

中等專業學校教學用書

# 有色重金屬冶金學

第一卷 第二分冊

A.A. 柴德勒教授 著

重工業部專家工作辦公室 譯  
重工業出版社翻譯組

冶金工業出版社

中等專業學校教學用書

# 有色重金屬冶金學

(第一卷 第二分冊)

博士 A. A. 柴德勒教授 著  
重工業部專家工作辦公室 譯  
重工業出版社翻譯組

本書根据苏联冶金科技書籍出版社出版的、博士柴德勒教授著 [有色重金屬冶金学] 第一卷 1951 年版譯出。原書經苏联有色冶金工業部教育司审定为中等專業学校教学参考書。

原書評閱者是斯大林獎金得獎人技术科学副博士 Д. М. 尤赫坦諾夫，以及工程师 В. А. 卡尔切夫斯基。

書中叙述銅与鎳的矿石和精矿的特点，銅鎳生产的技术操作方法，並闡明銅、鎳的性質及其精煉方法，最后还論及收塵的原理及方法。

参加本書翻譯工作的为前重工業部專家工作室單繼清、韓蘊、胡仅貞和重工業出版社翻譯組吳学文、殷保楨、曾广誠，全書最后由吳学文整理。

ПРОФ. ДОКТ. А. А. ЦЕИДЛЕР: МЕТАЛЛУРГИЯ ТЯЖЕЛЫХ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ, Часть I, Металлургияцвет (Москва 1951)

有色重金屬冶金学 (第一卷 第二分册)

重工業部專家工作办公室  
譯  
重工業出版社翻譯組

1937 年 6 月第一版 1957 年 6 月北京第一次印刷 1,332 册

850×1168 . 1/32 . 139,000字 . 印張 5  $\frac{12}{32}$  . 定价 (10) 0.80 元

冶金工業出版社印刷厂印 新华書店發行 書号 0619

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市灯市口甲 45 号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 号

## 目 录

(第一卷 第二分册)

## 第二篇 镍 冶 金

<b>第一章 概論, 矿石</b> .....	5
历史資料.....	5
镍的生产与消費的統計.....	5
镍矿石.....	7
<b>第二章 氧化镍矿的熔煉</b> .....	14
氧化镍矿熔煉前的准备.....	14
氧化镍矿的鼓風爐熔煉.....	22
鼓風爐構造的特点.....	36
镍低銻的吹煉.....	38
高爐熔煉.....	44
矿石的电冶.....	45
鍛塊法.....	46
氧化镍矿的水冶.....	49
<b>第三章 純高銻的处理</b> .....	52
焙燒.....	52
將純氧化镍制成金屬镍.....	60
<b>第四章 硫化矿和精矿的熔煉</b> .....	70
硫化矿熔煉前的准备.....	70
硫化銅镍矿的鼓風爐熔煉.....	73
反射爐熔煉.....	80
电爐熔煉.....	82
銅镍銻的吹煉.....	87
<b>第五章 銅镍高銻的处理</b> .....	91
分离熔煉.....	91
撥基法.....	101

銅的選擇溶解法	102
煉取天然生成的合金	108
銅鎳高硫各種處理方法的比較	109
<b>第六章 鎳的電解精煉</b>	<b>111</b>
操作特點	111
生產設備和工作組織	122

### 第三篇 收 塵

<b>第一章 概論，收塵方法的分類</b>	<b>124</b>
收塵的意義	124
煙塵的生成	126
沉降速度	127
煙塵的分類	129
清除氣體中煙塵的方法	131
<b>第二章 電收塵器</b>	<b>132</b>
作用原理	132
收塵率	142
電氣設備	143
沉降室	149
電收塵器的計算原理	153
<b>第三章 收塵室、旋風收塵器和多管旋風收塵器</b>	<b>156</b>
收塵室	156
旋風收塵器	158
多管旋風收塵器	161
<b>第四章 濕式收塵器和袋式過濾器</b>	<b>163</b>
濕式收塵器的作用原理	163
雀膠液過濾器	164
袋式過濾器	165

## 第二篇 鎳 冶 金

---

### 第一章 概論，矿石

#### 历史資料

鎳屬於“年輕的”金屬之一，僅在近些年才獲得廣泛的應用。在1751年才發現鎳是一種化學元素。直到1874年，鎳仍被當作是首飾製造業用的金屬，價格很貴，產量也很小（年產不到400噸）。

上世紀中葉，在俄國找到了鎳礦床並開始了鎳的生產。工程師達尼洛夫和工業家別爾米金以及其他等人在這方面取得了很大成就，他們還在巴黎的工業展覽會上由於鎳製品而獲得金質獎章。但俄國工程師的首創精神並沒有得到沙皇政府的支持，故而事情也就消沉下去了。因此，僅是由於新喀利多尼亞島（法國殖民地，在太平洋上，位於澳大利亞東部）大型氧化鎳礦床和加拿大肖德貝里區的大型硫化銅鎳礦床的發現，才使得鎳工業發展起來。目前，加拿大的鎳礦是世界鎳工業的主要基地，此地的產量差不多為全世界鎳熔煉量的90%（蘇聯除外）。

在蘇聯，僅在蘇維埃政權下才着手開發鎳礦床。現在，我們已有自己的、為相當的礦源所保證的煉鎳業。

#### 鎳的生產與消費的統計

鎳具有使其本身得以大量消費的基本性質，這就是它可改善

合金的性能。將鎳加至各種金屬的合金，一般合金的性質均可獲得改善。例如，普通的商品鋼就是鐵和少量碳、錳、硅的合金，如往鋼內加入鎳，則鋼的機械性能（強度等等）可以得到改善。需要優質鋼的地方（海船及坦克的裝甲等）就要採用鎳鋼。因此，長時期來鎳都被認作是“軍用”金屬。研究一下世界鎳產量的統計資料後，就可很明顯地看出以下這樣一種趨勢：在加緊準備戰爭以及戰爭年代中，鎳的產量急劇增長，而在戰爭結束之後它的產量則驟然下降（表 21）。

表 21

世界鎳產量的統計（蘇聯除外），千噸

國 家	年							
	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945
加拿大………	95.5	108.5	111.4	128.3	129.6	130.5	124.6	110.6
新喀利多尼亞	7.7	8.7	8.9	8.1	6.3	6.4	7.0	6.0
挪威………	1.1	1.0	H.C.	H.C.	H.C.	H.C.	H.C.	H.C.
德國………	0.6	0.6	0.8	0.7	0.6	1.0	7.0	H.C.
美國和古巴…	0.4	H.C.	H.C.	H.C.	H.C.	2.4	4.6	10.0
其他………	10.2	9.2	18.9	24.9	28.5	15.7	7.8	4.4
總 計	115.5	128.0	140.0	162.0	165.0	156.0	151.0	131.0

註：H.C.——無資料。總計是接近似的估計算得的，其中包括日本、朝鮮、緬甸及其他國家未經核驗的數據。

現在，鎳也廣泛地用在和平目的上，例如，用在機器製造工業和汽車及拖拉機製造工業上等等。

鎳差不多全部用來與鐵、銅以及其他有色金屬製造合金（表 22），其中也包括不銹鋼（一般它含有 8% 鎳和 18% 鉻）。只有很少量的純鎳用於製造化學器械（鹼性操作）和鍍鎳，即在鐵制品上復蓋一薄層鎳以免生銹。

鎳鹽的用途很廣。它主要用來製造催化劑，特別是用於油脂的氫化過程（使液態油——魚肝油和植物油——變成固態油）；也可用於電鍍法鍍鎳（各種制品的電解法鍍鎳），以及製造鹼性蓄

電池等。

表 22

鎳在英國消費情況的統計

消 費 類 別	年	
	1942	1945
合金鎳·····	77.4	52.8
鉄鎳合金·····	3.3	3.7
鎳鎳合金·····	1.9	8.1
德國銀及蒙乃爾合金·····	8.6	6.3
與有色金屬合成的其他合金·····	3.4	5.6
展性鎳·····	2.8	14.1
鍍鎳·····	2.5	9.2
錢幣和其他·····	0.1	0.2
總 合·····	100.0	100.0

### 鎳的性質

原子量·····	58.69
電解鎳的比重 (20° 時) ·····	8.9
液態鎳的比重 (1500° 時) ·····	7.76
溫度°C:	
熔點·····	1455
沸點·····	2900
磁性消失時的溫度·····	357.6
鎳的比熱 (固態)卡/克·····	0.109
鎳的比熱 (液態)卡/克·····	0.167
熔解潛熱卡/克 ·····	58.1

### 鎳 礦 石

目前，可在工廠規模上用於提煉鎳的工業型鎳礦石，已發現有下列三種：

- (1) 氧化礦 (硅酸鹽礦) ；



(2) 硫化銅鎳矿；

(3) 含砷矿。

**氧化矿**，或者有时称作**硅酸鹽矿**，是一种次生矿。这种矿石的生成是由于岩石——主要是含有少量（近0.2%）鎳的蛇紋岩——風化作用的結果。与銅矿不同，氧化鎳矿的工業儲量与硫化矿無关，它也不是硫化矿床的上層矿帶。例如，主要的硫化鎳矿床均集中在加拿大，而加拿大却没有氧化鎳矿床。另一方面，在新喀利多尼亞蘊藏有大量含鎳很富的氧化矿，但却沒發現硫化矿。

氧化鎳矿可以分成三类。第一类——較富的矿床，它位於蛇紋岩与石灰岩的接触处（即所謂落水洞）。这类矿石的特点是鎳含量高，成分不均匀。

第二类——是在蛇紋岩中呈層狀的矿石。它的特点是矿床很厚，成分很均匀，但含鎳量較低。因此，在这些矿区上仅划出最富的一部分开採，而对低於規定含鎳量的矿石則不进行开採。

第三类——鎳铁矿，即含有少量鎳的铁矿，这种矿石如含有足够的铁，即可进行高爐熔煉，制取合金生铁。因为这类矿石是用黑色冶金的标准方法处理的，故本書不再叙述它的处理方法。

从冶金观点看来，氧化（硅酸鹽）鎳矿有下面一些可以影响其处理方法的特点：

1) 無論按鎳的含量还是按廢石的成分来看，矿石的成分都很不均匀；甚至在矿山的一个工作面內，一面可以儲有富矿石，另一方面則为廢石，而这种廢石从外表上几乎不能与富矿石区分开来；

2) 除非用化学分析的方法，就不可能將矿石与圍岩分开；

3) 在大塊的軟土質岩中有很硬的石英夾雜物，有时其尺寸很大，直徑达1米，並含有鎳；

4) 含有大量的湿存水，一般不底於矿石重量的20%；除湿存水外还有結構水，它在分析时屬於灼燒減量；

5) 直到現在還沒找到机械选矿方法，因此，所有的矿石都直接送去熔煉。

在这些矿石中，鎳是呈复杂的含水鎳鎂硅酸鹽存在的。这种硅酸鹽的成分和顏色都不固定（有时为綠色，有时为褐色或其他）。因此，这种硅酸鹽有各种不同的名称：暗鎳蛇紋石，滑硅鎳矿，鎳鉄綠泥石等等。

这种硅酸鹽的組成經常写成化学式  $(\text{Ni}, \text{Mg})\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，就是說，这是比例不定的鎳鎂硅酸鹽的类質同像混合物，並帶有不定量的水分子。在冶金計算上常写成化学式  $\text{NiSiO}_3 \cdot m\text{MgSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ，其中系数  $m, n$  可根据矿石的元素組成及矿物組成算出。根据一些研究者的意見，認為鎳主要是以浸入到硅酸鹽中的  $\text{NiO}$  形态存在的。根据另外一些研究者的意見，則認為含鎳矿物是一种更复杂的鋁硅酸鹽，例如脂光蛇紋石，硅鋁鎳鉄矿等等；其大致成分为  $2(\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2) \cdot 3(x\text{MgO} \cdot \text{SiO}_3 \cdot y\text{NiO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ，式中  $x, y$  是可变系数，其和为 1。

除鎳以外，在矿石中还含有变动量很大的鈷，这是由于在矿床內（殘积層構造）鈷的分佈与鎳的分佈不一致的緣故。因此，在矿床中可以有含鈷較富而含鎳較貧的部分，也可以相反。可以看出，鈷常常与矿石內的錳矿物共生，大量黑軟錳矿的存在几乎經常表明有高的含鈷量。

鉄在矿石中主要以含水氧化鉄  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ （褐鉄矿）的形态存在。矿石內鉄的含量与鎳含量無关，而常常随矿床深度的加大而降低。因此，矿床的下層常有比上面的含鉄矿層更难熔的矿石。

在廢石的其他組分中，还常含有大量的、可給予矿石以高度吸水性的粘土  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，还有石英  $\text{SiO}_2$  及滑石  $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ （滑石可根据它有滑膩感的包裹物而易於識別，它可急剧地增加矿石的难熔性）。

矿石內包含的大量湿存水常致使鎳量的計算發生錯誤。应当經常記住：为了避免錯誤，在化驗室中要先將矿石在  $110^\circ$  溫度

下烘干到其恒重,然后再测定此干样品中的镍含量。运往工厂中的矿石经常是湿的,因此,应当将化验室所求得的数字换算成在湿矿石中的镍含量;矿石的湿度单独测定。例如,假设水分为27%,而化验室所得的分析结果是干样品内含3% Ni,则在湿矿石中的真实镍含量总共只为 $3 \times 0.73 = 2.19\%$ 。地质工作者在其镍的储藏量计算中所指的经常是干样品中的镍含量。

由于矿石的不均匀性,而使其开采工作大大地复杂化。例如,有资料指出,在新喀利多尼亚的矿山上,矿石是以相当原始的方法非常小心地进行取样的。开采时将矿石以每10吨一堆堆放在矿山附近的场地上;从每堆中取出平均试样,且只有分析了试样之后,才决定开采出的岩石是运往工厂,还是作为含金属过贫的矿石运往废石场。当然,这种方法只可用于人工开采且规模不大的小矿山上,而这正是新喀利多尼亚所具有的特点。

还有资料指出,最近开始将探出的矿石按氧化镁  $MgO$  的含量分类,将含氧化镁较少的矿石送去进行鼓风炉熔炼,而含氧化镁较多的因而也较难熔的矿石则送去进行电冶。

在苏联,由于探矿规模很大,不可能采用那种用许多小堆来进行矿石取样的方法。因此,在苏联的矿山实行特别的矿石取样法,并在专门的矿山地质师的领导下进行探矿。这种方法的实质基本上可归纳如下:将矿山的整个矿床按水平平面与垂直平面分成许多立方体,其大小假定为 $5 \times 5 \times 5$ 米或每个体积为 $125$ 米<sup>3</sup>。为每个探矿水平层作出矿床平面图,将平面图分成许多正方形,对本例而言其大小为 $5 \times 5$ 米。在每个正方形的中心打一个等于立方体全高的钻孔。从孔内取出的岩石即为该立方体内矿石的平均试样,当然,由于矿石成分的不均匀而这样做的结果并不完全正确。这种平均试样需作镍、氧化硅、铁及  $MgO$  含量的分析。矿山地质师则根据所要开采的矿体探区进行的分析结果,拟定该立方体的探掘次序,以便每天能探出比较平均的各种矿石的混合物,而使镍含量及废石的主要组分的含量不会有显著的变动。

这种工作,对于每一个冶金生产人员的重要性,以及对炉内

煉煉過程的影響，都是很清楚的。因此，甚至實行了地質師對所採礦石的日報制，為了給地質師指出工作方向，還要向他們提出礦石適當成分的月份任務書。自然，冶金生產人員應當積極參加這一工作：研究採礦的可能性（研究取樣圖）；設法使礦石在工廠中得到補充的混合，例如從車箱卸料時和在礦石的出納倉庫內等等。

**硫化銅鎳礦**本身又可以分成兩類：致密硫化礦石和浸染礦石。在這兩類之間是不能畫出一條嚴格的分界綫來的，因為即使是最富的硫化礦石也有廢石與硫化物在一起。因此，這兩類礦石僅可根據其中的鎳含量為地區分，因為鎳含量在大多數情況下均與硫化物含量成比例關係。這種人為的分界綫可以定為礦石中的鎳含量為1.5%；含有大量廢石和少量硫化物的較貧礦石可算作浸染礦石，含鎳較多而含廢石較少的較富礦石可算作致密硫化礦石。從技術操作觀點來看，這種分類，在礦石按其處理方式而進行劃分上是有價值的：浸染的貧礦石僅可進行選礦；致密硫化礦則可直接送去熔煉，或者進行選礦以部分地分出硫化銅。

從冶金觀點上看，硫化銅鎳礦有以下可以影響工藝過程的特點：

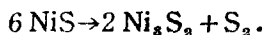
1) 所有的硫化礦都是堅硬的岩石，難於破碎；因此，碎礦機在處理這種礦石時的生產率要保持在最低限度，而備用零件的損耗，與處理其他礦石（銅礦，鋁礦，等等）時相比却要高；

2) 通常礦石含水甚少，冬季也很少結凍；

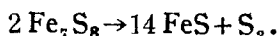
3) 含於礦石內的硫化物在加熱時很難分解，因之與烏拉爾含銅黃鐵礦相反，礦石在鼓風爐內並不破裂。

硫化鎳礦石以及精礦的成分，根據各個不同的礦床而有很大的程度的不同，但其礦物成分却有許多共同之處。在所有硫化礦中，鎳主要成鎳黃鐵礦物  $(NiFe)S$ ——硫化鎳和硫化鐵的不定成分的同像混合物存在。這種成分相當於化學式  $n NiS \cdot m FeS$ ，式中  $m, n$  是可變系數，表示礦物的不定成分；這些系數常可認為等於1。

熔化时，可以設想 NiS 按下列方程式分解成  $Ni_3S_2$  和  $S_2$ ：



在鎳矿石內鉄的主要硫化物是磁黄鉄矿  $Fe_7S_8$ ，其成分常常以通式  $Fe_nS_{n+1}$  来表示。有些矿物学家認為，有一部分鎳在磁黄鉄矿中成固溶体存在。这在选矿时可起很大影响，因为含鎳磁黄鉄矿进入尾矿后，就使尾矿的含鎳量增大。从冶煉和冶金計算观点来看，这些可忽略不計。熔化时  $Fe_7S_8$  按下列方程式分解成  $FeS$  和  $S_2$ ：



硫化銅鎳矿中的銅差不多全成黄銅矿  $CuFeS_2$  的形态。这种硫化物在选矿时可以分成單独的銅精矿，因为它比鎳黄鉄矿和磁黄鉄矿易於浮游。在浮选机上單独刮下第一次泡沫，即得銅精矿；其中鎳含量至多只为精矿中銅含量的 5%，也就是說，比例 Ni : Cu 为 1 : 20。大家知道，黄銅矿在加热至  $550^\circ$  时即按下列方程式分解：



其他硫化物在矿石中为量甚少，以致在冶金計算上可以忽略不計。在矿石中鉄除为磁黄鉄矿外，还常成磁性氧化鉄  $Fe_3O_4$  存在。

在硫化矿中經常有达鎳量 3% 的鈷和相当大量的鉑族金屬 (Pd, Pt, 等等)，后者之量一般可补偿其本身的提煉費用。硫化矿中的廢石由一系列的基性岩所構成，矿石即埋藏在这些基性岩中 (苏長岩, 輝綠岩, 等等)。这里沒有列举出所有这些矿物来，但应当指出其中以下这些对冶金工作者有价值的、最主要的组分： $SiO_2$ ， $CaO$ ， $Al_2O_3$  和  $MgO$ 。

最后这一化合物有特別的作用，当其含量高时，則矿石会变得非常难熔。

關於硫化銅鎳矿的成因，大多数地質学家都抱定形成該矿的岩漿說：从地下上升的熔融岩漿含有鉄、鎳、銅等的硫化物；当岩漿凝固时，这些岩漿即析出，有的充滿各个裂縫 (致密硫化矿

石)，有的与岩漿混合凝固（浸染矿石）。另外在加拿大的某些矿床方面（矿脉），也存在有生成該矿床的热液說。这种学說認為，从地下噴出的岩石，后来又被从地下上升的已矿化的溶液所浸透，而这种溶液內就儲有鉄鎳、銅等的硫化物。

与氧化鎳矿不同，硫化鎳矿埋藏成很深的矿体，因之它的开採主要用地下开採法进行。近几年来，也有几个矿山开始用露天开採法开採貧的浸染矿石。在許多地方都有硫化銅鎳矿，但常常由於它的硫化浸染物过少或矿体規模过小，以致被認作是非工業型的矿石。

**含砷鎳矿** 目前，由於沒有这种矿石的大型矿床，含砷鎳矿在冶金上几乎已不起任何作用。因此，它的处理方法在本書中就不再叙述。目前，在印度（緬甸）和加拿大肖德貝里区东北部的柯包尔特还在开採綜合亞砷矿，該矿中同鎳在一起还有其他有价值的金屬（鈷、銅）。在欧洲有过这种老矿床，但現在已开採竭尽（如德国的薩克索尼亞等等）。在这些矿石中，紅鎳矿  $NiAs$ （紅色鎳矿石）和砷鎳矿  $NiAs_2$ （白色鎳矿石）是主要的含鎳矿物。

由於硫化鎳矿和氧化鎳矿的成分和化学性質均有所不同，所以它們的处理方法也就多种多样，因之，每种矿石的处理問題，要在下面分別叙述。

## 第二章 氧化鎳矿的熔煉

### 氧化鎳矿熔煉前的准备

按照熔煉前矿石准备的方法，可以將工厂分成以下各类：

1) 除取样外，不要任何預先准备工作而直接在鼓風爐內熔煉矿石的小型工厂；

2) 將矿石制成团矿来熔煉的工厂；

3) 將矿石制成燒結矿来熔煉的工厂。

如前所述，氧化鎳矿在表面上是一种潮湿的、細碎的土狀（常为粘土質的）物料。矿石受热爐气影响而干燥时，可稍微燒結，但却也常常生成細粉，而易为鼓入爐內的風帶走。此外，矿石含有大量水分以及矿塵会堵塞爐中气体流通的所有孔隙，都給鼓風爐的操作造成困难，同时水分蒸發引起焦炭的过量消耗，並延緩爐子的熔煉过程。所有这些理由就迫使人們放棄不經准备而直接熔煉原矿的方法，因为此种熔煉法会大大降低鼓風爐的生产能力。

用制团法来进行熔煉前的矿石准备工作时，包括下列作業：

1) 混合各种矿石；

2) 矿石按粒度分級；

3) 破碎大块矿石和石膏；

4) 在筒形干燥器內干燥矿石；

5) 把干燥过的矿石与含硫熔剂（石膏，黄铁矿等）混合；

6) 制团；

7) 干燥团矿。

**混合各种矿石** 可用以下各种方式来混合各种矿石：由不同的矿石堆运取矿石；用自卸式車廂从矿山裝运矿石，並將要卸車的車廂分类；將矿石按不同种类分別运到出納倉庫的料槽內，然后用抓斗起重機將矿石由各料槽送往篩中（这种方式需要很多的

基建費用，但却是一种合理的方式)。

**矿石按粒度分級** 为了使碎矿机和筒形干燥器能正常工作，就必须將矿石按粒度分級。碎矿机处理原矿时不能正常操作，因为它要被粘土質的矿粉堵塞；往筒形干燥器內也不得裝入大块矿石，因为这些大块矿石会塞住圓筒內部的間隙。

为了使这项工作机械化，可以裝設輓軸篩。这种篩是平行排列的一些有稜的輓軸，輓軸均向同一方向旋轉。有时这种篩子又叫滾盤篩。为了这个目的，也可使用鏈式篩。

無論是为了制团，还是为了燒結，都应將大块矿破碎。在夏季这部分大块是由致密矿石組成的，主要是些含錳石英塊（一般其含錳量比其他矿石的含錳量略少）。在冬季，这部分主要由未經人工打碎的大块冻结矿石所組成。破碎这种矿石的經驗証明，水泥厂和鋁厂所用的双轉子鏈碎机（圖 39）是唯一比較能胜任破碎这种矿石的机器（在分出矿粉和定期供給石灰石塊的条件下）。

从圖可以看出，鏈碎机由两个輓子組成，輓子在鏈碎机壳內向不同方向旋轉。每个輓上均裝有十字头，在十字头端的接头上固定有鏈——鏈头。在鏈头的上方裝有許多篦条，篦条中裝有大块矿石。輓子轉动时，鏈头进至上部篦条間的空隙，並打碎大块矿石。此后，矿石即落至鏈碎机机体內部，並在此被破碎成小块。小块矿石則通过下部格篩从鏈碎机內落下，下部格篩是由紧密排列的篦条制成的。

矿石在筒形干燥器內干燥时，有一部分矿石滾成塊矿（即所謂“矿团”откать）；破碎这些塊矿也用鏈碎机。

鏈碎机的最大缺点在於鏈头磨損得特別快和下部格子常被堵塞。

**干燥矿石** 在新喀利多尼亞，利用热带气候这一条件直接在露天干燥矿石。在苏联則必須用机械筒形干燥器，干燥器內裝有許多隔板，气体作順流运动。將矿石与来自火室的热气一起裝至旋轉筒的上端，即可造成順流运动。



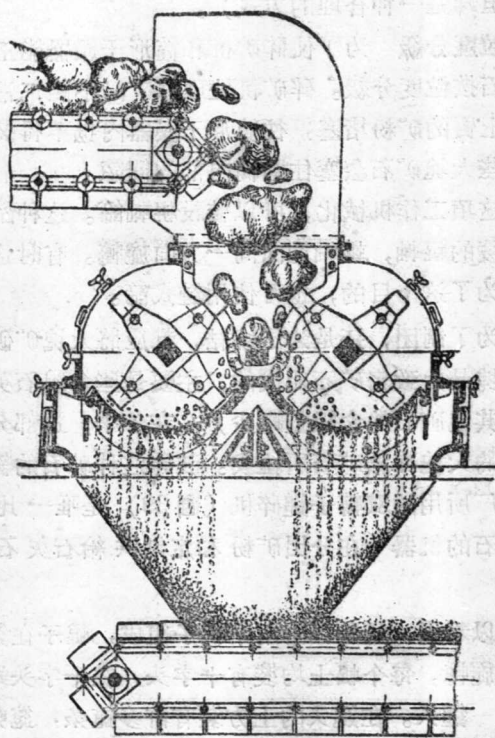


圖 39 基坦型雙轉子鏈碎機

矿石靠着圓筒的旋轉而向筒的下端運動，气流也沿着圓筒与矿石的運動平行地流動。把飽含蒸發水氣的气流用抽風機吸入旋風收塵器，而矿石則排至運輸機內。

實踐證明，欲使筒形干燥器正常工作，必須保持許多条件：

1. 給料应当均匀且充分（如用前面所說的人工操作法來打碎格篩上的矿石時，這一點是不能經常辦到的）。
2. 圓筒的加熱应当与給料量和矿石湿度相适应。如燃料消耗過小，則矿石仍然過湿；相反，如加熱過強，則矿石會過干並生出烟塵。矿石干燥的程度，可以很容易地根据旋風收塵器管子冒出的烟觀察出來：正常的烟应当几乎仅仅是白色水蒸汽；如烟