

黄位森 主编

锡

STANNUM

冶金工业出版社



Sn

STANNUM

ISBN 7-5024-2373-7



9 787502 423735 >

ISBN 7-5024-2373-7
TF · 534 定价70.00元

76.7
4424

锡

黄位森 主编

北 京
冶金工业出版社
2001

067601

内 容 提 要

本书共分为十篇,介绍了锡冶金发展史略,锡及其主要化合物的性质与用途,锡矿地质、资源、采矿、选矿,锡精矿还原熔炼和锡的精炼,主要的锡品生产,炼锡厂的“三废治理”和劳动保护,国外主要炼锡厂简介等内容。全书注重理论联系实际,以阐述我国锡工业的生产实践为主,同时系统地论述了锡冶金的基本原理,并扼要介绍了国外新的研究成果和资料,叙述简练,实用性强。

本书可供有关厂矿生产、科研、设计、管理人员使用,也可供大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

锡/黄位森主编. —北京:冶金工业出版社,
2000.1(2001.2重印)

ISBN 7-5024-2373-7

I. 锡… II. 黄… III. 锡矿物-普及读物
IV. P578

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 45990 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 谭学余 刁传仁 封面设计 李 心 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波
北京源海印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2000 年 1 月第 1 版; 2001 年 2 月第 2 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 31.125 印张; 834 千字; 971 页; 1801—3800 册

70.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64013877

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

中国是最早生产和使用锡的文明古国之一。作为青铜的组分，锡与铜共同开创了中华灿烂的青铜器时代。20世纪初，中国引进西方技术，揭开了我国现代锡工业的序幕。50年代以后，中国锡工业的迅速发展，使中国逐步跨入世界锡生产和消费大国的前列。锡作为一种现代工业的基础材料，其应用范围日益广阔，因此，加速提高锡工业技术水平，推动锡工业发展，具有重要的现实意义。

中国已探明的锡储量居世界首位，锡矿床以原生脉锡矿为主，原生矿以亲硫系列矿为主，其特点为多金属硫化矿埋藏深、锡石粒度细、锡铁致密连生、伴生金属多、综合利用价值高。中国锡矿资源赋存的特性决定了锡工业开采、选别、冶炼的难度和工艺技术复杂的特点。在锡业科技工作者长期不懈努力下，中国锡工业取得了锡业同行瞩目的成就，形成了系统、完整的符合我国锡资源实际的采、选、冶工艺流程，研究出一批具有先进水平的新工艺、新设备。其中，锡精矿流态化焙烧炉、锡中矿高温氯化挥发工艺、粗锡精炼除铅、铋的连续结晶机等为世界锡工业的独创性成果，有的还出口到世界有关锡生产国。为了总结锡生产经验，推广新科技成果，我们编写了《锡》一书，供有关科研、生产、管理、教学人员参考。

该书共分十篇，介绍了锡冶金发展简史，锡及其主要化合物的物理化学性质，锡的用途、产量和消费，锡的矿床地质和矿产资源，锡的采矿和选矿，低品位含锡物料的火法富集，锡精矿还原熔炼，锡的火法精炼和电解精炼，炼锡中间产物的处理及伴生金属的综合回收，主要锡材料和锡化工产品生产，炼锡厂的三废

治理和劳动保护,世界主要炼锡企业简介等内容。

在编写中,我们力求全面介绍有关锡的内容,以国内锡工业的工艺流程、主要设备、生产实践、技术经济指标等为主,同时介绍国外锡工业的新技术、新理论及新的研究成果;在取材上,力求删繁就简,采用新资料,理论与实际结合,做到叙述简练,数据准确。

本书是厂、校结合,密切协作的成果,全书由黄位森主编。昆明理工大学参加编写的有黄治家教授(第三章、第十章并对有关章节作了修改和校阅)、马克毅教授(第一章、第二章、第四章、第三十三章)、邱克强教授(第十三章的第1~5节)。云南锡业公司参加编写的有黄位森高级工程师(第十二章、第十六章、第十八章~第二十一章、第二十三章~第二十五章)、黄书泽高级工程师(第十一章、第三十章、第三十二章)、杜体尧高级工程师(第九章)、杜希年高级工程师(第十三章、第十五章、第二十八章)、皮纯训高级工程师(第十七章、第二十六章、第二十七章)、蔡育才高级工程师(第六章、第七章)、李木林和王应秋高级工程师(第八章)、何吉明高级工程师(第五章、第二十二章)、张宗远高级工程师(第十一章)、苏志红副主任医师(第二十七章)。广西柳州华锡集团有限公司参加编写的有卫于道高级工程师(第十四章、第二十九章、第三十一章)。最后由黄位森统一和审定了全书。此外,黄书泽、杜体尧、杜希年三位高级工程师分别对有关章节进行了修改,何吉明、杨宁二位高级工程师对本书的参考文献和人、地名中外文对照进行了校对,唐观福高级工程师和王彦昆工程师提供了有关章节的素材,党玉涛、宾惠然、王守才、杨兴、严寿康、林鹤卿六位高级工程师分别对有关章节进行了校阅,在此一并致谢。

由于作者水平所限,书中缺点错误在所难免,欢迎各位同仁批评指正。

编 者

1998年8月

目 录

第一篇 概 论

第一章 锡冶金发展史略.....	1
------------------	---

第一节 我国锡工业的发展.....	1
-------------------	---

第二节 国外锡冶金的发展.....	4
-------------------	---

第二章 锡及其主要化合物的物理化学性质.....	7
--------------------------	---

第一节 金属锡.....	7
--------------	---

一、金属锡的物理性质.....	7
-----------------	---

二、金属锡的化学性质.....	8
-----------------	---

第二节 锡的氧化物.....	9
----------------	---

一、概述.....	9
-----------	---

二、氧化亚锡.....	10
-------------	----

三、二氧化锡.....	10
-------------	----

第三节 锡的卤化物.....	11
----------------	----

一、概述.....	11
-----------	----

二、氟硼酸亚锡.....	11
--------------	----

三、二氯化锡.....	11
-------------	----

四、四氯化锡.....	12
-------------	----

五、溴化亚锡和溴化锡.....	13
-----------------	----

六、碘化亚锡和碘化锡.....	13
-----------------	----

第四节 锡的硫化物.....	13
----------------	----

一、硫化亚锡.....	13
-------------	----

二、二硫化锡.....	14
-------------	----

第五节 锡的无机盐	14
一、硫酸亚锡	14
二、锡酸钠	15
三、锡酸钾	15
四、锡酸锌	15
第六节 锡的有机化合物	16
一、概述	16
二、四有机锡化合物	16
三、三有机锡化合物	17
四、二有机锡化合物	17
五、单有机锡化合物	19
第三章 锡合金及金属间化合物	20
第一节 锡的二元合金	20
一、Sn-Pb 合金	20
二、Sn-Sb 合金	21
三、Sn-Bi 合金	22
四、Sn-Fe 合金	23
五、Sn-Cd 合金	25
六、Sn-Al 合金	26
七、Sn-Au 合金	27
八、Sn-In 合金	28
九、Sn-Ca 合金	29
十、Sn-Co 合金	29
十一、Sn-Li 合金	30
十二、Sn-Mg 合金	30
十三、Sn-Mn 合金	31
十四、Sn-Cu 合金	32
十五、Sn-As 合金	35
十六、Sn-Ag 合金	36
十七、Sn-Ni 合金	38

十八、Sn-Zn 合金	39
十九、Sn-Ti 合金	40
二十、Sn-Zr 合金	41
二十一、Sn-Tl 合金	42
二十二、Sn-Ga 合金	43
第二节 锡的多元合金	44
一、Sn-Pb-Bi 合金	44
二、Sn-Pb-Sb 合金	46
三、Sn-Sb-Cu 合金	48
四、Sn-Pb-Ag 合金	49
五、Sn-Pb-Ca 合金	49
六、锡的其他合金	49
第三节 锡的金属间化合物	50
第四章 锡的用途	53
第一节 概述	53
第二节 金属锡的用途	54
一、用于马口铁镀锡	54
二、用于生产锡箔	54
三、玻璃工业和其他用途	55
第三节 锡合金的用途	56
一、锡铅焊料	56
二、锡青铜	57
三、轴承合金	58
四、其他合金	59
第四节 锡化合物的用途	60
一、氧化亚锡	60
二、二氧化锡	60
三、二氯化锡	62
四、四氯化锡	62
五、硫酸亚锡	62

六、锡酸钠	63
七、锡的有机化合物	63
八、其他锡化合物	65
✓第五章 锡的生产与消费	67
第一节 锡的产量和生产情况	67
一、世界各国锡的产量	67
二、主要产锡国的生产情况	72
第二节 锡的消费	79
一、世界锡的消费量	79
二、锡的供求关系和预测	82
第三节 锡市场与价格	87
一、锡市场	87
二、锡价	88

第二篇 锡矿地质和锡矿资源

第六章 锡矿地质和矿床	91
第一节 锡的地球化学	91
第二节 锡的矿物	92
一、锡矿物概述	92
二、锡的主要矿物	96
第三节 世界锡矿的分布	100
一、东亚滨太平洋锡成矿带	100
二、西美滨太平洋锡成矿带	102
三、东南亚-东澳大利亚锡成矿带	102
四、欧亚大陆锡成矿带	102
五、非洲锡成矿带	102
第四节 中国锡矿床	103
一、中国锡矿的分布	103
二、成矿规律	106
三、锡矿床类型及其地质特征	108

第七章 锡矿资源	113
第一节 世界锡储量	113
一、锡储量	113
二、锡储量前景	114
第二节 国外主要产锡国家锡矿资源	114
一、马来西亚	114
二、印度尼西亚	115
三、泰国	117
四、玻利维亚	117
五、巴西	119
六、俄罗斯	120
七、澳大利亚	120
八、英国	121
九、扎伊尔	122
第三节 中国锡矿资源	123
一、云南个旧矿区	124
二、广西大厂矿区	128
三、广西平桂矿区	132
四、云南都龙矿区	134

第三篇 锡矿的采矿和选矿

第八章 锡矿开采	139
第一节 概述	139
一、锡矿开采综述	139
二、锡矿开采的特点	142
第二节 砂锡矿开采	145
一、机械开采	145
二、水力机械化开采	147
三、采锡船开采	153
四、砂锡矿开采的环境保护	154

第三节 脉锡矿开采	155
一、露天开采	155
二、地下开采	157
三、脉锡矿地下开采的环保	169
第四节 锡矿开采实例	170
一、云锡老厂锡矿	170
二、大厂矿务局铜坑锡矿	172
三、玻利维亚瓦努尼锡矿	176
四、俄罗斯和澳大利亚脉锡矿的开采	177
第九章 锡矿石的选矿	182
第一节 概述	182
一、锡矿石的特点	182
二、锡矿石选矿方法综述	183
第二节 锡矿石重选	188
一、重选的理论基础	188
二、锡矿石重选主要设备简介	192
三、锡矿石重选工艺流程的制定	214
第三节 锡石浮选	218
一、锡石浮选机理简述	219
二、锡石捕收剂	220
三、锡石浮选的调整剂	225
四、锡石浮选的工艺流程	231
第四节 锡精矿精选	233
一、锡石与硫化物的分离	234
二、锡石与氧化铁矿物的分离	236
三、锡石与氧化铅矿物的分离	239
四、锡石与钨矿物的分离	241
五、锡石与稀有、稀土矿物的分离	244
第五节 锡矿石选矿实例	246
一、冲积砂锡矿和海滨砂锡矿的选矿	247

二、残坡积砂锡矿与氧化脉锡矿的选矿·····	249
三、锡石-石英脉的选矿·····	255
四、锡石-硫化矿的选矿·····	260

第四篇 锡中矿的火法富集及锡精矿炼前处理

第十章 锡中矿的硫化挥发·····	269
第一节 概述·····	269
一、锡中矿的来源·····	269
二、硫化挥发法处理锡中矿的历史·····	270
第二节 硫化挥发的热力学基础·····	271
一、氧化亚锡和硫化亚锡的挥发性能·····	271
二、锡的硫化反应·····	280
三、含锡物料中伴生元素的挥发·····	289
第三节 含锡物料硫化挥发的动力学·····	292
一、硫化挥发过程的动力学机理·····	293
二、烟化炉硫化挥发过程的速率·····	294
三、影响烟化炉硫化挥发速率的动力学因素·····	296
第四节 烟化炉硫化挥发·····	312
一、烟化炉处理锡中矿和锡炉渣流程简介·····	312
二、烟化炉的结构尺寸和主要参数·····	313
三、烟化炉的操作·····	320
四、烟化炉的产物和指标·····	326
第五节 锡中矿旋涡炉挥发·····	332
一、概述·····	332
二、旋涡炉的结构·····	334
三、旋涡炉烟化工艺和指标·····	334
第六节 其他设备的硫化挥发·····	339
一、回转窑硫化挥发·····	339
二、转炉(短窑)挥发·····	341
三、其他设备或方法·····	342

第十一章 锡中矿的氯化挥发·····	344
第一节 概述·····	344
一、锡中矿氯化挥发的原料特点·····	344
二、氯化挥发工艺的实质及其发展过程·····	346
第二节 锡中矿氯化挥发的理论基础·····	348
一、氯化剂的选择·····	349
二、氯化钙在氯化挥发过程中的作用机理·····	349
三、锡中矿中主要有价金属的氯化挥发·····	356
第三节 氯化挥发实践·····	372
一、回转窑高温氯化挥发工艺流程及主要设备·····	372
二、氯化挥发生产过程·····	375
第四节 氯化挥发设备的防腐·····	403
一、氯化焙烧腐蚀机理简介·····	403
二、设备防腐的效果·····	405
第十二章 锡精矿炼前处理·····	406
第一节 概述·····	406
第二节 锡精矿的焙烧·····	407
一、锡精矿焙烧的理论基础·····	407
二、锡精矿流态化炉焙烧·····	413
三、锡精矿的多膛炉焙烧·····	422
四、锡精矿的回转窑焙烧·····	427
五、其他焙烧技术及设备·····	429
第三节 锡精矿的酸浸·····	430
一、锡精矿浸出的化学反应·····	430
二、影响浸出效率的主要因素·····	431
三、锡精矿浸出实践·····	434
第四节 含黑钨、白钨锡中矿的处理·····	436
一、苏打烧结焙烧·····	436
二、钨锡混合矿的处理·····	439

第五篇 锡精矿还原熔炼

第十三章 锡精矿反射炉熔炼	443
第一节 概述	443
第二节 还原熔炼的理论基础	445
一、还原熔炼的热力学	445
二、还原熔炼的动力学	459
第三节 锡炉渣	464
一、炉渣的作用	464
二、锡炉渣的组成和类型	465
三、渣型选择及配料原则	481
第四节 反射炉熔炼的供热	486
一、反射炉内传热	486
二、气体燃料燃烧供热	487
三、液体燃料燃烧供热	489
四、固体燃料燃烧供热	491
五、反射炉余热利用	495
第五节 反射炉的构造	496
一、炉基和炉底	496
二、炉膛	498
三、炉墙和炉顶	500
四、烟道	501
五、钢结构	501
第六节 反射炉熔炼实践	501
一、开炉和进料	502
二、熔炼	503
三、放锡和放渣	503
四、反射炉停炉和维修	503
第七节 反射炉熔炼的产物	504
一、粗锡	504

二、炉渣·····	505
三、烟尘·····	505
四、生产实例·····	505
第八节 反射炉熔炼的指标·····	509
一、炉床能力·····	509
二、锡的直接回收率·····	510
三、燃料消耗率·····	511
四、产渣率及渣含锡·····	511
第九节 反射炉熔炼的发展·····	511
一、连续熔炼反射炉的构造·····	512
二、连续熔炼反射炉工艺特征·····	512
三、连续熔炼反射炉的主要技术指标·····	514
第十四章 锡精矿电炉熔炼·····	516
第一节 概述·····	516
一、电炉熔炼的发展史·····	516
二、电炉熔炼的特点·····	517
第二节 电炉熔炼的基本过程及渣型选择·····	517
一、电炉熔炼的供电·····	517
二、电炉变压器选择计算·····	519
三、电炉熔炼的基本过程·····	520
四、电炉熔炼还原剂计算·····	524
五、电炉熔炼的渣型·····	525
第三节 电炉的构造·····	528
一、炼锡电炉的一般结构·····	528
二、电炉主要尺寸的计算·····	531
第四节 电炉熔炼实践·····	535
一、烘炉和熔炼·····	535
二、放锡和放渣·····	537
第五节 电炉熔炼的指标·····	538
一、电炉熔炼的回收率和消耗·····	538

二、电炉熔炼的热平衡.....	540
第十五章 还原熔炼新技术、新设备.....	542
第一节 概述.....	542
第二节 卡尔多炉熔炼技术.....	542
一、卡尔多炉的构造和附属设备.....	543
二、卡尔多炉的操作.....	544
三、烟气处理.....	545
四、卡尔多炉主要技术指标.....	546
五、卡尔多炉熔炼技术优缺点.....	546
第三节 澳斯麦特炉熔炼技术.....	547
一、澳斯麦特炉的构造和附属设备.....	547
二、澳斯麦特炉的操作.....	548
三、澳斯麦特炉的烟气处理.....	551
四、澳斯麦特炉主要技术指标.....	551
五、澳斯麦特炉熔炼技术优缺点.....	551

第六篇 锡的精炼

第十六章 锡的火法精炼.....	553
第一节 概述.....	553
一、杂质对锡性质的影响.....	553
二、粗锡的一般成分及精锡标准.....	554
三、火法精炼的原则流程.....	555
第二节 熔析、凝析法除铁、砷.....	556
一、熔析法、凝析法除铁、砷原理.....	557
二、熔析法除铁、砷实践.....	562
三、凝析法除铁、砷实践.....	563
第三节 离心机除铁、砷.....	566
一、离心机除铁、砷原理.....	568
二、离心机除铁、砷实践.....	569
第四节 加硫除铜.....	576