

冶金生产技术丛书

YEJIN SHENGCHAN JISHU CONGSHU

竖罐炼锌



F813

2



冶金工业出版社

冶金生产技术丛书

竖 罐 炼 锌

水口山矿务局 编

冶金工业出版社

冶金生产技术丛书

竖 罐 炼 锌

水口山矿务局 编

*

冶金工业出版社出版

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张 5 1/8 字数 129 千字

1977年1月第一版 1977年1月第一次印刷

印数 00,001~4,500 册

统一书号: 15062·3250 定价 (科二) 0.44 元

出 版 说 明

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，冶金工业战线广大职工，继续贯彻执行**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**的总路线，高举“**鞍钢宪法**”的光辉旗帜，坚持独立自主，自力更生，艰苦奋斗，勤俭建国的方针，抓革命，促生产，夺取革命与生产的新胜利。

为了适应冶金工业发展的需要，根据广大冶金工人学习生产技术知识的迫切要求，我们组织编写了一套《冶金生产技术丛书》，介绍冶金工业采矿、选矿、有色金属冶炼和加工、炼铁、炼钢、轧钢、金属材料等有关生产技术操作和基本知识，供冶金工人阅读，并给从事于冶金工业的干部和技术人员参考。

《竖罐炼锌》是这套丛书之一。本书共分五篇，详细地叙述了沸腾焙烧、竖罐炼锌、粗锌精馏和旋涡炉处理罐渣等生产过程的基本原理、设备结构和操作方法。书中特别注意总结了我国的生产实践经验，同时对有关锌金属的基本知识也作了简略介绍。

本书内容比较实际，文字通俗易懂，可供具有高小以上程度的工人用以自学，工人技术学校或培训班用为教材，也可供与此专业有关的技术人员参考。

本书由永口山矿务局熊正瓚同志执笔，经该局第二冶炼厂和第四冶炼厂的老工人和技术人员集体总结、集体讨论定稿。书中不足之处，衷心希望读者批评指正。

目 录

第一篇 基 本 知 识

第一章 锌的性质和用途	1
第一节 锌的性质	1
第二节 锌的用途	2
第二章 炼锌原料	4
第一节 锌矿石	4
第二节 锌精矿	5
第三章 炼锌方法	7
第一节 火法炼锌	7
第二节 湿法炼锌	8

第二篇 锌 精 矿 的 焙 烧

第一章 概 说	10
第一节 焙烧的目的和要求	10
第二节 焙烧时的化学反应	11
第三节 几种焙烧方法	16
第二章 沸腾焙烧	21
第一节 什么叫沸腾焙烧	21
第二节 沸腾焙烧的工艺流程	23
第三节 沸腾焙烧炉的构造	28
第四节 沸腾炉的操作要点	34
一 开炉	34
二 正常操作	36
三 停炉	40
第五节 故障与处理	41

第六节 提高技术经济指标的措施	43
一 怎样提高生产率	45
二 怎样提高产品质量	47
三 焙烧过程生成废热的利用	50

第三篇 竖 罐 炼 锌 法

第一章 概 说	51
第一节 竖罐炼锌的基本原理	51
一 氧化锌的还原实质	51
二 炉料各组成物在蒸馏过程中的行为	52
三 锌蒸汽的冷凝	55
第二节 竖罐炼锌的工艺流程	58
第三节 竖罐炼锌与横罐炼锌的比较	60
第二章 制 团	62
第一节 对团矿的基本要求	62
第二节 原材料的选择	62
一 焙烧矿的选择	63
二 还原剂的选择	63
三 粘合剂的选择	64
第三节 影响团矿质量的其他因素	66
一 物料的粒度	66
二 配料和混合	67
三 碾磨操作	69
第四节 压团	71
第五节 生团矿的干燥	73
第三章 团矿焦结	74
第一节 焦结的目的	74
第二节 影响焦结团矿质量的因素	74
一 生团矿的质量	75
二 加热废气含氧的影响	75
三 焦结温度	76
四 焦结时间	76

第三节 焦结炉的构造	77
第四节 焦结炉的操作要点	80
一 开炉	80
二 加料和排料	80
三 温度的控制	81
四 抽力的控制	81
五 安全技术	82
六 主要技术经济指标	82
七 故障与处理	82
第四章 竖罐蒸馏	84
第一节 竖罐蒸馏炉的构造	84
第二节 冷凝器	91
第三节 竖罐蒸馏的操作要点	94
一 开炉	94
二 加料和排料	98
三 燃料及其供应	99
四 炉温调节	101
五 炉压控制	101
六 冷凝和出锌	103
七 安全技术	104
八 停炉	104
第四节 故障与处理	105
一 炉结	105
二 罐体的侵蚀	107
三 裂纹与漏锌	109
四 罐内积铁	111
第五节 提高技术经济指标的措施	111
一 怎样提高生产率	111
二 怎样提高实收率	113
三 怎样降低燃料消耗	116

第四篇 粗 锌 精 炼

第一章 概 说	118
---------------	-----

第二章 熔析法	119
第三章 精馏法	120
第一节 精馏法的基本原理	120
第二节 精馏法的工艺流程	121
第三节 精馏塔的构造	122
第四节 精馏塔的操作要点	125
一 开炉	125
二 正常加料	127
三 炉温的控制	128
四 熔析炉的操作	131
五 出锌	131
六 故障与处理	132
七 停炉	133
第五节 精馏产物及技术经济指标	135

第五篇 旋涡炉处理罐渣

第一章 旋涡炉处理罐渣的基本原理.....	138
第二章 旋涡炉处理罐渣的工艺流程.....	140
第三章 旋涡炉的构造.....	143
第四章 旋涡炉的操作要点	146
一 炉料准备	146
二 开炉	148
三 加料	148
四 鼓风量控制	148
五 炉温控制	149
六 添加硫化剂	150
七 故障与处理	150
第五章 旋涡炉产物及技术经济指标.....	152

第一篇 基本知识

第一章 锌的性质和用途

第一节 锌的性质

物理性质 锌是一种白色而略带蓝灰色的金属。质比较软，只比铅和锡稍硬。纯锌具有展性，在常温下可轧成薄片。普通商品锌因含有较多的杂质，在常温时性脆，不能轧制。当加热到 $100\sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围时，锌变成有展延性，能压延成薄板和抽成细金属丝。若加热至 250°C ，则又失去展延性，变成硬而脆，能在铁钵内研成粉末。锌的展延性除受温度的影响外，主要依其纯度而定，含杂质量愈多，展延性愈小。

锌的比重由于铸造温度和冷却状态不同而有差异，一般介于 $6.9\sim 7.2$ 之间。锌的熔点是 419.5°C ，沸点是 906°C 。

化学性质 锌在常温下和干燥、不含二氧化碳的空气不发生作用，但与含有二氧化碳的湿空气接触，则表面渐被氧化成为一层致密的碱性碳酸锌灰白色薄膜，能保护内部的锌不再被侵蚀。由于这种性质锌常被利用作为被复物、即在铁板、金属丝和其他制品上镀一层锌，锌在熔融时与铁形成化合物，它在冷却后能稳固地被复在铁表面，保护钢铁制品免受侵蚀，而制品的机械性能并不受影响。

锌对不含空气的水在常温下没有作用，但在红热的温度时，锌易分解水蒸汽，生成氧化锌。二氧化碳和水蒸汽相混，能使锌蒸气极快的氧化。由于这种原因，使得火法炼锌受到很大的限制。

纯锌不溶于纯硫酸或盐酸中。商品锌因含有少量杂质存在，容易被稀无机酸和碱所溶解，不过在酸中的溶解速度比在碱中要

快一些。

第二节 锌 的 用 途

锌广泛地应用于各种工业中。大约有一半的锌消耗在铁的镀锌方面。其次，消耗在制造各种合金。比如，铜和锌制成黄铜，用于国防工业。铜、锡、锌制成青铜；铜、锌、铅、锡制成抗磨合金，应用于机械制造和交通运输等工业。

在汽车和航空工业中，利用锌的熔点低，熔体流动性好，在铸造时能完全地充满模型所有细小弯曲部分，把它压铸成各种细小零件。

在建筑和电讯工业中，利用锌的抗腐蚀性好，把它制成锌板做

各级锌的国家标准和主要用途

表 1

锌 品 号	化 学 成 分, %								用 途 举 例	
	锌不 小于	杂 质 不 大 于								
		铅	铁	镉	铜	砷	锑	锡		总和
特 一 号	99.995	0.003	0.001	0.001	0.0001				0.0050	高级合金和特 殊用途
一 号	99.99	0.005	0.003	0.002	0.001				0.010	压铸零件、电 镀锌、高级氧化 锌、医药和化学 试剂
二 号	99.96	0.015	0.010	0.010	0.001				0.040	电池锌片、黄 铜、压铸零件和 锌合金
三 号	99.90	0.05	0.02	0.02	0.002				0.10	锌板、热镀锌 和铜合金
四 号	99.50	0.3	0.03	0.07	0.002	0.005	0.01	0.002	0.5	锌板、热镀锌、 氧化锌和锌粉
五 号	98.70	1.0	0.07	0.2	0.005	0.01	0.02	0.002	1.3	含锌铜铅合 金、普通氧化锌 和普通铸件

屋顶盖瓦、火药箱子、家具以及无线电装置和电极的零件。

在冶金工业中，利用锌从氰化溶液中置换金；在粗铅精炼时提取贵金属；在湿法炼锌、炼镉等生产过程中用锌粉净化溶液。

在化学工业中，将锌制成锌白、锌钡白，作为白色颜料。锌白又广泛应用于制造橡胶、搪瓷、玻璃、火柴和钢丝磷化等方面。用锌制成氯化锌可做木材的防腐剂。

随着锌中所含杂质不同它的使用范围也不同。国际上根据锌中杂质含量情况把它分为若干等级。我国各级锌的国家标准和主要用途如表 1 所示。

第二章 炼 锌 原 料

第一节 锌 矿 石

用现代技术能从中提炼出金属的岩石叫做矿石。如果矿石中含有特别多量的一种金属，这种矿就叫做单体矿。如果含有两种以上的可供提取的金属，这种矿叫做多金属矿。

矿石根据所获得的金属名称而叫做铜矿、金矿、铁矿等等。如果矿石中存在两种可提取的金属则叫做诸如铅锌矿、铜镍矿、铁闪锌矿等等。

矿石又依据所含矿物的性质分为自然金属矿、硫化矿和氧化矿。如果矿石是由主要金属和极少量杂质所组成的合金叫做自然金属矿。例如自然金、自然铜等等。矿石中金属和硫结合成化合物者叫做硫化矿。例如黄铜矿 (CuFeS_2)、方铅矿 (PbS)、闪锌矿 (ZnS) 等等。矿石中金属和氧结合成氧化物者叫做氧化矿。例如菱锌矿 (ZnCO_3)、白铅矿 (PbCO_3)、赤铜矿 (Cu_2O) 等等。

自然界没有发现自然锌，单体硫化矿也很少发现。一般多与其他金属硫化矿伴生，例如铅锌矿、铜锌矿、铜铅锌矿、铁闪锌矿等等。

我国铅锌矿蕴藏极为丰富，东北、西北、中南、西南、华东等地区都有铅锌矿的矿藏。除云南会泽地区有特殊类型的氧化矿外，其余大多是硫化矿。常见的锌矿石如表 2 所示。

锌矿石以硫化矿为主，常与方铅矿、黄铁矿等共生。这些矿石除含有主要矿物铅、锌之外，其他伴生金属有铜、镉、砷、锑、金、银和稀散金属。锌矿石的脉石系由黄铁矿、石英、硅酸盐和方解石等组成。

各种锌矿石的成分不一，含锌约为 1.0~20.0%，其大致成分如表 3 所示。

锌 矿 石

表 2

矿 石 名 称	化 学 式	含 锌 量, %	颜 色
闪 锌 矿	ZnS	$<67.1\%$	黄色、褐色、黑色
铁 闪 锌 矿	$nZnS \cdot mFeS$	<60.0	褐黑色
菱 锌 矿	$ZnCO_3$	$ZnO \leq 64.8$	白色、灰色、绿色
硅 锌 矿	Zn_2SiO_4	$ZnO \leq 73.0$	白色、绿色、黄色
异 极 矿	$Zn_2SiO_4 \cdot H_2O$	$ZnO \leq 67.0$	白色、绿色、黄色

铅 锌 矿 石 成 分

表 3

矿 石	化 学 成 分, %					
	Pb	Zn	Cu	Fe	SiO_2	S
1	1.11	2.32	0.236			
2	4.74	8.48	0.009		9.20	26.28
3	8.50	13.80	0.50	8.50	19.0	16.0
4	12.53	16.52	0.09		6.02	26.34

第二节 锌 精 矿

锌矿石品位不高,且含多种金属。通常需要先进行选矿,分开矿石中的脉石和主要金属,成为各种金属的精矿。常用的选矿方法有手选、重力选矿和浮油选矿,但主要用浮选。

选矿所得的锌精矿含锌变动于40~60%之间,我国根据其化学成分不同分为八级。它的标准如表4所示。

锌精矿除含有表列成分外,还含有锰、钴、砷、锑、锡、镉、铟、铊、镓、锗等金属。因此,在考虑冶炼锌精矿的工艺流程时,必须注意综合利用其中的有价金属。

浮选锌精矿都含有水分。含水量过高,在运输装卸或冶炼处理时均将产生困难。因此,要求精矿含水在冬季不超过8%,夏季不超过12%。

锌精矿的等级标准

表 4

等 级	Zn不小于, %	杂 质 不 大 于, %		
		Cu	Pb	Fe
1	55	0.80	1.00	6.00
2	53	0.80	1.00	6.00
3	50	1.00	1.50	8.00
4	48	1.00	1.50	12.00
5	45	1.50	2.00	12.00
6	43	1.50	2.00	14.00
7	40	2.00	2.50	16.00
8	40	2.00	2.80	18.00

第三章 炼 锌 方 法

第一节 火 法 炼 锌

火法炼锌的过程主要包括下列三个步骤：

- (1) 将硫化锌精矿焙烧或将氧化矿煅烧变成氧化锌；
- (2) 已焙烧的精矿和还原剂煤混合装入一个容器内加热，使锌还原并蒸馏出锌蒸气；
- (3) 锌蒸气导入另一个容器内被冷凝为液体锌。

火法炼锌有各种不同的工艺流程，由于所用的冶金炉和加热的方法不同，有横罐蒸馏炼锌、竖罐蒸馏炼锌、电热炉炼锌和鼓风炉炼锌等等。

蒸馏法炼锌 氧化锌还原比较困难，要在 950°C 以上的高温下才能使它还原成金属锌。而锌在 906°C 时已经沸腾，所以，在还原过程中锌是以蒸气状态产出。由于锌蒸气极易被空气、二氧化碳和水蒸汽所氧化，这样就不允许燃烧炉气和锌炉料接触。长期以来，火法炼锌都是将含锌混合炉料放在密闭的炼罐中，采用间接加热，使锌还原蒸馏产出。这种方法叫做蒸馏法。

蒸馏法因所用炼罐的形式不同而有横罐蒸馏和竖罐蒸馏之别。许多小炼罐水平并列放在冶金炉内的叫做横罐蒸馏；用耐火砖在炉中垂直砌筑一个矩形竖井式罐体的叫做竖罐蒸馏。两种蒸馏方法的理论基础是一致的。

电热法炼锌 将锌焙烧矿、还原剂煤和适当的熔剂充分混和后预热到 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ ，然后加入电炉内，在电热的高温作用下，氧化锌被还原呈蒸气导入冷凝器冷凝成液体锌。矿中的铅、铜、铁和脉石形成熔融状态的粗铅、冰铜和炉渣，可分别自不同的放出口放出来。这种方法叫做电热法炼锌。

电热法有时也和蒸馏法一样，炉料仅由锌焙烧矿和还原剂煤

所组成，不渗用熔剂，也不产生熔体渣。

鼓风炉炼锌 很早以前，人们就试想仿照铜、铅冶炼一样利用鼓风炉炼锌。但是，由于还原出来的锌是蒸气状态，在冷却过程中，锌蒸气容易被伴生出来的大量燃烧气体（CO₂）所氧化，故长期没有获得成功。1945年英国阿旺茅斯炼锌厂的冶金工作者们，突破了从含二氧化碳浓度很高和锌蒸汽浓度很低的混合炉气中把锌冷凝出来的技术难关，从而使鼓风炉炼锌获得成功，这是火法炼锌史上一项具有原则性的技术革命。

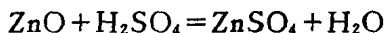
用鼓风炉方法时，先将锌精矿焙烧脱硫并烧成烧结块，和焦炭、熔剂经过预热到800~900°C，然后加入到一个炉顶密封的鼓风炉内。由炉下鼓入热风，炉顶温度保持在1100°C。这样可以保证混合炉气中的锌蒸气不会被大量的二氧化碳再氧化。迅速将炉气导入冷凝器，用低温铅液借转子的搅拌喷成铅雨，逆流喷洒洗涤炉气，锌蒸气被冷凝并吸收在液体铅中，最后使铅锌分离，得到金属锌。矿石中的铅、铜等金属和脉石，则在炉内形成熔融的粗铅、冰铜和炉渣，可分别自炉的下部开口放出。

第二节 湿法炼锌

湿法炼锌是第一次世界大战期间（1915年）被正式应用的。这个方法的过程包括下列五个步骤：

（1）将锌精矿焙烧或煅烧成氧化锌。

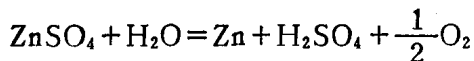
（2）把锌焙烧矿溶浸于稀硫酸溶液，锌按下列反应变成硫酸锌而溶入溶液中：



浸出时除锌溶解以外，精矿中含有的一些杂质—铁、砷、锑、铜、镉、钴等也部分溶解。

（3）含有杂质的硫酸锌溶液，须采用多种方法去除杂质，净化后得到较纯的硫酸锌溶液。

（4）将纯硫酸锌溶液送入电解槽，以铝板做阴极，铅银合金板作阳极，电解过程按下列反应进行：

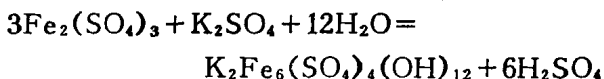


锌沉积在阴极板上，而在阳极周围则产生硫酸和逸出氧。

(5) 将沉积在阴极上的锌片剥下再熔化，并铸成锌锭。

在传统的湿法炼锌中，只能从锌精矿中回收约85~93%的锌。回收率低的原因是锌精矿中通常含有5~12%的铁，焙烧时，其中大部分铁与锌化合形成 $\text{ZnO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ 。为了防止亚铁酸锌被溶解，在浸出阶段的酸度和温度必须保持很低。因而，使锌、铜和镉的浸出效率降低。浸出残渣基本上含有焙烧矿中的全部铁，8~20%的锌，30~40%的铜和镉。

1964年挪威锌公司研究出了一个新的沉淀铁的方法，从而使锌、铜和镉的回收率大大提高。这种方法的实质是：浸出时把溶液的温度提高到80~95°C，最终酸度不少于20克/升，使亚铁酸锌和许多镉、铜溶解，然后往溶有亚铁酸锌的硫酸溶液中加入一种Na、K或 NH_3 的化合物，这样就使铁形成结晶形的黄钾铁矾化合物而沉淀。沉淀物可用下列典型的方程式表示：



最后黄钾铁矾残渣中的不溶锌降低到2~3%，整个过程中锌的提取率可高达98.5%。

上述各种火法或湿式炼锌的方法是现代炼锌工业通常采用的冶炼方法。每一种方法都具有各自的优点和缺陷。在设计建厂时，应当根据本地区原料的特性，燃、材料和电力供应情况，以及交通运输状态等具体条件，选择适当的工艺方法。本书则专门叙述竖罐蒸馏炼锌和与此有关的工艺方法。