

· 高职高专“十二五”规划教材 ·



重有色金属冶金



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

内 容 提 要

全书共分5篇。第一篇铜冶金的主要内容包括:铜冶金一般知识;铜精矿造钼熔炼的基本原理;闪速熔炼;诺兰达熔池熔炼;顶吹浸没熔炼法;白银炼铜法;其他熔炼新方法;铜钼的吹炼;炉渣的贫化处理;粗铜的火法精炼;铜的电解精炼。第二篇铅冶金的主要内容包括:硫化铅精矿的烧结焙烧;硫化矿铅精矿的直接熔炼;铅的顶吹浸没熔炼工艺;粗铅精炼;从废铅蓄电池生产再生铅;铅冶金技术发展。第三篇锌冶金的主要内容包括:硫化锌精矿的焙烧;湿法炼锌;火法炼锌;锌冶金的发展。第四篇镍冶金的主要内容包括:镍冶金的一般知识;造钼熔炼;低镍钼的吹炼;高镍(铜)钼的磨浮分离;镍的精炼;镍电解液的净化;高冰镍的湿法精炼;羰基法制取高纯镍;从红土矿提取镍的方法。第五篇锡冶金的主要内容包括:锡精矿的炼前处理;锡精矿的还原熔炼;炼锡炉渣及低锡物料的处理;粗锡的精炼;锡冶炼过程中间产物的处理。

本书可供高职高专冶金工程专业教学使用,也可供从事相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

重有色金属冶金/宋兴诚主编. —北京:冶金工业出版社,2011.4

高职高专“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-5521-7

I. ①重… II. ①宋… III. ①重有色金属—有色金属冶金—高等职业教育—教材 IV. ①TF81

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第042093号

出版人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcb@cnmip.com.cn

责任编辑 郭冬艳 美术编辑 李 新 版式设计 葛新霞

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5521-7

北京百善印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2011年4月第1版,2011年4月第1次印刷

1/16;21.5印张;519千字;325页

43.00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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

《重有色金属冶金》是冶金技术专业的主要专业教学用书之一。

进入 21 世纪以来,我国有色金属工业持续稳定地发展,铜、铅、锌、镍、锡等重有色金属的产量占有色金属总产量的一半以上,稳居世界第一,随着环保、能源形势日趋严峻和科学技术及冶炼工艺的不断进步,重有色金属冶炼企业广泛采用新工艺、新技术、新设备,其发展趋势迫切需要专业理论知识强、动手能力强、技术娴熟的高技能型人才。

同时,随着环保、能源形势日趋严峻,科学技术及冶炼工艺的不断进步,由于传统炼铜方法能耗高,劳动生产率低,环保治理难度大,污染严重,已不能满足社会发展的需要。因此已逐渐被闪速熔炼和熔池熔炼方法所取代,本书着重介绍了这两种方法。

根据云南锡业集团职业技术学院冶金技术专业教学计划、教学大纲的要求和云南锡业集团的冶金生产方法,编者编写了本教材。本书共分 5 篇,分别介绍了铜、铅、锌、镍、锡共 5 种重有色金属冶金的基本知识,其内容包括金属的自然分布状况、性质和用途、冶炼的理论和方法,并综合了近年来国内外重有色金属冶金技术的新成果。全书内容丰富,注重基本理论和基本知识的要求,充实了新设备、新技术、新工艺的内容,注重实践,适合高职高专、技校、中专的师生使用。

本书由宋兴诚任主编,潘薇任副主编,编委有彭林、白家富、许洪文、张勇、楚斌、韩茂昌。由于编写本书时间仓促以及编者水平所限,本书中的错误和缺点,敬请读者批评指正,编者将不胜感激。

编 者

2010 年 10 月

目 录

第一篇 铜 冶 金

1 铜冶金一般知识	1
1.1 铜及其主要化合物的性质	1
1.1.1 铜及其主要合金的性质	1
1.1.2 铜的硫化物、氧化物及其性质	3
1.2 铜的产量及用途	4
1.2.1 近 20 年世界各国的铜产量	4
1.2.2 铜的用途	4
1.3 铜冶金原料	4
1.3.1 铜的矿物、矿石与精矿	4
1.3.2 铜精矿的组成与冶炼工艺的关系	4
1.3.3 再生铜原料	5
1.4 铜冶金方法	5
1.5 近 30 年来国内外铜冶金技术的发展	7
2 铜精矿造钼熔炼的基本原理	9
2.1 概述	9
2.2 造钼熔炼的基本原理	9
2.2.1 主要物理化学变化	9
2.2.2 铜熔炼有关反应的 $\Delta G^\ominus - T$ 图	10
2.2.3 M-S-O 系化学势图	11
2.2.4 矢泽彬的铜熔炼硫势-氧势图	13
2.2.5 斯吕德哈、托格里和斯米尔诺夫的铜熔炼氧势-硫势图	14
2.3 熔炼产物	15
2.3.1 铜钼的形成及其特性	15
2.3.2 炉渣的组成及其性质	18
2.3.3 炉渣-铜钼间的相平衡	21
3 闪速熔炼	23
3.1 铜精矿闪速熔炼的工艺流程及生产过程	23
3.2 闪速炉反应塔内的主要氧化反应	25

3.3	奥托昆普闪速炉的炉体结构和精矿喷嘴类型	26
3.4	闪速熔炼作业的技术管理	27
3.4.1	闪速炉熔炼过程的管理	27
3.4.2	贫化电炉的管理	29
3.5	闪速熔炼的主要技术经济指标	29
3.5.1	干矿水分	29
3.5.2	铜铈品位	29
3.5.3	炉渣含铜	29
3.6	铜闪速熔炼的配料计算	30
3.7	闪速熔炼的计算机控制	32
3.8	闪速熔炼发展的成就	33
3.8.1	闪速熔炼的“四高”发展趋势	33
3.8.2	闪速炉熔炼发展的新技术新设备	34
4	诺兰达熔池熔炼	37
4.1	诺兰达熔炼生产工艺流程简述	37
4.2	炉料和燃料	38
4.2.1	对炉料粒度和水分的要求	38
4.2.2	混合炉料配料原则	38
4.2.3	熔剂	38
4.2.4	燃料	39
4.3	熔池中的物理化学变化	39
4.4	熔炼产物	40
4.4.1	铜铈	40
4.4.2	炉渣	42
4.5	诺兰达炉熔炼的生产数据与主要技术经济指标	42
4.6	诺兰达反应炉结构及其装备	43
4.6.1	诺兰达反应炉的炉体结构	43
4.6.2	诺兰达反应炉的装置及其结构	44
4.6.3	诺兰达反应炉的附属装置	44
4.7	诺兰达炉正常操作的控制及常见故障的处理	44
4.7.1	诺兰达炉熔炼过程的主要控制参数及控制方法	44
4.7.2	常见故障及处理	49
4.8	诺兰达熔池熔炼的特点及发展趋势	51
5	顶吹浸没熔炼法	52
5.1	概述	52
5.2	生产工艺流程	52
5.3	顶吹浸没熔炼炉的结构及主要附属设备	56

5.3.1 炉子结构	56
5.3.2 主要附属设备	56
5.4 炉子的正常操作及常见故障处理	58
5.4.1 澳斯麦特炉的操作	58
5.4.2 贫化电炉的操作	59
5.4.3 顶吹浸没熔炼炉常见工艺故障及处理	60
5.5 顶吹浸没熔炼的主要技术经济指标	61
5.6 顶吹浸没熔炼法的特点及发展趋势	62
6 白银炼铜法	64
6.1 概述	64
6.2 白银炼铜法的生产	64
6.3 白银炉炉体结构及主要附属设备	64
6.3.1 白银炉的炉体结构	64
6.3.2 主要附属设备	66
6.4 白银炉的正常操作及常见故障的处理	66
6.4.1 白银炉熔炼主要技术条件控制	66
6.4.2 正常生产操作	67
6.4.3 开、停炉作业	68
6.4.4 常见故障及处理	68
6.5 白银炼铜法主要技术经济指标	70
6.5.1 床能力	70
6.5.2 标准燃料率	71
6.5.3 烟气二氧化硫浓度	71
6.5.4 渣含铜	71
6.5.5 铜的直收率和回收率	71
6.5.6 炉寿命	71
6.5.7 炉子热效率	72
6.6 白银炼铜法的工艺特点及发展趋势	72
7 其他熔炼新方法	74
7.1 瓦纽柯夫法	74
7.2 特尼恩特法	75
7.3 三菱法连续炼铜	76
7.4 北镍法(氧气顶吹自热熔炼炉)	76
8 铜铈的吹炼	78
8.1 概述	78
8.2 铜铈吹炼的基本原理	78

8.2.1	吹炼时的主要物理化学变化	78
8.2.2	杂质在吹炼过程中的行为	79
8.3	转炉结构及耐火材料	80
8.3.1	转炉结构	80
8.3.2	转炉的附属设备	80
8.3.3	转炉用的耐火材料	80
8.4	转炉吹炼生产实践	81
8.4.1	吹炼过程	81
8.4.2	作业制度	82
8.4.3	转炉吹炼加料	82
8.4.4	铜铤吹炼产物及放渣与出铜操作	83
8.4.5	转炉的开、停炉作业	85
8.4.6	转炉吹炼过程中常见的故障及其处理	86
8.4.7	转炉吹炼的技术经济指标	86
8.5	铜铤吹炼的其他方法	88
8.5.1	反射式连续吹炼炉吹炼	88
8.5.2	铜铤的闪速吹炼	89
9	炉渣的贫化处理	90
9.1	还原贫化法	90
9.2	磨浮法处理炉渣	91
9.2.1	诺兰达熔炼炉渣的选矿工艺	91
9.2.2	转炉渣的选矿工艺	92
9.2.3	铜炉渣磨浮法与电炉贫化法的比较	92
10	粗铜的火法精炼	93
10.1	概述	93
10.2	粗铜火法精炼的基本原理	93
10.3	粗铜火法精炼生产工艺	96
10.3.1	回转炉精炼工艺	96
10.3.2	反射炉精炼工艺	98
10.3.3	倾动炉精炼工艺	100
10.4	阳极浇铸	100
10.4.1	圆盘浇铸	101
10.4.2	阳极铸模	101
10.4.3	阳极外形质量与修整	102
10.4.4	Hazelett 连铸机	103
11	铜的电解精炼	104
11.1	电解精炼的目的	104

11.2 电解精炼的基本原理	104
11.2.1 铜电解精炼过程的电极反应	104
11.2.2 阳极杂质在电解过程中的行为	106
11.3 电解精炼工艺流程及生产实践	109
11.3.1 铜电解精炼生产工艺流程	109
11.3.2 电解生产的设备	109
11.3.3 铜电解精炼的电解液	111
11.3.4 铜电解精炼的电流密度、电流效率、槽电压和电能消耗	114

第二篇 铅 冶 金

1 铅冶金概述	117
1.1 铅的性质	118
1.1.1 铅的物理性质	118
1.1.2 铅的化学性质	118
1.2 主要铅化合物的性质	119
1.2.1 硫化铅	119
1.2.2 氧化铅	119
1.2.3 硫酸铅	120
1.2.4 氯化铅	120
1.3 铅的用途	120
1.4 铅的消费	120
1.5 炼铅的原料	121
1.5.1 原生铅	121
1.5.2 再生铅	121
1.6 铅的生产方法	122
1.6.1 火法炼铅	122
1.6.2 电热法炼铅	123
1.6.3 湿法炼铅	123
2 硫化铅精矿的烧结焙烧—鼓风炉还原熔炼	124
2.1 硫化铅精矿的烧结焙烧	124
2.1.1 硫化铅精矿烧结焙烧的目的	124
2.1.2 烧结焙烧的炉料组成	124
2.1.3 硫化铅精矿烧结焙烧的化学反应	124
2.1.4 烧结块的质量要求	126
2.1.5 精矿和熔剂中造渣组分的行为	126
2.1.6 炉料的混合与制粒	128
2.1.7 硫化铅精矿的制粒	128

2.1.8	烧结机的正常操作及故障处理	130
2.2	鼓风炉还原熔炼	132
2.2.1	鼓风炉还原熔炼的基本原理	132
2.2.2	还原熔炼时铅炉料中各主要组分的行为	132
2.3	氧化铅精矿的还原熔炼	135
2.3.1	氧化铅精矿的制团	135
2.3.2	氧化铅团矿的还原熔炼	135
2.4	传统的烧结—鼓风炉流程炼铅的主要缺点	135
3	硫化矿铅精矿的直接熔炼	137
3.1	硫化矿直接熔炼的原理	137
3.2	硫化铅矿直接熔炼的基本方法	138
3.2.1	氧气底吹熔炼—鼓风炉还原炼铅工艺	138
3.2.2	QSL 法	139
3.2.3	基夫赛特法(Kivcet)	140
3.2.4	顶吹熔炼法	142
3.2.5	倾斜式旋转转炉法	145
3.2.6	瓦纽柯夫法炼铅	147
4	铅的顶吹浸没熔炼工艺	149
4.1	Ausmelt 技术概述	149
4.2	顶吹浸没熔炼工艺原理	149
4.3	顶吹浸没熔炼炉结构	149
4.4	顶吹浸没熔炼工艺过程	151
5	粗铅精炼	154
5.1	概述	154
5.2	粗铅除铜	154
5.2.1	熔析除铜	154
5.2.2	加硫除铜	155
5.2.3	铜浮渣的处理	157
5.3	碱性精炼除硒、碲、砷、锡、锑	157
5.3.1	碱性精炼除硒、碲	158
5.3.2	粗铅碱性精炼除砷、锡、锑	158
5.3.3	加锌除银精炼	159
5.3.4	加钙除铋精炼	161
5.4	粗铅电解精炼	162
5.4.1	铅电解工艺原理	162
5.4.2	杂质在电解过程中的行为	162

5.4.3	铅电解技术条件及其控制	163
5.5	铅电解精炼的主要操作	166
5.5.1	阳极准备	166
5.5.2	出装槽及其槽面操作	166
5.5.3	析出铅的融化与铸锭	167
5.5.4	阳极泥的洗滤	167
5.6	铅电解的主要技术经济指标	167
6	从废铅蓄电池生产再生铅	169
6.1	概述	169
6.2	含铅废料的回收工艺	169
6.2.1	含铅废料的反射炉熔炼	170
6.2.2	含铅废料的电炉熔炼	170
6.2.3	含铅废料的其他冶金炉熔炼方法特点介绍	171
6.3	用含铅废料生产铅合金	171
6.3.1	铅的主要合金产品	171
6.3.2	含铅废料生产合金的方法	172
6.4	湿法冶金处理废蓄电池	172
7	铅冶金技术发展	174

第三篇 锌 冶 金

1	概述	175
1.1	锌的主要性质	175
1.2	锌的主要化合物	176
1.2.1	硫化锌(ZnS)	176
1.2.2	氧化锌(ZnO)	176
1.2.3	硫酸锌($ZnSO_4$)	176
1.2.4	氯化锌($ZnCl_2$)	176
1.3	锌的主要用途	176
1.4	炼锌的原料	177
1.5	锌的冶炼方法	177
2	硫化锌精矿的焙烧	178
2.1	硫化锌精矿焙烧的目的	178
2.2	硫化锌精矿焙烧的热力学	178
2.2.1	$Zn-S-O$ 系等温平衡状态图	178
2.2.2	铁酸锌($ZnO \cdot Fe_2O_3$)和硅酸锌($ZnO \cdot SiO_2$)的生成	179

2.3 硫化锌精矿焙烧动力学	179
2.3.1 硫化锌精矿的着火温度	179
2.3.2 焙烧反应的机理与速度	180
2.4 焙烧生产实践	180
2.4.1 沸腾焙烧炉开炉与停炉	180
2.4.2 沸腾焙烧的正常操作	181
2.5 沸腾焙烧的主要技术经济指标	182
3 湿法炼锌	183
3.1 锌焙砂的浸出	183
3.1.1 浸出的目的	183
3.1.2 浸出过程的热力学基础	183
3.1.3 中性浸出中 Fe^{2+} 的氧化及 Fe^{3+} 与 As、Sb 的共沉淀	184
3.1.4 浸出过程的速度及其影响因素	185
3.1.5 高温高酸浸出黄钾铁矾法沉淀工艺原理	185
3.1.6 热酸浸出针铁矿法沉铁新工艺	186
3.1.7 赤铁矿法沉铁工艺	187
3.1.8 硅酸盐在浸出过程中的行为	187
3.1.9 浸出的生产实践	188
3.1.10 浸出的主要技术经济指标	189
3.2 浸出液的净化	189
3.2.1 净化的目的	189
3.2.2 锌粉置换铜镉	189
3.2.3 净化除钴	190
3.2.4 净化除氟氯	191
3.2.5 净化的生产实践	192
3.2.6 净化的主要技术经济指标	193
3.3 硫酸锌溶液的电沉积	193
3.3.1 电沉积基本原理	193
3.3.2 电解液中的主要杂质对电解过程的影响	194
3.3.3 添加剂的作用与析出锌的质量	194
3.3.4 电解的生产实践	195
3.3.5 电解的主要技术经济指标	196
3.4 阴极锌的熔铸	196
3.4.1 熔铸的目的和原理	196
3.4.2 锌熔铸的生产实践	197
3.4.3 熔铸的主要技术经济指标	197
4 火法炼锌	198
4.1 火法炼锌的基本原理	198

4.1.1	间接加热时锌的还原挥发	199
4.1.2	直接加热时锌的还原挥发	199
4.1.3	锌蒸气的冷凝	199
4.2	火法炼锌的生产实践	200
4.2.1	平罐炼锌	200
4.2.2	竖罐炼锌	200
4.2.3	电炉炼锌	200
4.2.4	鼓风炉炼锌	200
4.3	锌的火法精炼	200
4.3.1	熔析法精炼粗锌	200
4.3.2	精馏法精炼粗锌	201
5	锌冶金的发展	202
5.1	氧压浸出技术原理	202
5.2	氧压浸出在国内外应用与研究现状	202
5.3	氧压浸出的技术经济分析	203

第四篇 镍 冶 金

1	镍冶金的一般知识	205
1.1	概述	205
1.1.1	世界镍资源	205
1.1.2	国内镍资源	205
1.2	镍及其主要化合物的物理化学性质	206
1.2.1	镍的主要物理化学性质	206
1.2.2	镍的化合物及性质	206
1.3	镍的用途及其消费量	207
1.3.1	镍的用途	207
1.3.2	镍的消费量	208
1.4	镍的生产量及其变化	208
1.5	炼镍原料及生产方法	209
1.5.1	炼镍原料	209
1.5.2	镍的生产方法	210
2	造钕熔炼	211
2.1	造钕熔炼概述	211
2.1.1	原料	211
2.1.2	产物	211
2.2	镍钕熔炼的理论基础	211

2.2.1	主要矿物在熔炼过程中发生的主要反应	211
2.2.2	其他微量元素在造钽熔炼过程中的行为	213
2.2.3	镍钽的组成及其性质	213
2.2.4	镍在炉渣中的损失	213
2.3	硫化镍矿的造钽熔炼	214
2.3.1	闪速炉熔炼	214
2.3.2	电炉熔炼	220
3	低镍钽的吹炼	227
3.1	铜、镍、钴、铁的硫化次序	228
3.1.1	铁的氧化造渣	228
3.1.2	吹炼后期生成铜镍合金的原因	229
3.1.3	各种元素在吹炼过程中的行为	229
3.2	转炉的生产实践	231
3.3	转炉渣的电炉贫化	231
4	高镍(铜)钽的磨浮分离	233
4.1	概述	233
4.2	分离与提取精炼的方法	233
4.2.1	分层熔炼法	233
4.2.2	磨浮分离法	233
4.3	磨浮法	234
4.3.1	高镍钽的缓冷	234
4.3.2	磨浮的产物	235
5	镍的精炼	236
5.1	镍的电解精炼	236
5.2	镍电解精炼的工艺流程	237
5.2.1	阳极过程	237
5.2.2	阴极过程	238
6	镍电解液的净化	240
6.1	阳极液净化的流程	240
6.2	净化方法及流程的选择	240
7	高冰镍的湿法精炼	242
7.1	概述	242
7.1.1	硫酸选择性浸出	242
7.1.2	氯化浸出	242

7.2 硫酸选择性浸出工艺	242
7.2.1 浸出过程的主要化学反应	243
7.2.2 常压浸出液的净化	244
7.2.3 影响浸出过程的因素	244
7.3 氯化浸出精炼工艺	244
7.3.1 浸出工艺简介	244
7.3.2 氯化浸出过程	245
7.3.3 氯化浸出液的净化	245
7.3.4 氯化镍电积精炼	246
7.4 高镍铈的加压氨浸工艺	246
7.4.1 加压氨浸	246
7.4.2 蒸氨除铜	248
7.4.3 氧化水解	248
7.4.4 加压液相氢还原	248
8 羰基法制取高纯镍	250
9 从红土矿提取镍的方法	251
9.1 氨浸法	251
9.2 加压酸浸法处理红土矿	252

第五篇 锡 冶 金

1 概述	255
1.1 锡矿的基本知识与锡矿资源	255
1.1.1 锡的地球化学	255
1.1.2 锡的矿物	255
1.1.3 锡矿床及锡矿资源	256
1.2 锡及其主要化合物的物理化学性质	256
1.2.1 金属锡	256
1.2.2 锡的主要化合物及其性质	258
1.3 锡合金	262
1.4 锡的用途	263
2 锡精矿的炼前处理	264
2.1 概述	264
2.2 锡精矿的焙烧	264
2.2.1 焙烧的目的和基本原理	264
2.2.2 锡精矿的焙烧方法	266
2.2.3 流态化焙烧主体设备及其操作	267

2.2.4	回转窑焙烧的主体设备及其操作	270
2.2.5	焙烧的工艺流程	271
2.2.6	锡精矿焙烧的技术经济指标	273
3	锡精矿的还原熔炼	275
3.1	概述	275
3.2	还原熔炼的基本原理	275
3.2.1	碳的燃烧反应	275
3.2.2	金属氧化物(MeO)的还原	276
3.2.3	炼锡炉渣	280
3.2.4	渣型选择与配料原则	282
3.3	锡的反射炉熔炼	283
3.4	电炉熔炼	283
3.4.1	电炉的生产工艺流程	283
3.4.2	电炉熔炼的特点	284
3.4.3	电炉的熔炼过程	284
3.4.4	入炉物料	285
3.5	澳斯麦特炉炼锡	285
3.5.1	澳斯麦特熔炼的一般生产工艺流程	285
3.5.2	澳斯麦特炼锡炉及主要附属工艺设备	289
3.5.3	澳斯麦特炉炼锡的过程	290
3.5.4	澳斯麦特炉的富氧还原熔炼	291
4	炼锡炉渣及低锡物料的处理	293
4.1	概述	293
4.2	硫化挥发的基本原理	293
4.2.1	硫化挥发的热力学基础	293
4.2.2	硫化挥发的动力学基础	296
4.3	烟化炉操作实践	297
4.3.1	烟化炉原则生产工艺流程	297
4.3.2	烟化炉的主要技术操作条件	297
4.3.3	烟化炉的构造	298
4.4	烟化炉的产物和指标	299
4.4.1	烟化炉的产物	299
4.4.2	烟化炉的指标	299
4.5	烟化炉富氧熔炼简介	300
5	粗锡的精炼	301
5.1	概述	301

5.1.1 杂质对锡性质的影响	301
5.1.2 粗锡的一般成分及精锡标准	301
5.1.3 锡的精炼方法	302
5.2 锡的火法精炼	302
5.2.1 火法精炼的原则工艺流程	302
5.2.2 熔析、凝析法除铁、砷	302
5.2.3 离心机除铁、砷	307
5.2.4 加硫除铜	308
5.2.5 连续结晶机除铅、铋	308
5.2.6 加铝除砷、锑	311
5.2.7 粗锡的其他火法精炼方法简介	314
5.3 粗锡和焊锡的电解精炼	314
5.3.1 概述	314
5.3.2 电解的原理	315
5.3.3 粗锡电解	315
5.3.4 焊锡电解	315
6 锡冶炼过程中间产物的处理	319
6.1 概述	319
6.2 硬头的处理	319
6.2.1 硬头的生成机理和成分	319
6.2.2 烟化法处理硬头	320
6.2.3 硅铁法处理硬头	320
6.2.4 加铅提取法处理硬头	320
6.2.5 先加热熔析后焙烧处理硬头	321
6.3 熔析渣、离心析渣和炭渣的处理	321
6.3.1 熔析渣、离心析渣和炭渣的成分	321
6.3.2 熔析渣焙烧脱砷、硫	321
6.3.3 离心析渣焙烧脱砷、硫	322
6.3.4 离心析渣、炭渣真空蒸馏脱砷	322
6.4 硫渣的处理	322
6.4.1 硫渣的成分	322
6.4.2 硫渣隔膜电解—氧化焙烧—硫酸浸出生产硫酸铜	322
6.4.3 硫渣浮选—氧化焙烧—硫酸浸出生产硫酸铜	323
6.4.4 硫渣处理的焙烧—浸出—电积法	323
6.5 铝渣的处理	324
6.5.1 苏打焙烧—溶浸—电炉熔炼	324
6.5.2 铝渣直接电炉熔炼—粗锡火法精炼配制轴承合金	324
参考文献	325

铜冶金



1 铜冶金一般知识

铜是人类最早发现和应用的金属材料之一。据考证,西亚地区是世界上最早应用铜并掌握炼铜技术的地区。在土耳其南部靠近西亚的查塔尔蜚克发现含有铜粒的炉渣距今已有 8000~9000 年的历史。我国是世界四大文明古国之一,大批出土文物表明,我国在夏代就进入了青铜时代,在甘肃马家窑文化遗址发现的青铜刀,距今已有 5000 年,湖北大冶铜绿山矿附近的古矿冶遗址距今已有 2500~2700 年。湿法炼铜更是源于我国。1698 年英国开始采用反射炉炼铜,真正引起炼铜工艺大变革的是 19 世纪后期即 1880 年出现转炉以后,用转炉吹炼铜,简化了流程,缩短了冶炼周期。1865 年欧洲出现了电解精炼,从而使铜的纯度大大提高,从 19 世纪末到 20 世纪 20 年代,鼓风炉熔炼占主导地位。而 20 世纪 20 年代到 20 世纪 70 年代则以反射炉熔炼为主。自 20 世纪 60 年代以来,以闪速熔炼为代表的一批强化冶炼新工艺,逐渐取代了反射炉熔炼。

我国虽然很早就生产和应用铜,但新中国成立以前我国炼铜工业一直处于落后地位,全国仅有几个小再生铜冶炼厂。自新中国成立后我国整个工业水平迅速提高,从 20 世纪 50 年代后期开始,我国逐渐建立起几座现代化炼铜厂,近 20 年来,几乎世界上的各种先进炼铜工艺都在我国得到了应用,近年来我国的铜产量已跃居世界前列。

1.1 铜及其主要化合物的性质

1.1.1 铜及其主要合金的性质

铜是一种具有金属光泽、组织致密、磨光时呈红色、柔性和可锻性很好的金属,铜的导电性仅次于银,表 1-1-1 列出了铜的一些物理性质。

表 1-1-1 铜的物理性质

相对原子质量	63.54
熔点/°C	1083.6
熔化热 $Q/\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	13.0
沸点/°C	2567