

贵金属

提取与精炼

(修订版)

黎鼎鑫 王永录 主编



中南大学出版社

封面设计: 李星星

ISBN 7-81061-655-2



9 787810 616553 >

ISBN 7-81061-655-2/TF·020

定价: 45.00 元

1200410798



1200410798



贵金属提取与精炼

(修订版)

主 编 黎鼎鑫 王永录

TF8323
318



Handwritten signature or date



贵金属提取与精炼(修订版)

主 编 黎鼎鑫 王永录

责任编辑 秦瑞卿

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-8876770 传真:0731-8710482

电子邮件:csucbs @ public. cs. hn. cn

经 销 湖南省新华书店

印 装 中南大学湘雅印刷厂

开 本 889×1194 1/32 印张 19.75 字数 488 千字

版 次 2003年5月第1版 2003年5月第1次印刷

书 号 ISBN 7-81061-655-2/TF·020

定 价 45.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

PDF

第一版序言

贵金属包括金、银、铂、钯、铑、铱、钌、钇八个元素,其中铂、钯、铑、铱、钌、钇统称为铂族金属。

贵金属,特别是其中的铂族金属,具有独特的物理和化学性能,它们的合金和化学制品更具有综合的物理化学特性,并已成为现代工业和国防建设的重要材料,广泛地应用于航空、航天、航海、导弹、火箭、原子能、微电子技术、化学、石油化工、玻璃纤维、废气净化以及冶金工业各个领域。

贵金属材料在仪器仪表中用作敏感元件,对仪器仪表的精度、可靠性和使用寿命起着关键和核心作用。贵金属化合物和络合物在治癌、石油化学工业中的均相络合催化、精细化工、能源和生物工程等方面发挥了重要作用。贵金属在高技术产业中的作用不同凡响,声名日起。因而人们称贵金属为“现代工业中的维生素”和“现代新金属”。

我国古代的先人们熟知金和银,商代以前就有了黄金的淘洗加工方法。春秋战国的《山海经》列举出“银之山”十处。在殷墟中出土了厚度为0.01mm的金箔,东周发明了“鍍金”和“金银错”技术,春秋战国就有了金-银币,从汉代刘胜墓中出土的金缕玉衣,金丝直径为0.14mm。这些史实充分说明当时黄金的加工技术很高。明末清初的科学家宋应星著的《天工开物》更系统地记载着我国有关金银的知识和技术成就。

至近代,我国贵金属工业几乎没有什么发展。到50年代初,我国还没有铂族金属产业,金银的加工除造币厂外,仅仅是小作坊规模。随后,由于科学技术研究工作的逐步展开,才取得了若干重

要成果。总之,我国贵金属工业从冶炼、加工、材料、废料再生回收,到分析测试等方面,经历了从无到有、由小到大、由试制到创新的过程。目前,举凡地质勘探、综合利用、分离提纯、再生回收、压力加工、应用研究、分析测试都有了一定规模和基础,还建立了相应的研究和生产体系,能成批生产纯金属、高纯金属、粉末、电位计绕组材料、电刷材料、电接点材料、测温材料、电阻应变材料、弹性材料、磁性材料、焊料、玻纤工业用漏板材料、坩埚材料、催化剂、化合物、浆料、氢气净化材料以及敏感技术用特殊材料等三百多个品种,近三千个规格。品种和规格形成了系列,还制定了我国贵金属冶炼产品、加工产品、物理性能检验和光谱、化学分析等标准。

中国有色金属工业总公司贵金属科技协作组和贵金属规划组的专家们于1985年3月集会北京,讨论了我国贵金属的发展现状和前景,认为我国贵金属工业的科学研究和生产虽有相当规模和水平,成果丰硕,但缺少有关贵金属的专门论著,有必要深入广泛收集国内外文献,进行分析、整理和总结,出版专著,供贵金属界参阅。于是上述专家们又于1985年6月在宝鸡举行工作会议,讨论和决定编写《贵金属提取与精炼》和《贵金属材料学》两部专著,确定黎鼎鑫担任两书的主编,王永录、张永俐、袁弘鸣分别担任两书的副主编,萧德辉和王永立分别担任两书的技术编辑。嗣后议定两书的结构和聘请各章的作者,并着手写作。到1988年春完成初稿和初审工作。同年8月,贵金属科技协作组和规划组在昆明修改和审定各章之内容。1989年3月全书经主编和副主编等终审定稿。事情总是其始亦简,其毕亦巨。

《贵金属提取与精炼》全书共分七章,包括贵金属的资源和生产状况,贵金属冶金的理论基础,从矿石中提取金和银,铂族金属矿石的提取富集,冶金副产品中贵金属的综合回收,二次资源综合回收以及贵金属的精炼等内容。

本专著取材新颖,资料翔实,适宜从事贵金属材料、冶炼和化

学制品的科学研究、工程技术、教学和工业生产的人员阅读。对于冶金院校的学生有更重要的参考价值。本书的出版,将丰富冶金学的内容,也为读者提供特定专业范围的系统知识。我们谨向在编写过程中给予过帮助的有关人士致以真诚的谢意。书中不足之处,敬请读者指正。

黎鼎鑫

1989年3月于昆明

第二版序言

《贵金属提取与精炼》一书是原中国有色金属工业总公司贵金属科技协作组和规划组的专家们在深入广泛收集国内外专著、文献,进行深入分析、系统整理和总结的基础上,由中南工业大学出版社于1991年11月出版的技术专著。

《贵金属提取与精炼》出版后,因其资料翔实,取材新颖,信息量大,可靠实用并提供了大量有价值的参考文献,获得好评,深受读者欢迎。该书还被列入国家“八五”规划重点图书。先后五次印刷,仍一再售罄,足以说明其质量和生命力。

科学技术不断发展,工业技术水平迅速提高,贵金属冶金也发展较快,据不完全统计,近十年来,仅国内就已发表论文1600篇,说明本技术专著的部分内容需要补充、修改。2000年初,中南大学出版社(前身为中南工业大学出版社)提出希望再版,得到全体原作者的支持。当年12月4-6日由中南大学出版社和昆明贵金属研究所共同主持,在昆明市召开了再版修订工作会议,具体分工为:第1、4章王永录(昆明贵金属研究所教授);第2章何蔼平(昆明理工大学教授);第3章陈志忠(选矿部分,广州有色金属研究院教授级高级工程师),杨立(冶炼部分,东北大学黄金学院教授);第5章陆跃华(昆明贵金属研究所教授);第6章李关芳(昆明贵金属研究所教授);第7章赵玉福(金银部分,北京有色冶金设计研究总院教授级高级工程师),何焕华(铂族金属部分,金川有色金属公司教授级高级工程师)。全书由王永录负责统编、定稿。秦瑞卿为责任编辑。本书在大家的共同努力下终于如期全部完稿。

本书的再版主要是由中南大学出版社提出并鼎力促成,得到昆明贵金属研究所领导多方面的支持。原主编黎鼎鑫教授(昆明贵金属研究所原副所长)身患重病,仍到会看望全体与会人员,预祝再版修订工作胜利完成;昆明贵金属研究所副所长杨懿昆教授出席再版修订工作会议。在此,我代表全体编著者对所有支持并帮助完成再版工作的单位和有关人士,对第一版的热心读者致以真诚的谢意!并以此书的正式再版告慰黎鼎鑫教授的在天之灵。

为了给读者提供一本全面、系统、客观、新颖、可靠的技术专著,编著者系统查阅了有关资料,补充、更新文献近三百篇(超出第一版引用文献的一半),并对全书进行了认真的修改和反复校核,有的章节已全部重写,多数章节增加了新内容。为了使篇幅不致增加过多,还删去了原著的一部分内容。尽管我们作了最大的努力,难免仍会存在一些差错和遗漏,敬请有关专家和读者指正。

王永录

2001年11月于昆明

目 录

第一版序言	黎鼎鑫
第二版序言	王永录

第 1 章 贵金属资源及生产 王永录

1.1 矿产资源	(1)
1.1.1 世界贵金属矿产资源储量及分布	(1)
1.1.2 金的主要矿物及矿床	(2)
1.1.3 银的矿产资源	(4)
1.1.4 铂族金属的矿产资源	(5)
1.2 有色冶金副产品	(7)
1.3 二次资源	(9)
1.3.1 二次资源的特点	(9)
1.3.2 回收价值及在生产中的地位	(10)
1.4 贵金属生产、消费及主要应用领域	(12)
1.4.1 金	(12)
1.4.2 银	(16)
1.4.3 铂族金属	(20)
参考文献	(28)

第 2 章 贵金属的性质及冶金热力学 杨显万 何蔼平

2.1 贵金属的基本理化性质	(32)
----------------------	------

2.1.1	贵金属的物理性质	(32)
2.1.2	贵金属的主要化学性质	(36)
2.2	与冶金有关的重要化合物	(45)
2.2.1	氧化物	(45)
2.2.2	氢氧化物	(48)
2.2.3	硫化物	(48)
2.2.4	卤化物	(49)
2.2.5	贵金属的其他重要化合物	(56)
2.3	贵金属的配合物	(58)
2.3.1	银的配合物	(60)
2.3.2	金的配合物	(62)
2.3.3	铂的配合物	(63)
2.3.4	钯的配合物	(64)
2.3.5	铱的配合物	(65)
2.3.6	铑的配合物	(66)
2.3.7	钌的配合物	(68)
2.3.8	钨的配合物	(69)
2.4	贵金属化学冶金的热力学基础	(70)
2.4.1	贵金属及其主要化合物的基本热力学数据	(70)
2.4.2	P. M - H ₂ O 系 E - pH 图	(75)
2.4.3	P. M - L - H ₂ O 系 E - pH 图	(84)
	参考文献	(108)

第3章 从矿石中提取金银

3.1	金银矿石的选别	陈志忠(113)
3.1.1	浮选法选别金银矿	(113)

3.1.2	重选法选别金银矿	(136)
3.2	氰化法	储建华 杨立(146)
3.2.1	氰化浸出	(146)
3.2.2	金银沉淀	(167)
3.2.3	金泥处理	(176)
3.2.4	氰化贫液处理	(181)
3.3	氰化法的发展	余继燮 杨立(186)
3.3.1	炭浆法与炭浸法	(186)
3.3.2	树脂矿浆法	(202)
3.3.3	堆浸法	(208)
3.3.4	氰化法研究动向	(214)
3.4	提取金银的其他方法	杨立(217)
3.4.1	硫脲法	(217)
3.4.2	硫代硫酸盐法	(232)
3.4.3	水溶液氯化法	(236)
3.4.4	丙二腈法(有机腈法)	(238)
3.4.5	多硫化物法	(239)
3.4.6	含溴溶液浸出法	(241)
3.4.7	细菌浸出法	(244)
3.4.8	混汞法	(245)
3.4.9	海水提金	(245)
3.4.10	石硫合剂法	(247)
3.5	难浸金矿石的处理	(248)
3.5.1	难浸金矿的基本特性	(249)
3.5.2	处理难浸金矿的氧化焙烧法	(251)
3.5.3	难浸金矿的加压氧化法	(258)
3.5.4	细菌氧化法	(262)
3.5.5	难浸金矿的其他处理方法	(265)

参考文献	(269)
------------	-------

第4章 从矿石中提取铂族金属

王永录

4.1 选矿富集	(280)
4.1.1 重选	(281)
4.1.2 浮选	(285)
4.1.3 重、浮联合流程	(289)
4.2 火法富集	(292)
4.2.1 铂族金属捕集剂	(292)
4.2.2 造钼熔炼及吹炼	(295)
4.2.3 其他富集熔炼	(301)
4.2.4 挥发(气化)富集	(305)
4.2.5 热滤及减压蒸馏脱硫	(310)
4.3 浸出富集	(312)
4.3.1 常压无机酸浸出	(312)
4.3.2 硫酸化焙烧-浸出	(315)
4.3.3 氯气浸出	(319)
4.3.4 浸出脱硫	(330)
4.3.5 加压浸出	(333)
4.3.6 直接从矿石中湿法提取铂族金属的探索	(342)
4.3.7 溶液中低含量贵金属的回收	(343)
4.4 电解富集	(345)
4.4.1 电解实践	(345)
4.4.2 铂族金属电化学溶解的主要原因	(348)
4.4.3 含铂族金属阳极泥的组成及特点	(352)
4.4.4 矿浆电解	(353)

4.5 含铂族金属的硫化铜镍矿的处理	(355)
4.5.1 铜镍高硫的处理	(356)
4.5.2 铜镍合金单独处理	(361)
4.5.3 镍电解阳极泥处理	(365)
参考文献	(371)

第5章 冶金副产品中贵金属的综合回收 卢宜源 陆跃华

5.1 铜阳极泥的处理	(377)
5.1.1 铜阳极泥的组成和性质	(377)
5.1.2 传统工艺(火法熔炼-电解流程)	(379)
5.2 铅阳极泥的处理	(392)
5.2.1 铅阳极泥的性质和组分	(392)
5.2.2 传统工艺(火法熔炼-电解流程)	(393)
5.3 阳极泥处理技术的发展	(396)
5.3.1 选冶联合流程	(398)
5.3.2 “INER”法	(404)
5.3.3 住友法	(407)
5.3.4 热压浸出	(411)
5.3.5 中国的湿法处理工艺	(415)
5.3.6 铅阳极泥的湿法处理	(420)
5.3.7 锡阳极泥的处理	(426)
5.3.8 铅铋阳极泥的处理	(431)
5.4 黄铁矿烧渣中提取金	(436)
5.4.1 氯化	(437)
5.4.2 从黄铁矿烧渣中溶解金	(439)
5.5 锌渣中金、银的回收	(441)
5.5.1 直接浸出回收银	(441)

5.5.2	浮选富集	(442)
5.5.3	从浮选银精矿回收银	(445)
	参考文献	(447)

第6章 二次资源综合回收

李关芳

6.1	废料的预处理	(451)
6.1.1	贵金属二次资源的分类	(451)
6.1.2	预处理的必要性及方法	(455)
6.1.3	取样	(456)
6.2	贵金属废料处理过程中的基本化学反应	(459)
6.2.1	金	(459)
6.2.2	银	(460)
6.2.3	铂	(461)
6.2.4	钯	(462)
6.2.5	铑	(462)
6.2.6	铱、钨、钼	(463)
6.3	贵金属废料的火法处理	(463)
6.3.1	熔炼法	(463)
6.3.2	挥发法	(467)
6.3.3	焚烧法	(469)
6.4	贵金属废料的湿法处理	(470)
6.4.1	酸法	(470)
6.4.2	碱法	(475)
6.4.3	选择性溶解法	(477)
6.4.4	配合剂溶解法	(483)
6.4.5	照相废料的湿法处理	(487)
6.5	从溶液中富集回收贵金属	(490)

6.5.1	金属置换法	(490)
6.5.2	化学沉淀法	(494)
6.5.3	电积法	(498)
6.5.4	离子交换法	(501)
6.5.5	吸附法	(508)
6.6	废料中富集贵金属的其他方法	(511)
6.6.1	机械处理法	(511)
6.6.2	浮选法	(512)
6.6.3	重选法	(513)
6.7	典型的贵金属废料处理原则流程	(514)
6.7.1	废催化剂的再生回收	(515)
6.7.2	Au 或 Au - Ag 电子废料的再生回收	(516)
6.7.3	废胶片中再生回收银	(517)
	参考文献	(518)

第7章 金银及铂族金属的精炼

7.1	金的精炼	赵玉福(523)
7.1.1	金的电解精炼	(524)
7.1.2	金的还原精炼	(529)
7.1.3	金的萃取精炼	(534)
7.1.4	金的氯化精炼	(549)
7.2	银的精炼	(551)
7.2.1	银的电解精炼	(551)
7.2.2	水合肼还原提取与精炼银	(557)
7.2.3	银的萃取精炼	(561)
7.3	铂族金属的精炼	何焕华(564)
7.3.1	铂族金属精炼的原料及其预处理	(564)

7.3.2	铂族金属的相互分离	(569)
7.4	铂族金属精制	(583)
7.4.1	粗铂的精制	(590)
7.4.2	粗钯的精制	(592)
7.4.3	钌的精制	(594)
7.4.4	铑的精制	(595)
7.4.5	铱和铱的精制	(597)
	参考文献	(604)