 金的性質及其化合物	384
3. 含金礦石及其處理方法	387
第二十五章 混汞法	390
1. 混汞法主要的原則和操作過程的記述	390
2. 內混汞法	392
3. 外混汞法	395
4. 汞膏的處理	399
5. 混汞時金的提取	401
第二十六章 重力選礦法	403
1. 在備有絨毛墊的棍上的富集法	403
2. 威爾弗雷德淘汰盤上選礦	407
3. 跳汰機	408
第二十七章 含金礦石的氰化法	410
1. 氰化法的基本原理	410
2. 氰化法的操作方法	416
3. 從泥礦中分出含金溶液及沉澱金的方法	429
第二十八章 各種提金方法的應用以及處理含金礦石的特殊方法	438
1. 各種提金方法的應用	438
2. 含金礦石的浮沫選礦法	440
3. 含銅金礦石的處理	441
4. 含砷銻礦石的處理	441
5. 含碲礦石的處理	442
第七篇 鋁冶金	444
第二十九章 概說	444
1. 歷史資料與統計資料	444
2. 鋁的性質及其用途	445
3. 鋁礦石	448
第三十章 氧化鋁生產	452
1. 氧化鋁是生產鋁的材料	452
2. 氧化鋁製造方法	452
第三十一章 冰晶石及炭質電極生產	475

1. 冰晶石及氟化鋁的生產	475
2. 炭質電極及陽極糊的生產	478
3. 石墨化電極生產	481
第三十二章 鋁的電冶	483
1. 基本原理	483
2. 電解爐的構造	487
3. 電解操作	492
4. 鋁的精煉	496
5. 氣體回收、電解質再生	501
6. 電熱法熔煉鋁合金	503
第八篇 鎂冶金	505
第三十三章 概說	505
1. 歷史資料與統計資料	505
2. 鎂的性質及其用途	506
3. 礦石與原料	507
第三十四章 無水氯化鎂的生產	510
1. 氯化鎂的脫水	510
2. 氧化鎂的氯化	515
第三十五章 電解熔融氯化物法製鎂	520
1. 熔融氯化鎂電解理論	502
2. 鎂電解槽的構造	525
3. 電解過程技術操作	528
4. 粗鎂精煉	533
第三十六章 熱法製鎂	534
1. 碳熱法	534
2. 矽熱法	537
3. 以碳化鈣還元菱鎂礦	541
第九篇 錫冶金	543
第三十七章 概說	543
1. 歷史概述	543
2. 錫的性質及其化合物	545
3. 錫礦石和精礦	548
4. 錫精礦的處理方法	549
第三十八章 熔煉前錫精礦的預備作業	551
1. 錫精礦的焙燒	552

2. 磁鐵選礦	553
3. 用溶浸法除去雜質	555
4. 低級精礦的富集	556
第三十九章 熔煉錫精礦成粗錫	557
1. 錫精礦製煉法的分類和記載	557
2. 錫精礦還元熔煉時化學的過程	558
3. 錫精礦還元熔煉的產品	561
4. 錫精礦還元熔煉的設備	563
第四十章 粗錫的精煉	567
1. 火法精煉	567
2. 錫的電解精煉	572
3. 電解的廢品和返品	574
第四十一章 返品及廢品的處理	576
1. 重煉爐渣成棄渣	576
2. 從收塵設備中收集的煙塵的處理	579
3. 硬錫的處理	580
4. 精煉渣的處理	580
5. 電解廢品的處理	581
第十篇 爐氣的淨化	582
第四十二章 收塵	582
1. 在煙道塵室中沉澱	583
2. 在旋風收塵器內沉澱	586
3. 爐氣經過棉布或毛布之過濾	587
4. 電氣收塵	591
參考書目	595

第五篇 鋅冶金

第十九章 概說

1. 歷史概述

中國與印度於公元前就已開始採鋅，那時並將鋅與銅製成各種合金運往歐洲，作為裝飾品之用。

沙皇時代鋅的開採是在十九世紀的後半期，在現今的波蘭境內及北高加索地方小量地進行。第一次世界大戰以後，在蘇聯境內只有一個鋅工廠，該廠在弗拉基卡弗卡斯（Владикавказ）城（德撒烏德日喀 Дзауджикау），有蒸餾爐的設備，其總生產量每年約 3000 噸鋅。

偉大的十月社會主義革命以後，鋅工業隨着兩個鋅的火法冶煉廠——康斯坦其諾夫（Константиновский）（頓巴斯）及別羅夫（Беловский）（庫茲巴斯 Кузбасс）——的建立而開始發展。該兩廠於 1931 年開始生產，不久以後，在齊喀賓斯克（Челябинск）及德撒烏德日喀城又建立了鋅的濕法治煉廠。

世界各國鋅的熔煉量（煉出的鋅量）列入表 57 內（不包括蘇聯）。

2. 鋅的性質及其應用

鋅在冷的狀態是脆的金屬；當加熱至 $100-150^{\circ}$ 範圍時，鋅變為有展延性，且能壓延成薄板與金屬線；超過 250° ，鋅失去展延性。鋅的熔點是 419.4° 沸點是 907° 。在含有水蒸汽及碳酸氣的空氣的作用下，鋅表面被氧化成為緻密的鹼性碳酸鹽（основная углекислая соль）的灰色薄膜，此薄膜包覆着金屬，使其不再繼續被氧化。

鋅的這個性質被利用作為被覆物，例如作鐵片、金屬線及其他製品

的被覆物(即鍍鋅 оцинкование),其目的在增大對腐蝕的抵抗能力。鋅在熔融狀態時,與鐵形成化合物。因此,被覆物變為非常穩固,並且製品仍保持自己的機械性能。

表 57 世界各國鋅的產量(不包括蘇聯)千噸

國	家	年					
		1913	1930	1932	1936	1938	1944
美	國	314.5	457.6	193.7	474.6	422.3	782.4
墨	西	—	37.3	30.3	32.2	37.5	46.3
加	拿	—	110.2	78.2	137.6	155.7	151.4
比	利	204.2	176.2	96.3	197.7	210.0	8.3
法	國	64.1	90.7	49.3	53.6	62.2	8.3
德	國	281.1	97.3	42.0	136.4	192.5	300.6
英	國	59.1	49.4	27.3	61.8	56.2	72.6
意	大	—	19.3	17.6	27.0	34.1	15.0
荷	蘭	24.3	23.3	15.6	15.4	25.3	2.1
挪	威	11.4	34.6	39.4	45.0	46.5	12.0
澳	大	4.4	55.7	53.6	70.6	70.9	79.7
日	本	—	24.7	27.0	39.3	50.0	75.0
阿	非	—	18.2	—	21.2	10.4	14.6
其	他	37.7	212.6	106.0	118.7	135.7	167.7
總	計	1000.8	1407.3	776.3	1431.0	1509.3	1736

鋅易溶解於稀無機酸中與鹼中。

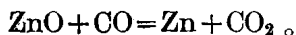
鋅廣泛地應用於工業中。在數量方面,鋅的消耗量與銅、鉛的消耗量差不多。鋅消耗於鐵的鍍鋅方面最多,其次消耗於製造合金(黃銅 латунь、德國銀 мельхиор)等方面。較少量的純鋅消耗於製造鋅板(壓延鋅),此種鋅板用作屋頂蓋,製造火藥箱子及家庭用具等。鋅在化學工業中,使用於製造鋅白、鋅鋁白(литопон)及浸漬木材用的氯化鋅(當作防腐劑)。鋅在冶金工業中,用作從氰化溶液中提取金的沉澱劑,作帕克斯法粗鉛提銀時提取貴金屬之用,以及其他等等用途。

依據製煉的方法,鋅分為兩類——蒸餾鋅與電解鋅。後者含有很

少量的雜質(0.01—0.25%),使用於製造重要的合金及壓力鑄造等。

3. 鋅的化合物

氧化鋅 ZnO 是白色微細的粉狀物,當金屬鋅氧化時、 ZnCO_3 煅燒時以及 ZnS 焙燒時皆能生成。純氧化鋅的熔點尚未明確;有一些雜質存在時,特別是有鐵存在時,於 $1200\text{—}1400^\circ$ 的範圍內開始熔化,在 1200° 時察覺到 ZnO 昇華,到 1300° 揮發慢慢地加快,在 1400° 時揮發就變為十分激烈。氧化鋅能被碳、一氧化碳及氫所還元。被一氧化碳還元的反應,在冶金上具有最大的意義:



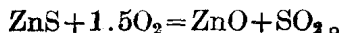
一氧化碳還元氧化鋅的作用非常緩慢,在 600° 時能觀察到,其後隨溫度之升高而增速,超過 800° 時,進行得十分激烈。還元反應的速度還要依據氧化物顆粒的大小及其物理性質而定。鋅蒸氣氧化時所形成的非晶質的微細的氧化鋅,比較煅燒 ZnCO_3 或焙燒 ZnS 所製得的氧化鋅容易還元。

當硫化鋅的焙燒溫度高於 650° 而有三氧化二鐵存在時, ZnO 與 Fe_2O_3 形成鐵酸鋅 $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ (феррит цинка)。隨焙燒溫度的提高以及鐵與鋅的化合物之間緊密接觸時,鐵酸鋅的形成增多。鐵酸鋅不溶於稀硫酸中。

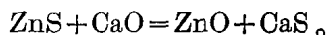
硫化鋅 ZnS 在自然界中以礦物(閃鋅礦)狀態出現。在有硫或硫化氫存在時,加熱金屬鋅可以人為地製得硫化鋅。用硫化氫作沉澱劑可以從溶液中製得硫化鋅。

硫化鋅是難熔的化合物,其熔點尚未精密地確定(據某些報道是 1650°);在 1200° 時, ZnS 顯著地揮發。

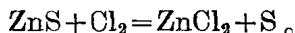
當有空氣存在而加熱時, ZnS 在 480° 慢慢地氧化成 ZnO ;在 600° 及其以上的溫度,氧化反應劇烈地進行:



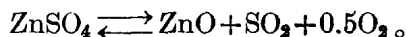
當 1100° 而有 CaO 存在時, 硫化鋅按下列方程式相互作用:



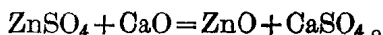
在氯氣氣氛中加熱時, ZnS 變為氯化鋅:



硫酸鋅 ZnSO_4 在自然界發現的非常稀少。焙燒閃鋅礦時形成硫酸鋅; 在 400° 煅燒皓礬的結晶也能夠製得硫酸鋅。硫酸鋅易溶於水中。硫酸鋅的分解在 600° 可以被觀察到, 在 800° 激烈地進行。在 850° 附近其分解張力達到 1 大氣壓:

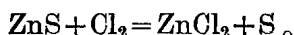
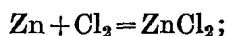


當有 CaO 存在時, 硫酸鋅與其相互作用而形成氧化鋅及 CaSO_4 。在 850° 時反應進行得非常激烈:



石英不影響於硫酸鋅的分解速度, 因為矽酸鋅的形成溫度較高。在 700° 以下, 氧化鐵對硫酸鋅不發生影響, 而當較高的溫度時, 加速硫酸鋅的分解, 這是由於形成鐵酸鋅的緣故。硫酸鋅還元成硫化鋅在 800° 以上才發生, 此時較大部份的硫酸鋅已分解而形成 ZnO 。因此, 僅一部份硫酸鋅在還元氣氛中變為 ZnS 。

氯化鋅在低溫下將氯作用於金屬鋅、 ZnO 及 ZnS 上, 皆形成 ZnCl_2 :



ZnCl_2 的熔點是 262° , 沸點是 730° 。在 500° 左右 ZnCl_2 顯著地揮發 (489° 時其蒸氣壓等於 5.8 毫米水銀柱)。氯化鋅易溶於水中。

4. 鋅礦石及其處理的方法

閃鋅礦 ZnS (цинковая обманка) 與菱鋅礦 ZnCO_3 (смитсонит) 是形成鋅礦石的主要礦物。硫化鋅常常與硫化鐵形成類質同像混合物

$3\text{ZnS} \cdot \text{FeS}$ (изоморфная смесь), 這種混合物即是有名的所謂鐵閃鋅礦 (марматит)。在鋅礦石中所遇到的次要礦石, 應該着重指出的, 是異極礦 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (каламин)。

在鋅工業發展的初期, 含有菱鋅礦的氧化礦礦床具有最大的意義。在近代, 鋅主要是從含有閃鋅礦及方鉛礦的多金屬硫化礦 (鉛鋅礦) 中提煉出來。

單金屬的鋅礦石的礦床發現的比較稀少。在鉛鋅礦石中, 發現的伴生金屬有銅、鎢、銻、砷、金、銀等。礦體中的脈石係由黃鐵礦、石英、矽硫鉛等所組成。多金屬礦的礦產地及其化學組成業於“鉛冶金”篇中述過。

多金屬的鋅礦首先要經過選礦, 其目的在分開鋅與鉛 (或銅) 的礦物, 並提高選得的精礦中金屬的含量。所得的鋅精礦, 用火法冶金或濕法冶金處理。濕法冶金從 1914 年開始應用於生產, 彼時電解法已完全地研究出來。現在提煉鋅用兩種方法進行。處理鋅精礦方法的選擇是依據經濟條件及所製鋅的用途而定。

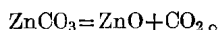
火法冶金 (пирометаллургический способ) 將已死焙燒的鋅精礦, 在有煤存在的條件下, 置於密閉的蒸餾罐內加熱到 1200° , 則從氧化鋅中還元出來的鋅氯化; 此後, 當鋅蒸氣冷卻時, 冷凝成溶體狀態。將所得含有雜質的粗鋅再進行精煉。

濕法冶金 (гидрометаллургический способ) 該法是先焙燒鋅精礦, 然後用稀硫酸溶液浸出鋅。在除去浸出液的雜質後, 其溶液進行電解; 所得的陰極鋅, 再行熔化, 並鑄成鋅塊。

第二十章 鋅礦及鋅精礦的焙燒

1. 氧化礦的煨燒

“燒”含有 ZnCO_3 與其他碳酸鹽以及含水氧化物的鋅的氧化礦 (окисленная руда), 其目的在驅除 CO_2 與 H_2O , 以及使礦石碎裂。這樣的“燒”很像燒石灰石 (CaCO_3), 因而名之為煨燒 (кальцинирование)。當煨燒時, 碳酸鹽的化合物被分解, 而形成氧化物:



煨燒所得的產物計為礦石重量的 70—75%。礦石煨燒之後, 變為多孔性, 這種多孔性, 在以後的蒸餾過程中, 增高其被一氧化碳的還元性。

蒸餾鋅的操作可以直接採用氧化礦 (未經煨燒的)。但在這種情況下, 鋅蒸氣在相當程度內為水蒸汽與 CO_2 所稀釋, 這就使冷凝的條件惡化, 並引起鋅蒸氣的氧化。除此之外, 在蒸餾罐內的蒸餾作業是在較煨燒溫度為高的條件下進行, 因此, 從礦石直接製鋅, 其燃料總的消耗較高的多。

在 400° 以上, ZnCO_3 的分解激烈進行。在礦石中也常常有其他的碳酸鹽存在, 這些碳酸鹽的分解是在較高的溫度時發生, 因此, 煨燒要在 900° 以下進行。由於 ZnO 的還元與鋅的蒸發, 煨燒不應當在煤的消耗多與較高的溫度下進行。

煨燒塊礦採用豎式爐; 煨燒碎礦, 採用圓筒狀旋轉爐或機械耙動爐。

豎式爐 (шахтная печь) (圖 102) 的橫斷面是圓形。在爐的下面, 設置帶有爐槽的火室以燃燒燃料與排出燒礦用的排出口。沒有單獨火室的豎式爐, 是以分層的方法裝入燃料與礦石; 這樣的豎式爐有其缺點, 即在燒礦中混入煤灰, 而在煤灰中含有一種成份 (氧化鐵、二氧化矽、氧化鋁), 這種成份在焙燒與蒸餾作業時, 促使礦石熔結。除此之外, 煤灰還增大燒礦的重量。

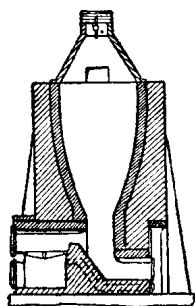


圖 102. 煨燒礦石用的豎式爐。

最大直徑 2.60 米與高 4.25 米的豎式爐能容到 40 噸的礦石, 其生產量在一晝夜內約 6 噸礦石。具有單獨火室的豎式爐之燃料消耗是 8—9%。若是豎式爐設置於蒸餾工廠內, 則蒸餾爐的廢氣就可供煨燒之用。

長 13 米與內徑 1 米的圓筒狀旋轉爐的生產量一晝夜是 15—20 噸礦石, 其燃料消耗是 8—14%。與此類似的爐的構造業於“鉛冶金”篇中述過。

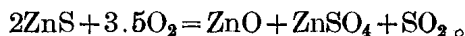
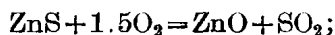
鋅礦的煨燒也可以在燒結機上進行, 這樣使焙燒車間得到較高的生產率。

2. 硫化鋅精礦的焙燒

硫化鋅精礦焙燒的目的是將硫化鋅變為氧化鋅。現今，沒有直接從硫化物提煉鋅的實際操作方法。用高溫還元的方法或用硫酸溶浸再接着電解該溶液的方法都同樣能夠從氧化鋅中提取鋅。硫化鋅微溶於稀硫酸中，而氧化鋅極易溶。在燒礦(сгарок)中留下 ZnS 愈少，則用還元方法或溶浸方法提出的鋅愈多。在 ZnS 化合物中，以重量計，一份硫結合二份鋅。因此，當燒礦從焙燒爐排出而硫的含量很高時，鋅的損失變為相當的大。爲了用蒸餾方法完全地提煉鋅，硫化鋅精礦應該實際上是死焙燒。當以濕法冶金處理時，在燒礦中使其留有少量的硫酸鋅。

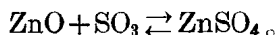
焙燒硫化鋅精礦的基本原理及一些成份的作用，業於“銅冶金”與“鉛冶金”篇中述過，這裏還要研討一下這些成份與硫化鋅發生的變化及閃鋅礦焙燒的條件。

硫化鋅當有空氣存在而加熱時，依據溫度及其他因素的不同，變為氧化鋅及部份的硫酸鋅：



當閃鋅礦的顆粒是 0.1 毫米時，其顆粒在 647° 着火；若是顆粒大於 0.2 毫米時，在 810° 着火；顆粒一經着火後，氧化作用即變為激烈。精礦常常有小於 0.1 毫米的顆粒，因此，在 600° 左右就開始着火。若是精礦中含有鐵的閃鋅礦(鐵閃鋅礦)，則着火溫度降低。

當有十分過剩的空氣及接觸劑(例如 Fe_2O_3) 存在而 SO_2 變為 SO_3 時，在焙燒中就形成硫酸鋅。三氧化硫與 ZnO 起作用而形成 ZnSO_4 ：



已形成的硫酸鋅在 800° 時劇烈地分解，在足夠的焙燒時間下，已形成的硫酸鋅大部份變為 ZnO 。

在一定的溫度條件下，三氧化硫分解：



這個反應的平衡常數以下列方程式表示之：

$$K = \frac{P_{\text{SO}_2}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{SO}_3}^2}$$

因此：

$$P_{\text{SO}_3} = P_{\text{SO}_2} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{O}_2}}{K}}。$$

若是硫酸鋅的分解張力大於在 SO_2 、 O_2 、 SO_3 系內之 SO_3 蒸氣壓，也就是說：

$$P_{\text{SO}_3} > P_{\text{SO}_2} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{O}_2}}{K}}，$$

則發生硫酸鋅的分解；同樣若是

$$P_{\text{SO}_3} < P_{\text{SO}_2} \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{O}_2}}{K}}，$$

則發生硫酸鋅的形成。

分解硫酸鹽所必需的很高的焙燒溫度，引起鐵酸鋅的形成。

用蒸餾法提煉鋅時，硫的存在（不管其在燒礦中以什麼狀態存在，即硫化物狀態或硫酸鹽狀態）是有害的。若用此法煉鋅，則焙燒要在爐內最高溫度（900—1000°）下進行。

在濕法冶金操作時，燒礦中必須有少量的硫酸鋅。為此要在適當的溫度下，即 650—700°，進行焙燒。在這個溫度下，硫酸鋅的分解發生得不完全；除此之外，較低的焙燒溫度給以避免形成鐵酸鋅的可能性。這種鐵酸鋅在溶浸時微溶於稀硫酸中，因之，降低鋅的實收率。

在焙燒硫化鋅精礦時，得到大量的含有 SO_2 約 5% 的廢氣。這些氣體經除塵清洗後，用之製造硫酸。

在焙燒鋅精礦中，一種是不改變其物理狀態的焙燒（普通焙燒或粉狀焙燒），另一種是生成燒結塊的焙燒（燒結焙燒）。當生成燒結塊的焙燒時，料的一部份在表面熔化，並且最後的產物是燒結塊。濕法冶金提

煉鋅時，進行普通焙燒，因為這樣可以保證有適當的溫度，這種溫度既能阻止鐵酸鋅的形成，又阻止硫酸鋅的完全地分解。除此之外，粉狀物質較燒結物質溶解得更完全。對於蒸餾法，採用兩步焙燒，第一步粉狀焙燒，第二步燒結焙燒。在第二步燒結焙燒時，得到塊狀而有較高透氣性的多孔物質，這個在還元過程中極為重要。

普通焙燒 普通焙燒是在人工耙動或機械耙動的爐內進行。現今，主要採用機械耙動的爐子。在此種爐內可以達到較高的生產率，並消滅繁重的人工勞動。人工耙動爐在舊的工廠內極少遇到。

以麻涅特勒 (Меллер) 爐作為人工耙動爐的例子。這種爐由一層設置在另一層之上的許多層爐床組成 (圖 103)。爐床由火磚製成，其設置法是一端與爐牆連接，另一端不達到對面的爐牆，在爐牆與爐床之間，留下空隙。這種空隙是從一邊爐牆與他一邊爐牆依層次交互配置着。

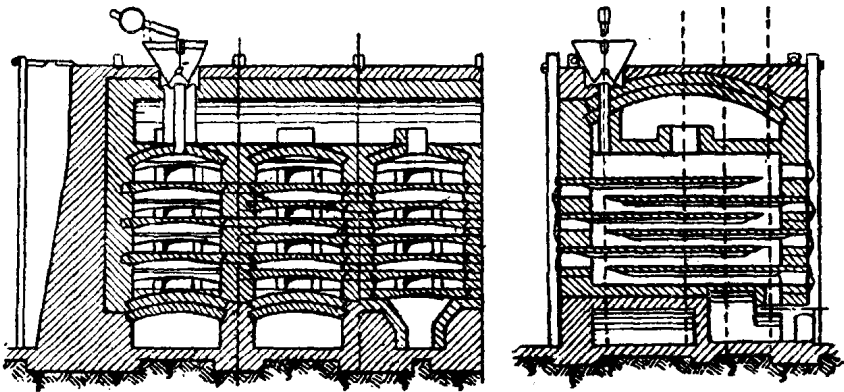


圖 103. 麻涅特勒爐。

通過漏斗 (設置在爐的拱頂) 將精礦裝入爐的上層爐床上。精礦在該層上被通過的氣體加熱，用人工耙子沿着向空隙方向耙動，並落入設置其下的爐床上。精礦在第二層爐床上向相反的方向耙動，在末端落入第三層爐床上。耙動操作通過工作門進行，工作門設置於爐床面上的爐牆中，而在有落下精礦空隙的一邊。

由爐內排出礦石是從最下層的爐床通過放出口進行。在麻涅特勒爐內，普通焙燒的時間是 30—36 小時。由於精礦中的硫化物的數量不夠維持下面爐床所必須的溫度，因之，在爐的下面裝置火室與熱氣道，這些熱氣道是在下面的許多層爐床的下邊通過。為了不減低焙燒氣

體中 SO_2 的含量，火室爐氣不與焙燒氣相混合。焙燒氣引導入裝設在爐上部的集合氣道中，並沿氣道管引入硫酸工廠。

麻涅特勒爐長約 1.2 米，寬約 4 米，總高約 2 米。常由幾個爐子合併組成爐羣。爐的生產率很低，當死焙燒時，其生產率照爐床面積說，一晝夜是 30—40 公斤/平方米。爐氣中 SO_2 的含量是 5—7%。形成的煙塵量約 3%。

機械耙動爐 不論進行焙燒是為濕法冶金操作用，抑或當作燒結焙燒前的預備焙燒用，機械耙動的多層爐在鋅工廠內作粉狀焙燒用已得到廣泛的應用。機械耙動爐中，格列斯果夫 (Грессгоф) 爐與衛基 (Ведж) 爐在世界上焙燒閃鋅礦的實際作業中得到最大的應用。格列斯果夫爐在“銅冶金”篇中已述過，這裏祇研究衛基爐的構造。

衛基爐(圖 104)有七個焙燒層及另一個敞開的乾燥層。爐的直徑

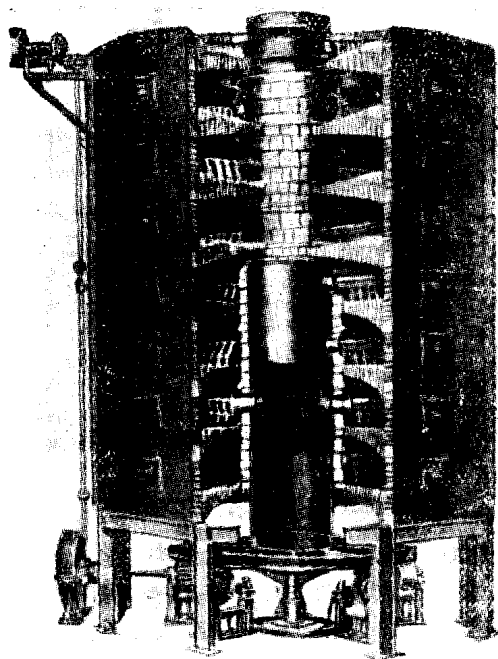


圖 104. 衛基爐。

(就爐殼說) 7.5 米，高 8.1 米，爐床總面積 230 平方米。內徑 1.4 米的中心軸，在其外部表面上，有一定樣式的火磚砌製的磚襯。

爐頂及爐殼的襯裏皆用火磚做成。在每一層爐床上面，帶有耙齒的空心耙臂(二個或四個)牢裝於中心軸上。中心軸與耙臂用空氣冷卻，空氣通過耙臂被預熱後進入爐內。

將精礦裝入最上層的爐床上(乾燥層)；當耙臂慢慢移動時，精礦向中間落礦口耙動，然後落入第一焙燒層上，在該層上耙動精礦時，將其向位於爐牆附近的落礦口移動，並落入第二焙燒層上……。在第二第三第四焙燒