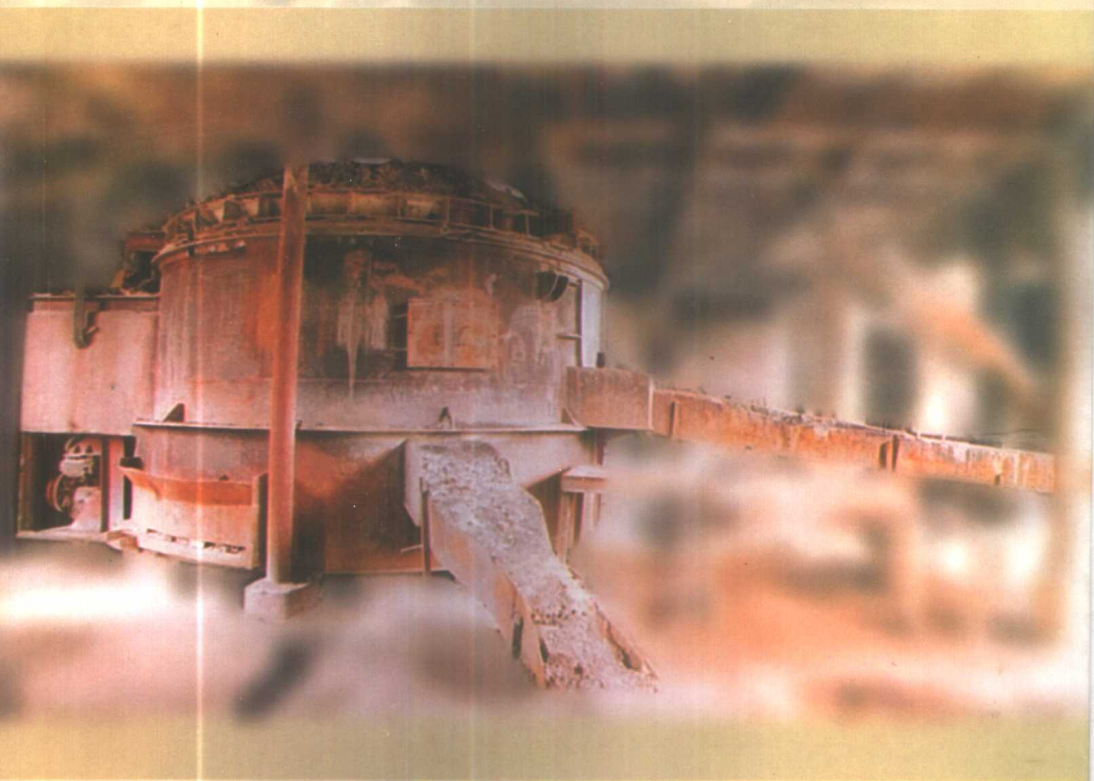


电炉炼**锌**

天水鑫能电冶炼厂 王振岭 编著



冶金工业出版社

内 容 简 介

本书较全面地总结了近 10 年来电炉炼锌的冶炼技术成果,包括硫化锌精矿的沸腾焙烧、焙烧烟气的制酸、微电弧电阻电炉炼锌以及粗锌精炼等工艺流程、主要技术条件及基本操作、冶金计算和主要设备等,对有关内容并做了理论上的阐述。本书基本上反映了我国电炉炼锌的最新技术成果和生产经验。

本书可供火法炼锌、电炉炼锌及用焙烧炉烟气制酸的工厂技术人员、生产工人、管理人员使用,也可供从事有色冶金专业的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电炉炼锌/王振岭编著. —北京:冶金工业出版社,2001.11

ISBN 7-5024-2840-2

I .电… II .王… III .电炉熔炼—炼锌 IV .TF813.033

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 048497 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 赵培德 美术编辑 李 心 责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

北京冶金大业印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2001 年 11 月第 1 版,2001 年 11 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32;23.875 印张;641 千字;753 页;1-2000 册

49.80 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

电炉炼锌的研究和试验虽然已有一百多年的历史,但奠定当今电炉炼锌技术的基础是在 19 世纪末由瑞典的德·拉瓦尔以自己的名字命名的拉瓦尔炼锌电炉。但是由于锌的冷凝问题长期未能得到很好的解决,冶炼获得的锌粉需要经过再熔炼,即二段熔炼才能获得粗锌。飞溅式锌雨冷凝器的研制成功,将炼锌业的工艺向前大大推进了一步。美国新泽西锌公司的帕尔默顿锌厂和德国的杜依斯堡炼铜厂的锌系统在 20 世纪 50 年代至 60 年代建造了功率为 $6000\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 3 座,年产量达到 3 万 t 以上。

我国电炉炼锌起步较晚,由于长期电力供应不足,发展也很缓慢,直至 20 世纪 70 年代初,才出现功率为 $500\text{kV}\cdot\text{A}$ 的冶炼锌粉的电炉。80 年代以来,北京有色金属设计研究总院和不少厂家曾对电炉炼锌进行了深入的研究和探索,直至 1997 年我国电炉炼锌技术才获较大进步。这里特别值得一提的是天水鑫能电冶炼厂(该厂前身为秦川联营冶炼厂)。从 1992 年开始该厂建造功率为 $1250\text{kV}\cdot\text{A}$ 的电炉 2 座,经过失败—改进—再失败—再改进直至成功,在此期间该厂付出了较大代价并走过了一段艰辛的路程。该厂又于 1997 年 7 月末率先建造功率为 $2000\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 1 座,经过 1998 年和 1999 年上半年的运行,获得了电炉炼锌的重大突破,取得了可喜的成绩。平均炉日产量已达 8t 以上,最高达 10.488t,6 月份的平均炉日产量达 9.07t,直收率达 84% 以上,电耗为 $3950\text{kW}\cdot\text{h}/\text{t}$ 。为我国电炉炼锌事业做出了重要贡献。

天水鑫能电冶炼厂电炉炼锌的成功,再加上我国近年来电力供应状况的极大改善,大大推动了我国电炉炼锌业的发展。1998 年我国新上了一大批炼锌电炉,如湖南衡阳水口山二厂功率为 $2000\text{kV}\cdot\text{A}$ 的电炉 1 座,已于 1998 年 11 月投产;山西襄汾县有色

金属有限公司建造了功率为 $2000\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 2 座,于 1998 年 12 月投产;辽宁锦州铁合金厂实业公司新建功率为 $2000\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 1 座;辽宁锦县硅铁厂新建功率为 $2000\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 1 座;云南昆明三隆实业公司新建功率为 $1250\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 1 座,贵州安顺仁通铸冶有限责任公司新建功率为 $1250\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 1 座;云南昭通铅锌矿新建功率为 $1800\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 2 座,贵阳白云有色冶炼厂新建 $1500\text{kV}\cdot\text{A}$ 电炉 2 座。可以说 1998 年是电炉炼锌大发展的一年。据不完全统计,至今我国已建成炼锌电炉 16 座,总功率为 $26100\text{kV}\cdot\text{A}$,设备能力已达 3 万 t/a 以上。

为了促进电炉炼锌事业的发展,不断提高电炉炼锌的技术水平,应各电炉炼锌厂的领导、技术人员和广大职工的要求,笔者主要以鑫能电冶炼厂的生产实践为基础,同时总结国内各电炉炼锌的生产实践,编著了《电炉炼锌》一书。鉴于我国炼锌电炉所使用的原料均为锌焙烧矿,有的厂家还配有粗锌精炼系统,故本书将对硫化锌精矿的沸腾焙烧、焙烧烟气制酸、电炉炼锌及粗锌精炼等做系统介绍,包括基础理论、工艺流程、基本操作实践、主要设备、技术经济分析、主要设计指标等。

在本书编著过程中,曾得到天水供电局张宝安局长、天水电力开发总公司陈利民总经理、天水鑫能电冶炼厂贾小录厂长、余美银副厂长、王瑞玲副厂长、原秦川冶炼厂邢发裕厂长、扬州化工设备厂张元庆、张元松厂长、成县同谷实业总公司徐心浩总经理、锦州长城特种砂厂赵文浩厂长、河南巩义神都炉材厂梁英学厂长、湖南衡阳湖东化工厂朱滌厂长等的大力支持、指导和帮助,同时也得到了多年从事电炉炼锌行业的工程技术人员、管理人员和工人师傅们的帮助,在此,一并表示衷心的感谢。

由于电炉炼锌在我国还是一种新兴技术,起步较晚,其理论和实践尚有待完善和发展,再加上本人水平有限,书中不妥之处在所难免,恳望同仁批评指正。

编著者

2001 年 1 月于天水

目 录

1 绪 论

- 1.1 炼锌工业发展简史····· (1)
- 1.2 锌的性质、用途及其在国民经济发展中的作用····· (5)
 - 1.2.1 锌的物理性质····· (5)
 - 1.2.2 锌的化学性质····· (6)
 - 1.2.3 锌的用途及其在国民经济发展中的作用····· (8)
- 1.3 锌的冶炼方法····· (13)
 - 1.3.1 火法炼锌····· (13)
 - 1.3.2 湿法炼锌····· (17)
 - 1.3.3 锌冶炼技术发展的简要回顾····· (20)

2 含锌矿物、锌矿和锌精矿

- 2.1 分类及成分····· (21)
- 2.2 电炉炼锌对锌精矿的主要要求····· (23)
- 2.3 锌精矿的技术标准····· (24)

3 锌精矿的焙烧

- 3.1 焙烧的分类及其一般特性····· (26)
 - 3.1.1 煅烧····· (26)
 - 3.1.2 还原焙烧····· (26)
 - 3.1.3 氧化焙烧····· (27)
 - 3.1.4 硫酸盐化焙烧····· (27)
 - 3.1.5 氯化焙烧····· (27)
 - 3.1.6 烧结焙烧····· (28)

3.2	锌矿石的煨烧	(28)
3.3	硫化锌精矿的焙烧	(31)
3.3.1	焙烧的目的与要求	(31)
3.3.2	硫化锌精矿氧化焙烧的基础理论	(32)
3.3.3	锌精矿中各主要成分在焙烧时的行为	(42)
3.3.4	对焙烧矿的质量要求	(58)
3.4	高温氧化沸腾焙烧的实践	(60)
3.4.1	概述	(60)
3.4.2	沸腾焙烧的基础理论	(62)
3.4.3	沸腾焙烧的工艺流程	(76)
3.4.4	沸腾焙烧炉及其主要设备	(86)
3.4.5	沸腾焙烧炉的烘炉、开炉与停炉	(109)
3.4.6	沸腾焙烧的正常操作及控制	(117)
3.4.7	沸腾焙烧炉常见的故障及其处理	(124)
3.4.8	沸腾焙烧的技术条件及其过程分析	(131)
3.5	硫化锌精矿沸腾焙烧的冶金计算及主要设备的选择	(147)
3.5.1	硫化锌精矿沸腾焙烧的冶金计算	(147)
3.5.2	硫化锌精矿高温氧化沸腾焙烧的热平衡计算	(164)
3.5.3	硫化锌精矿沸腾焙烧主要设备计算与选择	(172)
3.6	沸腾焙烧的发展方向	(179)
3.6.1	制粒焙烧	(179)
3.6.2	应用富氧空气焙烧	(180)
3.6.3	利用二次空气焙烧	(181)
3.6.4	多层沸腾焙烧炉	(181)

4 硫化锌精矿沸腾焙烧烟气制酸

4.1	硫酸工业发展简史	(183)
4.2	硫酸的性质、用途及品种规格	(185)
4.2.1	硫酸的性质	(185)
4.2.2	硫酸的用途及其在国民经济发展中的作用	(198)

4.2.3	硫酸的品种规格	.....	(199)
4.3	硫酸生产方法	.....	(202)
4.3.1	硝化法	.....	(202)
4.3.2	接触法	.....	(203)
4.4	硫化锌精矿沸腾焙烧烟气净化	.....	(203)
4.4.1	烟气净化的目的和指标	.....	(203)
4.4.2	烟气净化的原则	.....	(207)
4.4.3	烟气净化的原理	.....	(209)
4.4.4	烟气净化的基本工艺流程及其特点	.....	(214)
4.4.5	烟气净化的“文一泡一文一电”流程	.....	(225)
4.4.6	“文一泡一文一电”净化系统的主要设备	.....	(228)
4.4.7	净化工序的主要操作	.....	(259)
4.5	二氧化硫气体的转化	.....	(271)
4.5.1	二氧化硫转化的基础理论	.....	(271)
4.5.2	二氧化硫转化用的触媒	.....	(285)
4.5.3	触媒用量的确定	.....	(294)
4.5.4	触媒的合理使用和维护原则	.....	(297)
4.5.5	二氧化硫接触氧化的最适宜条件	.....	(300)
4.5.6	转化的工艺流程	.....	(317)
4.5.7	转化系统的主要设备	.....	(322)
4.5.8	转化系统的基本操作	.....	(339)
4.6	三氧化硫的吸收	.....	(353)
4.6.1	三氧化硫吸收的基本原理	.....	(353)
4.6.2	硫酸吸收 SO ₃ 的最适宜条件	.....	(354)
4.6.3	干吸工序的工艺流程	.....	(359)
4.6.4	干吸工序的主要设备	.....	(363)
4.6.5	干吸岗位的基本操作	.....	(384)

5 电炉炼锌生产和技术

5.1	概述	(390)
-----	----	-------	-------

5.1.1	电炉的分类	(390)
5.1.2	电炉炼锌简史	(390)
5.1.3	电炉炼锌的特征及其优越性	(396)
5.2	火法炼锌的基础理论	(399)
5.2.1	火法炼锌概述	(399)
5.2.2	金属氧化物的还原基础理论	(400)
5.3	焙烧矿中各组分在还原过程中的行为	(412)
5.3.1	锌化合物	(413)
5.3.2	铁化合物	(423)
5.3.3	铅化合物	(424)
5.3.4	铜化合物	(425)
5.3.5	镉化合物	(426)
5.3.6	砷、锑化合物	(427)
5.3.7	金、银化合物	(427)
5.3.8	二氧化硅和三氧化二铝	(428)
5.3.9	碱土金属化合物	(428)
5.4	锌蒸气冷凝的基础理论	(428)
5.4.1	锌蒸气的冷凝	(431)
5.4.2	锌灰、蓝粉的生成	(434)
5.5	炼锌电炉的基础理论	(436)
5.5.1	电热转化与分配	(436)
5.5.2	熔池温度场和熔渣的运动	(439)
5.5.3	熔池内的热交换	(442)
5.6	冶金炉渣	(444)
5.6.1	炉渣在冶金过程中的作用	(444)
5.6.2	炉渣的化学组成及酸碱度	(447)
5.6.3	炉渣的结构理论	(450)
5.6.4	熔渣的物理化学性质	(452)
5.7	电炉炼锌工艺流程	(470)
5.7.1	炉料的准备系统	(470)

5.7.2	电炉本体系统	(475)
5.7.3	含锌烟气的冷凝系统	(476)
5.7.4	电极系统	(477)
5.7.5	渣系统	(479)
5.7.6	冷却水循环系统	(479)
5.8	电炉本体及主要设备	(480)
5.8.1	电炉本体	(480)
5.8.2	电极系统的设备	(494)
5.8.3	冷凝系统的设备	(521)
5.8.4	其他辅助设备	(539)
5.9	电炉炼锌的操作实践	(544)
5.9.1	开炉准备	(544)
5.9.2	烘炉	(545)
5.9.3	电炉的开炉与停炉	(549)
5.9.4	电炉的正常操作与控制	(560)
5.9.5	电炉炼锌的常见故障及其处理	(584)
5.9.6	安全与环保	(590)
5.9.7	检测与计量控制	(591)
5.10	电炉炼锌的主要技术经济指标、技术条件及其 分析	(592)
5.10.1	电炉炼锌主要技术经济指标	(592)
5.10.2	主要技术条件及其分析	(599)
5.11	电炉炼锌的设计计算及主要设备选择	(616)
5.11.1	电炉炼锌的工艺计算	(616)
5.11.2	电炉炼锌的热平衡计算	(641)
5.11.3	主要设备的计算与选择	(647)
5.12	电炉炼锌配料计算举例	(673)
5.12.1	已知条件	(673)
5.12.2	配料计算	(674)
5.12.3	计算石灰与石英的配料量	(678)

5.12.4	生产过程中的实际控制	(680)
5.13	电炉炼锌技术的基本评价及其发展前景	(683)
5.13.1	电炉炼锌技术的评价	(684)
5.13.2	电炉炼锌技术的发展前景	(686)

6 电炉锌的精炼

6.1	概述	(690)
6.2	熔析法精炼	(691)
6.3	精馏法精炼	(693)
6.3.1	精馏法的基础理论	(693)
6.3.2	精馏法的工艺流程	(701)
6.3.3	精馏炉及其主要设备	(703)
6.3.4	精馏法精炼的操作实践	(706)
6.3.5	精馏产物及技术经济指标	(722)
6.4	电炉锌精炼技术的发展动向	(728)
6.4.1	塔盘大型化	(729)
6.4.2	延长塔体寿命	(729)
6.4.3	提高热利用率	(730)
6.4.4	扩大精馏法的应用范围	(730)
6.4.5	提高自动化程度	(730)
	附录	(731)
	一、几种主要有色金属产品的技术标准	(731)
	二、常见矿物的物化性质	(734)
	三、某些金属的理化性质	(737)
	四、某些化合物的理化性质	(743)
	五、燃料燃烧计算常用数据	(749)
	参考文献	(752)

1 绪 论

1.1 炼锌工业发展简史

锌在古代就被人们制造和利用,黄铜的制造和应用就是最好的例证。我国是最早制造和使用锌的国家。据考证,我国在春秋战国时期,就能制造锌和黄铜(铜锌合金),至元、明朝时期炼锌技术已达到相当高的水平。

我国炼锌技术大约是在 17 世纪传入欧洲,直到 1738 年在英国布里斯托尔才开始工业性冶炼。到 19 世纪,德国、比利时才建立了锌冶炼厂。1835 年美国华盛顿特区第一次生产锌,到 1860 年美国新泽西锌公司在宾夕法尼亚的伯利恒才建设了锌冶炼厂。

古代的冶炼者曾把含碳酸锌的菱锌矿(氧化矿)和炭混合还原熔炼,由于锌的沸点低,在未得到金属锌之前,锌的蒸气立即被空气中的氧所氧化,形成氧化锌。氧化锌又称锌白、锌华、中国白。古罗马人又把它称为“智者的羊毛”。在古代,氧化锌的制造要远早于锌的制造。直至发现了锌蒸气的冷凝现象并逐渐学会了使用锌蒸气冷凝为液体锌之后,才产生了蒸馏法炼锌。因此锌的冶炼技术也要比铜、铁、铅、锡等金属的冶炼技术掌握得迟一些。

我国古代锌的冶炼方法就是将炉研石(即菱锌矿)混以炭装入泥罐中,泥罐用泥封固、风干、勿使其发生裂隙,然后用煤饼将罐堆起,底部铺木炭(木柴)发火,烧蒸后冷却毁罐,即可得到单体金属锌。此方法在我国流传很久。

我国是炼锌技术的起源地,炼锌业有着悠久的历史,但由于我国长期处在半封建、半殖民地社会,炼锌工业极其落后。我国第一个具有工业规模的炼锌厂是 19 世纪末期在湖南省常宁县水口山建设起来的,其发展也极其缓慢。日本帝国主义侵占我国东北时,为掠夺我国的矿产资源,也建了炼锌厂。那时,生产规模很小。直

到 20 世纪 40 年代末,我国的炼锌工厂处于半停顿状态。可以这样说,我国炼锌工业的建立和发展,基本上是在中华人民共和国成立后开始的。在党和政府的正确领导下,在短暂的时间内恢复了原有炼锌工厂的生产,并相继进行技术改造和扩建。同时还新建了一批大型炼锌工厂。使我国炼锌工业和其他工业一样,得到了蓬勃发展。这样不仅加快了对原有炼锌工厂的改造和扩建的工程进度,而且又新建了一批大中型炼锌工厂,使我国锌的生产能力迅速提高。特别是我国实行改革开放以来,我国炼锌工业的发展尤为迅猛。1949 年我国锌产量仅为 0.02 万 t,1960 年达 4.45 万 t,为 1949 年的 222.5 倍,1980 年为 22.74 万 t,1990 年为 55.18 万 t,1995 年为 107.67 万 t,1998 年已达到了 148.63 万 t,为 1949 年的 7431.5 倍,占世界锌总产量的 18.7%。我国炼锌工业发展之快,为世人瞩目,我国历年来锌产量详见表 1-1 和图 1-1。

表 1-1 我国历年来锌产量表 (万 t)

年 份	1949	1952	1957	1960	1965	1970	1975	1980
年产量	0.02	0.84	3.66	4.45	7.25	13.34	15.42	22.74
年 份	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
年产量	30.62	33.62	38.31	42.54	45.09	55.18	61.21	71.89
年 份	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	
年产量	85.69	101.71	107.67	118.48	143.44	148.63	169.5	

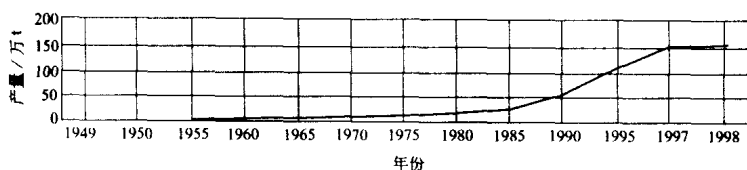


图 1-1 1949~1998 年我国锌产量

资料表明,1825 年世界锌产量仅为 0.8 万 t,至 20 世纪初增至 58 万 t,1970 年已达 487 万 t,1980 年达 725 万 t。1980~1994

年间世界锌产量一直徘徊在年产 700 ~ 720 万 t 之间,自 1995 年以来,世界锌产量又呈强劲的普遍增长之势,1995 ~ 1998 年世界锌产量详见表 1-2。

表 1-2 1995 ~ 1998 年世界锌产量表 (万 t)

年 份	1995	1996	1997	1998	1999
世界锌产量	732.4	742.5	773.3	793.9	822.0

1989 年和 1994 年世界几大产锌国的产量及占世界锌总产量的比例见表 1-3。

表 1-3 世界几大产锌国的产量及占世界总产量的比例

国 家	锌 锭 产 量 /万 t		占世界锌总产量的比例/%	
	1989 年	1994 年	1989 年	1994 年
加 拿 大	66.97	69.30	9.30	12.80
日 本	66.38	66.35	9.20	12.30
中 国	45.00	87.44	6.20	16.20
美 国	35.82	37.94	5.00	7.00
德 国	35.25	35.99	4.90	6.70
澳大利 亚	29.62	32.25	4.10	6.00
法 国	26.58	30.86	3.70	5.70
意大利	24.64	25.59	3.40	4.70

我国主要锌冶炼厂的锌产量见表 1-4。

表 1-4 我国主要锌冶炼厂的锌产量 (万 t)

厂 名	1985 年	1990 年	1994 年	1998 年	2000 年
葫芦岛锌厂	6.62	14.22	28.22	27.83	32.20
株洲冶炼厂	8.72	9.01	13.37	24.89	27.97
白银有色公司	0.95	2.11	10.25	13.79	14.20
韶关冶炼厂	4.0	5.5	6.37	13.00	16.60

续表 1-4

厂名	1985年	1990年	1994年	1998年	2000年
柳州锌品厂	2.16	2.29	2.58	4.08	
水口山矿务局	2.09	2.08	2.48	4.34	6.18
长沙锌厂		1.01	1.84	1.18	1.15
沈阳冶炼厂	2.02	1.51	1.48	1.65	
重点企业	26.60	38.45	62.96		111.65
地方企业	4.01	16.73	38.75	60.695	
全国合计	30.61	55.18	101.71	148.63	191.93

据英国沃尔夫经纪公司 1996 年 7 月份预测,目前世界经济正处于新一轮繁荣期,全球对锌的需求量将大幅度的增加,未来国际锌价将会不断上涨,直至达到 1250 \$/t 以上的高价位。另据报道,国际铅锌联合会称,未来世界镀锌板的产量增长速度较快,预计到 2002 年世界锌的消费量将会增加 50 万 t 以上。可以乐观地预测,锌行业将有广阔的发展前景。

1997 年伦敦金属交易所(LME)平均现货价为 1318 \$/t,特别是下半年,1997 年 8 月 21 日的锌价达 1690 \$/t,而且这一高价位维持了较长时间。受国际市场的锌价不断上扬的影响,国内的锌价格继续上升,1997 年 7 月末 18 个城市的平均锌价达 11033 元/t。1998 年的 LME 锌平均现货价为 1024 \$/t,1999 年的年初锌价走低后逐步上升,8 月份现货平均价达 1130 \$/t,9 月初 LME 锌价借 8 月的强劲势头而继续上升,曾突破 1200 \$/t,最高达 1229 \$/t。在此期间锌的价格,基本上波动在 1170 ~ 1196 \$/t 之间。9 月份的国内锌价快速上扬,大部分地区的成交价达 11000 元/t 左右。锌价的上涨又刺激了锌的生产,原来减产和停产的企业立即恢复生产能力,又加上新建和扩建达产企业也增加了锌的产量。国内锌价的上升基础比较脆弱,因为主要依赖于出口的拉动。国内锌的需求增长仍然乏力,亚洲金融危机过后还没有出现实质性回升。一旦 LME 锌价格回调,国内锌价将会快速下跌。在 2000

年,世界锌产量和消费量分别为 844 万 t 和 850 万 t,而我国锌产量和消费量分别为 192 万 t 和 130 万 t,我国锌出口量为 59 万 t。

1.2 锌的性质、用途及其在国民经济发展中的作用

1.2.1 锌的物理性质

锌是一种白而略带蓝灰色的金属,具有金属光泽。锌常呈现六面体结晶组织,其断面呈现出金属结晶状况,晶粒的大小视铸造温度及冷却情况而定。

锌是一种比较软的金属。纯锌铸造后如立即于水中淬火,可变得相当坚硬;如不淬火,则具有延展性。商品锌因含有杂质,质脆而硬,若加热至 100~150℃,可变得相当软,如冷却后仍保持较好的延展性。若加热至 250℃时,则又变脆。锌的晶格呈三种状态:α 锌在 170℃以下存在;β 锌在 170~330℃之间存在;γ 锌在 330~419℃之间存在。

锌的密度依其铸造温度与冷却状态而不同,铸锌的密度通常在 6.9~7.2g/cm³ 之间。锌蒸气在空气中燃烧会发出光亮的蓝色火焰,燃烧所得的为氧化锌。

锌的熔点为 419℃,沸点为 907℃,锌在 184℃开始挥发,其蒸气压随温度而变化,见表 1-5。

表 1-5 锌的蒸气压与温度的关系

温度/℃	290	350	420	500	610	700	750	906.97
压力 p/Pa	133 × 10 ⁻³	133 × 10 ⁻²	13.3	133	1330	5 × 1330	13300	76 × 1330

锌的其他理化性能见表 1-6。

表 1-6 锌的理化性能

名称	指标	名称	指标
相对原子质量	65.38	熔点/℃	419.58
密度(25℃,铸锌)/g·cm ⁻³	7.131	蒸发潜热/J·g ⁻¹	1782~1988

续表 1-6

名称	指标	名称	指标
沸点/℃	906.97	硬度(莫氏)	2.5
线胀系数(0~25℃)/K ⁻¹	400 × 10 ⁻⁵	熔化热/J·mol ⁻¹	7388
汽化热(906℃)/J·mol ⁻¹	114810		
质量热容/J·(g·K) ⁻¹	0.384 + 0.01t	比电阻(0℃)/μΩ·cm	5.75
	0.48(液态)		
	0.32(气态)		

1.2.2 锌的化学性质

锌在常温下不会被干燥的空气所氧化,但与湿空气接触,则表面渐渐被氧化,生成一层灰白色致密的碱式碳酸锌 $ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$ 包覆其表面,保护内部的锌不再被侵蚀,在钢铁材料外表面包覆一层锌以保护钢铁免受侵蚀,称之为镀锌。

金属锌在空气中加热至 505℃ 时,即可燃烧生成氧化锌。锌能被硫酸或盐酸所溶解,同时放出氢气。锌在电池中常用作电极就是依据锌的这一性质。锌也可溶于碱中,不过溶解的速率不及在酸中快。

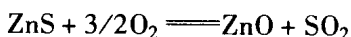
二氧化碳和水蒸气相混合,可使锌蒸气迅速氧化,生成氧化锌和一氧化碳。此反应对于锌的火法冶炼甚为重要,导致从矿石中以火法炼锌受到很大的限制。

锌的主要化合物如下。

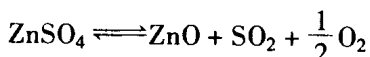
(1) 氧化锌。氧化锌是一种碱性的白色粉末,其结晶形态有无定形、球状和针状三种。氧化锌是一种很稳定的化合物。无定形状态下的密度为 5.42 ~ 5.782g/cm³,球状和针状状态下的密度为 5.5g/cm³ 左右。氧化锌的质量热容在 17 ~ 98℃ 时为 0.519J/(g·K),而在 52 ~ 700℃ 之间的测定值为 0.6015J/(g·K)。氧化锌的熔点为 1973℃。氧化锌的沸点尚未确定。氧化锌的颗粒粒径为 0.15 ~ 0.7μm,具有较好的遮盖力。氧化锌的折射率为 1.95 ~ 2.115,遮盖力为 90 ~ 150g/m²,吸油量为 18%,具有较好的与颜

料混合性能。长期以来,氧化锌用作白色颜料,被广泛地应用于涂料工业。橡胶工业是氧化锌的最大用户。此外,如搪瓷、陶瓷、玻璃、锌化学剂、化工、动物饲料等行业都需要氧化锌。氧化锌能被碳、一氧化碳及氢所还原。这在锌冶金中具有重大意义。氧化锌具有极其广泛的用途。

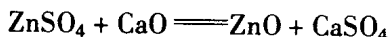
(2) 硫化锌。硫化锌在自然界中以闪锌矿形态出现。金属锌在有硫和硫化氢存在的条件下加热时,可以制得硫化锌。在空气中加热硫化锌(ZnS)会被氧化成氧化锌(ZnO):



(3) 硫酸锌。硫酸锌在自然界中很少发现,焙烧硫化锌(ZnS)可形成硫酸锌。硫酸锌易溶于水。硫酸锌在加热时分解,在600℃时,硫酸锌的分解可以观察到,到800℃时反应剧烈进行,其反应式如下:



当有CaO存在时,硫酸锌与其相互作用,形成氧化锌和硫酸钙,在850℃时反应进行得非常剧烈,反应式如下:



石英不影响硫酸锌的分解速度,因为硅酸锌的生成温度较高。在700℃以下,氧化铁对硫酸锌分解不发生什么影响,而当较高温度时,会加速硫酸锌的分解,这是由于形成铁酸锌的缘故。

硫酸锌被碳或一氧化碳还原成硫化锌在800℃以上才发生,而此时较大部分硫酸锌已分解成氧化锌和三氧化硫。因此仅有一小部分硫酸锌在还原性气氛中变为ZnS。

(4) 氯化锌。氯化锌(ZnCl₂)是在低温下氯作用于金属锌、ZnO或ZnS而形成的。其反应式如下:

