

有色金属总论

铜镍钴

锌镉铅铋

锡锑汞

铝

镁

锂铍

钨钼钽

钛锆钪

钒铌钽

稀土金属

贵金属

现代化设备

能源与节能

有色金属提取冶金 手 册

A HANDBOOK
FOR EXTRACTIVE METALLURGY
OF NONFERROUS METALS

铜镍

冶金工业出版社

有色金属提取冶金 手 册

铜 镍

冶金工业出版社

有色金属总论

铜镍钴

锌镉铅铋



锡锑汞

铝

镁

锂铍

钨钼铋

钛锆铪

钒铌钽

稀土金属

贵金属

现代化设备

ISBN 7-5024-2529-2



9 787502 425296 >

有色金属提取 冶金手册

铜 镍

《有色金属提取冶金手册》编辑委员会 编

本卷主编 任鸿九 王立川

北京
冶金工业出版社
2000

内 容 提 要

本书为《有色金属提取冶金手册》的铜镍卷, 主要内容包括铜、镍造钨熔炼的理论基础及现行各工艺的生产实践, 重点介绍了闪速熔炼、熔池熔炼、镍铜高钨的分离、精炼和湿法炼铜的浸出-萃取-电积等工艺的主要设备、生产过程的技术经济指标、故障处理、综合利用、环境保护等。全书突出了铜镍冶炼的新技术、新工艺和新的科研成果。

本书每篇末均附有与正文呼应的主要参考文献。

本书适用于从事铜镍钴冶金的科研、生产、设计、教学人员及高校冶金工程专业高年级学生、研究生, 也可供生产管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

有色金属提取冶金手册: 铜镍 / 《有色金属提取冶金手册》编辑委员会编. —北京: 冶金工业出版社, 2000. 7

ISBN 7-5024-2529-2

I. 有… II. 有… III. ①炼铜-提取冶金-手册 ②炼镍-提取冶金-手册 IV. TF8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 03271 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 刁传仁 美术编辑 熊晓梅 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 7 月第 1 版, 2000 年 7 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 23.375 印张; 627 千字; 730 页; 1.2500 册

65.00 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)

总 序 言

《有色金属提取冶金手册》是为有色冶金工作者编写的一套较全面的工具书和参考书。凡从事有色金属提取冶金方面的生产、科研、设计、情报等的科技人员都可从中找到简明扼要的现代资料。这套手册也可作为有色冶金专业教师、研究生及高年级学生的辅助教材,并可供需要了解有色冶金历史、现状及今后发展动向的企业经营管理人员参考。在不大的篇幅内系统介绍各种主要有色金属生产是本手册的特点。

这套手册介绍了 10 种重金属、2 种轻金属、9 种稀有高熔点金属、全部稀土金属与金银铂钯等贵金属的发展史略,介绍了与提取冶金有关的物理化学、工业矿物原料、冶炼和精炼方法、工艺技术参数、生产设备、有色金属提取冶金的能源及节能等,内容叙述详略适当,数据翔实可靠。

这套手册的编写人员主要为中南工业大学有色冶金系的教授和副教授,各卷的书名及其主编人如下:

有色金属总论	赵天从	何福煦	
铜镍钴	任鸿九	王立川	
锌镉铅铋	彭容秋		
锡锑汞	汪 键	赵天从	
铝	杨重愚	龙远志	杨济民
镁	徐日瑶		
锂铍	汪锡孝		
钨钼铋 钛锆铪 钽铌钒	李洪桂	莫似浩	林振汉
	钟海云	赵秦生	
稀土金属	潘叶金		
贵金属	卢宜源	宾万达	

现代化设备

陈文修 梅 焯

能源及节能

唐帛铭

在收集素材的过程中还得到校内外不少同志大力支持。在此一并致谢。

《有色金属提取冶金手册》编辑委员会

1999年12月

本卷序言

本卷包括铜、镍提取冶金过程的基本原理、生产工艺及生产数据。由于钴常与镍共生，在镍冶金的相关内容已溶入钴的内容，全书以铜镍为主，故全书名为铜镍卷，其中，铜冶金篇以九章篇幅着重综述了铜的火法冶金流程，包括造钼熔炼物理化学、闪速熔炼、熔池熔炼、传统熔炼、铜钼吹炼、炉渣贫化处理、火法精炼和电解精炼，以一章篇幅系统综述了浸出-萃取-电积的湿法炼铜工艺。镍冶金篇用约一半的篇幅从综述火法炼镍的物理化学入手，着重介绍镍的造钼熔炼及吹炼、镍钼的分离和提取精炼以及镍铁熔炼，用约一半的篇幅着重介绍了硫化镍阳极电解和粗镍电解精炼、高镍钼的湿法提取、硫化镍矿的湿法冶金以及氧化镍矿的湿法冶金。

由于近30年来，硫化矿冶炼取得了长足的进展，闪速熔炼和熔池熔炼新方法纷纷取代传统的造钼熔炼；湿法炼铜不断发展，全世界用溶剂萃取-电积法生产的铜已占全球矿产铜量的20%左右。因此，本卷章节结构，内容详略不一，以适应铜镍冶金的发展。

鉴于本卷原主编因健康原因要求调整分工，本手册编委会主任赵天从调整了本卷主编。王立川老师为实现赵老先生的遗愿，抱重病完成了镍冶金篇的撰稿；彭容秋老师主持制定了铜冶金篇的大纲，并参与了本卷书稿的审稿、定稿工作。

本卷铜冶金篇的编纂得到了多年来从事湿法炼铜的杨筱庸、从事有色冶金设计的徐光清、闪速熔炼生产一线的周俊等校友以及在校长期从事铜冶金教学和科研的校友参与。北京有色冶金设计研究总院的陈知若校友为铜冶金篇的编写提供不少宝贵建议和

他本人整理的图表资料。本卷书稿的完成倾注了校友们对母校、对老师的一片深情。

由于本书内容涉及面较宽，作者水平所限，错误和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

参加本卷编写的成员有：

张训鹏：铜冶金篇第一章

任鸿九：铜冶金篇第二章、第五章第二、三节

周俊：铜冶金篇第三章、第五章第一节、第七章

郭睿倩：铜冶金篇第四章、第七章

胡军：铜冶金篇第六章

徐光清：铜冶金篇第八章、第九章

杨佼庸：铜冶金篇第十章

王立川：镍冶金篇第一章~第七章

本书可作为冶金院校高年级学生、研究生的教学参考书，也可供从事铜镍钴冶金的科研、生产、设计、教学、生产管理人员参考。

编者

1999年11月

目 录

第一篇 铜 冶 金

第一章 铜冶金概论	(1)
第一节 世界铜生产概况	(1)
第二节 铜及其主要化合物的性质	(10)
一、铜的物理化学性质	(10)
二、铜的氧化物和硫化物	(11)
第三节 铜的用途	(14)
第四节 铜冶金原料	(17)
一、资源状况	(17)
二、铜的矿物	(17)
三、铜矿床	(17)
四、铜精矿	(19)
第五节 炼铜方法	(21)
第二章 造钼熔炼的物理化学	(25)
第一节 钼的形成及其特性	(27)
一、铜钼的主要组成	(27)
二、铜钼有关状态图	(28)
三、铜钼组分的活度	(32)
四、铜钼熔体物理性质	(32)
第二节 造钼熔炼炉渣及其特性	(37)
一、炉渣主要组成	(37)
二、炉渣有关状态图、氧势和组成关系	(38)
三、炉渣组分的活度	(49)
四、炉渣熔体物理性质	(59)

第三节 铜熔炼氧硫势状态图	(77)
一、矢泽彬的铜熔炼状态图	(77)
二、斯吕德哈、托格里和斯米尔诺夫的铜熔炼状态图	(80)
第四节 渣含铜问题	(85)
一、渣中铜的损失量	(85)
二、渣中铜的损失形式问题	(87)
三、影响铜在炉渣中损失的主要因素	(91)
第三章 铜精矿的闪速熔炼	(96)
第一节 概述	(96)
第二节 奥托昆普闪速熔炼	(97)
一、奥托昆普闪速熔炼的原料、熔剂、送风制度和辅助 燃料	(101)
二、精矿干燥	(104)
三、奥托昆普闪速熔炼的精矿喷嘴	(112)
四、奥托昆普闪速炉的炉体结构	(122)
五、奥托昆普闪速熔炼的操作技术	(146)
六、奥托昆普闪速炉熔炼烟气的降温除尘及烟尘的处理	(150)
七、奥托昆普闪速熔炼的计算机控制	(160)
八、奥托昆普闪速炉直接炼铜	(163)
第三节 因科闪速熔炼	(169)
一、因科闪速熔炼工艺流程	(169)
二、因科闪速炉结构	(170)
三、因科闪速炉的热平衡	(173)
四、因科闪速熔炼的工艺控制	(175)
五、因科闪速炉的主要辅助设备	(177)
六、因科闪速熔炼的生产实践	(179)
第四节 闪速吹炼	(182)
一、闪速吹炼中金属铜的生成	(182)
二、反应塔中铜硫化氧化反应的特点	(184)
三、闪速吹炼的热平衡	(185)

四、杂质元素的行为	(187)
五、闪速吹炼渣型的选择	(193)
六、吹炼铜硫品位的选择	(198)
七、闪速吹炼的应用	(198)
第四章 铜精矿的熔池熔炼	(206)
第一节 概述	(206)
第二节 熔池熔炼过程的速率现象	(207)
一、熔体搅拌功	(208)
二、气泡搅动的界面上的传质系数	(210)
三、固体颗粒与熔体间的传热系数	(212)
第三节 侧吹熔池熔炼	(212)
一、诺兰达法	(212)
二、白银法	(221)
三、瓦纽科夫法	(230)
四、特尼恩特法	(242)
五、四种侧吹熔池熔炼的比较	(249)
第四节 顶吹熔池熔炼	(251)
一、三菱法	(251)
二、艾萨法	(258)
第五章 铜精矿的传统熔炼	(264)
第一节 密闭鼓风炉熔炼	(265)
一、概述	(265)
二、密闭鼓风炉熔炼的基本原理	(268)
三、密闭鼓风炉的热平衡	(271)
四、密闭鼓风炉的主要附属设备	(272)
五、密闭鼓风炉的炉料和燃料	(275)
六、密闭鼓风炉的熔炼产物	(278)
七、密闭鼓风炉的技术条件和技术经济指标	(280)
八、密闭鼓风炉熔炼的强化	(284)
第二节 反射炉熔炼	(289)

一、概述	(289)
二、反射炉熔炼过程	(291)
三、反射炉的构造	(292)
四、熔炼反射炉的热平衡	(294)
五、反射炉熔炼的生产数据	(295)
六、反射炉熔炼的发展	(296)
第三节 电炉熔炼	(296)
第六章 铜铈的吹炼	(299)
第一节 概述	(299)
第二节 铜铈吹炼的理论基础	(302)
一、铜铈吹炼的热力学分析	(302)
二、铜铈各组分在吹炼过程中的变化	(305)
三、铜铈吹炼过程热化学	(308)
四、造渣期 Fe_3O_4 的控制	(309)
第三节 铜铈转炉吹炼实践	(311)
一、转炉基本结构	(311)
二、铜铈吹炼作业	(314)
三、吹炼过程故障及处理	(315)
四、国内转炉技术改造	(316)
五、铜铈富氧吹炼	(318)
六、吹炼的技术经济指标	(319)
七、国内外转炉生产实践	(320)
第四节 铜铈吹炼的其它方法	(337)
一、虹吸式(霍勃肯 Hobken)转炉	(337)
二、顶吹转炉	(338)
三、闪速吹炼技术	(340)
四、特尼恩特转炉	(341)
五、瓦纽科夫吹炼技术	(342)
六、诺兰达转炉	(343)
第七章 铜炉渣的贫化处理	(346)

第一节 电炉贫化法	(346)
一、电炉贫化的基本原理	(346)
二、电炉贫化过程	(349)
三、电炉贫化的主要技术经济指标	(350)
第二节 磨浮贫化法	(356)
第八章 粗铜的火法精炼	(363)
第一节 反射炉火法精炼	(363)
一、反射炉精炼工艺过程	(364)
二、反射炉精炼实践	(371)
三、精炼产物	(373)
四、火法精炼反射炉	(374)
第二节 回转炉火法精炼	(375)
一、回转炉精炼工艺流程及特点	(376)
二、回转炉精炼实践	(378)
三、回转炉设备	(379)
第三节 倾动炉精炼	(380)
一、倾动炉精炼工艺特点	(380)
二、倾动炉设备	(382)
第四节 阳极板浇铸	(382)
一、自动定量圆盘浇铸机	(383)
二、哈兹列特连续带式浇铸机	(383)
第九章 铜的电解精炼	(385)
第一节 铜电解精炼的基本原理	(388)
一、电极反应	(388)
二、阳极杂质在电解过程中的行为	(390)
三、铜电解精炼的槽电压	(391)
第二节 铜电解精炼的工艺方法	(394)
一、典型生产数据表	(394)
二、电解槽、阳极和阴极	(397)
三、铜电解液、添加剂、温度控制及循环	(399)

四、铜电解液净化	(403)
五、面积电流、电流效率、槽电压和电能消耗	(410)
第三节 铜电解精炼技术的主要进展	(412)
一、设备的大型化和自动化	(412)
二、应用新工艺新技术	(413)
三、广泛使用新材料	(418)
四、电解槽的覆盖方法	(419)
第四节 阴极铜的竖炉熔铸	(420)
一、熔化工艺过程	(420)
二、熔铜浇铸	(422)
第十章 浸出-萃取-电积	(423)
第一节 湿法炼铜发展	(423)
一、概述	(423)
二、工艺过程	(424)
第二节 浸出	(433)
一、主要铜矿物及其溶解性	(433)
二、脉石矿物的影响	(435)
三、浸出方法	(435)
第三节 溶剂萃取	(442)
第四节 铜电积	(456)
一、典型工厂技术指标	(456)
二、电积铜的新进展	(457)
三、电积铜质量及可加工性	(461)
第五节 工厂生产实例	(464)
一、海拔最高的细菌浸出工厂——科布拉达布兰卡 (Quebrada Blanca)	(464)
二、高纬度寒冷地区浸出-萃取-电积厂——直布罗陀 (Gibraltar)矿	(465)
三、硫酸高铁熟化堆浸厂——塞浦路斯公司迈阿密 (Cyprus Miami)	(466)

四、世界上第一个薄层浸出厂——普达霍尔矿业公司(SMP) 罗阿吉雷矿	(467)
五、圣·马纽尔(San Manuel)矿堆浸和就地浸出工厂	(467)
六、世界上最大的尾矿浸出工厂——恩昌加(Nchanga) 浸出工厂	(470)
七、世界最大薄层堆浸厂之一——雷多米诺·托米克 (RadomicTomic)	(472)
八、埃斯康迪特(ESCONDIDA)——氨浸-萃取-电积厂	(474)
九、硫化铜精矿焙烧-浸出-萃取-电积工厂——楚雄选冶厂	(475)
十、投资与生产费用	(478)
第一篇 主要参考文献	(481)

第二篇 镍 冶 金

第一章 镍冶金概论	(499)
第一节 镍的物理化学性质	(499)
第二节 镍的产量及用途	(502)
第三节 提镍原料	(508)
第四节 炼镍工艺	(512)
第五节 高镍(铜)硫的分离和精炼	(514)
第二章 火法炼镍的物理化学	(515)
第一节 硫化镍及镍精矿的氧化焙烧	(515)
一、焙烧过程热力学	(515)
二、氧化焙烧过程动力学	(518)
第二节 镍硫合金热力学性质	(524)
一、Ni-Cu 系	(524)
二、Ni-Fe 系	(525)
三、Ni-S 系	(526)
四、Ni-Cu-S 系	(531)
五、Ni-Fe-S 系	(534)