

湿法冶金技术丛书

赵由才 牛冬杰 主编

湿法冶金污染 控制技术



冶金工业出版社

76.165
5454

湿法冶金技术丛书

湿法冶金污染控制技术

赵由才 牛冬杰 主编

北 京

冶金工业出版社

2003

内 容 提 要

本书详细介绍了湿法冶金过程中直接产生的重金属废水、废气及废渣的处理与资源化原理和技术,主要内容有废气治理、废水处理原理、典型废水处理与循环使用技术、典型废物处理与资源化技术、一般废物填埋场设计与运行、危险废物安全填埋场、有害有毒有机废物的焚烧处理、典型清洁生产工艺、废物与废水的分析及监测技术。

本书可供从事湿法冶金、化工生产、环境保护方面的工程技术人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

湿法冶金污染控制技术/赵由才等主编. —北京:冶金工业出版社,2003.3

(湿法冶金技术丛书)

ISBN 7-5024-3168-3

I. 湿… II. 赵… III. 湿法冶金—污染控制—技术 IV. X756

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 097838 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

丛书策划 杨传福 谭学余 加工编辑 王雪涛 美术编辑 王耀忠

责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2003 年 3 月第 1 版,2003 年 3 月第 1 次印刷

850mm×1068mm 1/32; 14.625 印张; 391 千字; 450 页; 1-2500 册

38.00 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(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)

出版者的话

《湿法冶金技术丛书》是一套按湿法冶金单元过程编写的丛书。它包括《浸出》、《固液分离》、《离子交换与溶剂萃取》、《还原与沉淀》和《湿法冶金污染控制技术》。

湿法冶金和火法冶金是两种基本的冶金过程。与火法冶金相比,湿法冶金的优点是:(1)适合于处理低品位矿物原料;(2)能处理复杂矿物原料;(3)容易满足矿物原料综合利用的要求;(4)劳动条件好,容易解决环境污染问题。目前,世界上可供开采的矿石品位不断下降,资源的综合利用越来越迫切,环境保护的要求越来越严格,对产品纯度要求越来越高,所有这些因素都会促进湿法冶金技术的迅速发展,并使之越发显得重要。为适应国内外有色金属工业的发展趋势,我们组织中国科学院过程工程研究所、同济大学污染控制与资源化研究国家重点实验室、中南大学冶金科学与工程学院等单位的专家、学者编写了这套丛书。本套丛书的组织和编写工作得到了参编者及其所在单位的热情支持,邓彤研究员帮助我们做了许多方面的工作,在此一并表示衷心的感谢。

湿法冶金流程虽然各种各样,但却都是由若干个单元过程组成的。我们试图通过这套丛书,较系统而详细地将有关湿法冶金各单元过程的实用技术介绍给读者。为此,要求编者撰写时除兼顾各单元过程的基本知识外,把重点放在新技术、新设备、新工艺的实际应用和操作要点上。本书的读者对象为从事湿法冶金、化工和环境保护的科研、生产、管理的工程技术人员,也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

1997-1-1

前 言

湿法冶金是将矿石或经选矿富集后的精矿与酸或碱溶液或其他液体相接触,采用适当物理方法(如加热等)和化学反应,使原料中目标金属转入液相,再对液相中所含目标金属和杂质进行分离,最后以金属或其他化合物的形式回收目标金属的方法。

湿法冶金和火法冶金是两种基本的冶金过程,前者在稀有金属、贵金属以及锌、铝、镍和钴的提取、富集和分离中占主导地位,后者则在钢铁、铜、铅等生产中占绝对优势。

可以认为湿法冶金主要由以下几个工序组成:(1)粉碎磨细矿石或经焙烧等预处理,从而改变目标金属的化学形态,使矿石中所含目标金属能顺利转入液相;(2)矿石原料与液相接触,使目标金属转入液相;(3)对浸取后矿浆进行固液分离;(4)富集、分离、纯化溶液中的目标金属,最后用各种方法以金属或化合物的形式回收各种金属。

以上各工序均会产生数量不等、毒性不同的废水、废渣或废气。在预处理工序,若对矿石进行焙烧,可能会产生大量废气,如二氧化硫、氮氧化物、粉尘等。在生产精矿过程中,根据矿石的品位和所采用的技术,一般均会产生一定数量的尾矿。在浸取工序,由于化学反应和蒸发,可能会产生有毒有害气体。最后的富集、分离、纯化工序,往往有废水、废气和废渣产生。

湿法冶金污染控制的根本出路在于清洁生产和废物的循环使用,如采用无毒无害的化学试剂代替有毒有害的化学试剂,产生的废水尽可能循环使用而不对外排放。不过,无论采用何种工艺,废物的产生是难免的。几乎所有矿石均会含有许多元素,如铁、硅、

铝等。这些元素往往会在生产过程中以废水、废渣或废气形式被排放至环境中去。另外,许多矿石的伴生矿很多,在生产过程中,一般以某种金属为目标加以分离,其他伴生元素事实上也就以废物形式进入环境中。湿法冶金污染物的特点是量大、面广,无毒无害的废渣或尾矿占主导地位。废水中主要含重金属和少量有机物(如浮选剂)。

本书是湿法冶金丛书中的一部,有关湿法冶金的原理、基本流程等,在其他书籍中已经描述。因此,本书主要详细描述湿法冶金过程中直接产生的重金属废水、废气以及废渣的处理与资源化原理和技术,内容包括废渣的生物处理,废气(包括粉尘)和含重金属废水的处理,有毒有害废物填埋场的设计、建设与运行,有毒有害有机废物的焚烧处理,典型的清洁生产工艺,以及与湿法冶金污染控制有关的分析、监测方法。

本书可供从事湿法冶金研究、生产、环境保护、管理等人员参考,也可以作为各类大中专学校的专业培训教材。

参加本书编写工作的有赵由才(第1章),文明芬(第2章),李赟(第3章),蔡玉荣(第4章),李秀艳(第5章;第6章),牛冬杰(第7章,第10章,第11章),赵由才、宋立杰(第8章),赵由才、李俊涛(第9章)。赵由才和牛冬杰任主编,负责统稿。

本书受到国家自然科学基金项目的部分资助(No. 20177014)。

赵由才 牛冬杰

同济大学环境科学与工程学院
污染控制与资源化研究国家重点实验室
2002年9月18日

冶金工业出版社部分书目简介

环境保护及其法规	29.80
三废治理与利用	65.00
水污染控制工程(第二版)	31.00
环保工作者实用手册(第二版)	118.00
决策环境论	12.00
环境生化检验	14.80
工业废水处理(第二版)	11.50
环境污染物监测(第二版)	10.00
环境噪声控制	19.80
除尘技术手册	78.00
现代除尘理论与技术	26.00
环保知识 400 问(第二版)	23.00
膜法水处理技术(第二版)	32.00
工业水再利用的系统方法	14.00
二恶英零排放化城市生活垃圾焚烧技术	15.00
环境材料导论	18.00
新型实用过滤技术	64.00
环保设备材料手册(第二版)	178.00
重有色金属冶炼设计手册 (冶炼烟气收尘通用工程和常用数据)	90.00

目 录

1 绪论	1
1.1 湿法冶金基本工艺与流程	1
1.2 污染物的来源	2
1.2.1 采矿过程	2
1.2.2 选矿过程	2
1.2.3 冶炼过程	3
1.2.4 其他污染	3
1.3 湿法冶金产生的固体废物	3
1.3.1 按形态分类	3
1.3.2 按来源分类	4
1.3.3 按危害程度分类	4
1.4 湿法冶金废水	6
1.5 清洁生产	6
2 生物技术在湿法冶金污染控制过程中的应用	9
2.1 生物技术简介	9
2.2 生物技术在湿法冶金过程中的应用	10
2.2.1 主要微生物	10
2.2.2 几种微生物浸矿机理	13
2.2.3 细菌浸矿的热力学与动力学分析	16
2.3 生物冶金实例	22
2.3.1 铜矿生物浸出	22
2.3.2 金矿的生物浸出	23

3 典型清洁生产工艺	27
3.1 铝的电解.....	27
3.1.1 铝电解的工艺流程	28
3.1.2 铝电解中目前研究的新工艺	33
3.1.3 再生铝的工业现状	36
3.2 铜的湿法冶金.....	38
3.2.1 浸出.....	38
3.2.2 溶剂萃取	41
3.2.3 电积.....	43
3.2.4 典型湿法炼铜工艺厂.....	44
3.2.5 再生铜	45
3.3 锌的湿法冶金.....	47
3.3.1 焙烧.....	47
3.3.2 谢里特(Sherritt)加压浸出工艺	47
3.3.3 净液工艺	51
3.3.4 电积工艺	51
3.3.5 碱法炼锌	52
3.3.6 再生锌	54
3.4 镍冶金.....	55
3.4.1 我国镍冶金的发展	55
3.4.2 高冰镍精炼新工艺	56
3.4.3 可能具有应用前景的镍冶金工艺	61
3.4.4 再生镍、钴	64
3.5 铬盐的清洁生产新过程.....	65
3.6 碳酸化转化湿法炼铅.....	67
4 废气的治理	69
4.1 二氧化硫废气的治理与利用.....	69
4.1.1 概述.....	69

4.1.2	氨法	70
4.1.3	钠碱法	81
4.1.4	石灰石/石灰法	86
4.1.5	双碱法	91
4.1.6	金属氧化物吸收法	96
4.2	氮氧化物的治理	101
4.2.1	催化还原法	102
4.2.2	液体吸收法	107
4.2.3	固体吸附法	110
4.3	其他废气的治理	114
4.3.1	含氟废气的净化与利用	114
4.3.2	硫化氢的治理	118
4.3.3	氯化氢废气的治理	120
4.3.4	含铅及含汞废气的治理	121
4.4	矿石焙烧过程中粉尘的收集与控制	123
4.4.1	粉尘的性质	124
4.4.2	粉尘的控制技术	129
5	废水处理的一般原理	139
5.1	化学法	139
5.1.1	中和法	140
5.1.2	化学沉淀法	142
5.1.3	化学混凝法	143
5.1.4	氧化还原法	145
5.1.5	铁氧体法	146
5.2	离子树脂交换法	147
5.2.1	离子交换树脂	148
5.2.2	离子树脂的交换作用	149
5.2.3	离子树脂交换法在废水处理方面的应用	150
5.3	吸附法	151

5.3.1	活性炭吸附法	151
5.3.2	腐殖酸树脂吸附法	153
5.4	电解法	154
5.4.1	电解法处理废水的基本原理	155
5.4.2	电解槽形式	156
5.4.3	电解法的影响因素	158
5.5	蒸发浓缩法	159
5.5.1	基本原理	160
5.5.2	应用概述	160
5.6	反渗透法	161
5.6.1	反渗透的基本原理	161
5.6.2	反渗透膜的使用	163
5.6.3	反渗透设备	164
5.7	电渗析法	165
5.7.1	电渗析法基本原理	165
5.7.2	电渗析技术脱盐方式	167
5.7.3	电渗析法废水处理工艺简介	168
5.8	生物处理	169
5.8.1	生物法在湿法冶金废水处理方面的作用机理	169
5.8.2	生物化学方法在含铁酸性水处理方面的应用	171
6	典型废水处理技术	173
6.1	酸碱废水处理	173
6.1.1	自然中和法	173
6.1.2	药剂中和法	174
6.1.3	过滤中和法	174
6.2	含汞废水处理	175
6.2.1	混凝沉淀法	176
6.2.2	硫化法	176
6.2.3	还原法	176

6.2.4	活性炭吸附法	177
6.2.5	离子交换法	177
6.2.6	转化法	177
6.2.7	腐殖酸酶交换吸附法	177
6.3	含铅锌废水处理	178
6.3.1	含锌废水的处理方法	178
6.3.2	含铅废水的处理方法	179
6.4	含铬废水处理	180
6.4.1	电解法	181
6.4.2	铁氧体法	183
6.4.3	化学还原法	184
6.4.4	活性炭吸附法	185
6.5	含镉废水处理	186
6.5.1	离子交换法	186
6.5.2	化学法	187
6.5.3	电解浮上法	188
6.6	含镍、含铜废水处理	188
6.6.1	含镍废水的处理方法	188
6.6.2	含铜废水的处理方法	190
6.7	含砷废水处理	193
6.7.1	软锰矿法	193
6.7.2	硫化沉淀法	193
6.7.3	石灰石法	194
6.8	含氟与含氰废水处理	194
6.8.1	含氰废水的处理方法	195
6.8.2	含氟废水的治理方法	201
7	典型湿法冶金废物处理	203
7.1	固体废物	203
7.1.1	固体废物的污染与处理	203

7.1.2	典型固体废物组成	207
7.2	废物的收集、运输、贮存、预处理	208
7.2.1	废物的收集、运输、贮存	208
7.2.2	废物的预处理	209
7.3	固体废物的资源化利用	211
7.3.1	固体废物资源化利用的基本方法	211
7.3.2	废渣的深度综合利用和最终处理	211
7.4	废物的处理和利用	213
7.4.1	含汞废物处理与利用	213
7.4.2	含锌、镉废渣处理	214
7.4.3	含铅废物处理	216
7.4.4	含铬废物处理	222
7.4.5	含镍、含铜废物处理	226
7.4.6	含砷废物处理	236
7.4.7	含氟废物处理	239
8	废水与废物分析与监测技术	242
8.1	样品的采集和预处理	242
8.1.1	取样方案的设计	242
8.1.2	废水样品	243
8.1.3	固体废物样品	249
8.1.4	气体样品	251
8.2	分析样品的前处理	259
8.2.1	概述	259
8.2.2	溶解、熔融和烧结法	261
8.2.3	灰化法	262
8.2.4	顶空、气提、蒸馏法	263
8.2.5	萃取法	264
8.2.6	吸附、沉淀等其他方法	265
8.3	污染物成分分析方法	266

8.4	污染物形态分析方法简介	268
8.4.1	理论计算法	268
8.4.2	直接测定法	269
8.4.3	分离测定与综合测定法	269
8.4.4	仪器测定法	270
8.5	分析实例——汞的分析方法	271
8.5.1	汞形态分析中的前处理技术	271
8.5.2	汞的形态分析方法	279
8.5.3	汞的成分分析方法	281
9	湿法冶金中污染物的焚烧处理技术	293
9.1	概述	293
9.1.1	焚烧处理技术指标	293
9.1.2	焚烧处理技术标准及限值	295
9.1.3	焚烧的产物	296
9.1.4	燃烧过程污染物的产生	297
9.1.5	废物焚烧炉的燃烧方式	300
9.1.6	影响焚烧的主要因素	301
9.2	主要焚烧参数计算	306
9.2.1	理论燃烧空气量	306
9.2.2	焚烧烟气量及组成	307
9.3	固体废物焚烧系统	314
9.3.1	废物焚烧处理的典型流程	314
9.3.2	废物焚烧厂的类型及优缺点	315
9.4	焚烧炉	316
9.4.1	焚烧炉类型概述	316
9.4.2	旋转窑式焚烧炉	319
9.4.3	旋转窑焚烧炉的设计	322
9.4.4	流化床焚烧炉	323
9.4.5	液体喷射式焚烧炉	325

9.5	废物焚烧炉选择与设计原则	326
9.6	焚烧烟气控制技术	329
9.6.1	焚烧烟气污染控制方法	329
9.6.2	粒状污染物控制技术	331
9.6.3	酸性气体控制技术	340
9.6.4	重金属控制技术	341
9.6.5	二恶英的控制技术	342
9.7	焚烧灰渣处理	343
9.7.1	飞灰中重金属含量与各金属物质蒸发点的关系	344
9.7.2	飞灰中重金属含量与焚烧温度的关系	345
10	湿法冶金危险废物安全填埋处置	347
10.1	湿法冶金危险废物种类及性质	347
10.2	危险废物的物理、化学和生物转化	349
10.2.1	物理转化	349
10.2.2	化学转化	349
10.2.3	生物转化	349
10.2.4	化学和生物转化的协同作用	350
10.2.5	固化/稳定化技术	350
10.3	危险废物处理与处置方法简介	359
10.4	安全填埋场选址	360
10.5	环境影响评价	364
10.5.1	评价内容	364
10.5.2	评价目的	365
10.5.3	填埋场场址的环境合理性分析	365
10.5.4	填埋场的清洁生产审计	365
10.5.5	污染控制方案评价	366
10.6	填埋场总体设计	367
10.6.1	填埋场工程	367
10.6.2	规划布局	369

10.6.3	填埋区构造及填埋方式	370
10.6.4	地表水排水设施	371
10.6.5	环境监测设施	371
10.6.6	基础设施	372
10.6.7	终场规划	374
10.7	防渗系统	375
10.7.1	衬层材料分析	375
10.7.2	水平防渗系统的构成	378
10.7.3	可靠性	381
10.7.4	防渗层设计	384
10.7.5	防渗层施工	389
10.7.6	水平防渗经济指标	389
10.7.7	垂直防渗系统	389
10.7.8	垂直防渗经济指标	394
10.8	渗滤液产生与处理	395
10.8.1	水平收集系统	396
10.8.2	垂直收集系统	396
10.8.3	输水管道系统	396
10.8.4	检查井(观察井)	397
10.8.5	清污分流	397
10.9	终场覆盖与封场	398
10.9.1	终场覆盖材料选择	398
10.9.2	终场覆盖设计	400
10.10	现场运行管理	402
10.10.1	生产运行管理	402
10.10.2	安全防护	405
10.10.3	环境监测系统	406
10.10.4	可能发生的意外事故及危害	410
10.10.5	发生意外事故后的补救措施	411
10.10.6	设备使用与管理	414

11 湿法冶金过程环境治理实例介绍	415
11.1 湿法冶金废水处理工程实例.....	415
11.1.1 电解铜箔废水处理	415
11.1.2 氧化铝生产过程中废水的综合利用	417
11.2 固体废物治理工程实例.....	420
11.2.1 利用赤泥制造硅钙肥料和塑料填充剂.....	421
11.2.2 利用烧结法赤泥制造炼钢用保护渣	422
11.3 废气治理工程实例.....	423
11.3.1 概述.....	423
11.3.2 干法净化技术	425
11.3.3 贵州铝厂干法(氧化铝吸附法)净化含氟烟气流程	426
11.3.4 龙祥铝厂电解烟气治理工程	429
11.3.5 长城铝业公司烟气净化工程	431
11.3.6 铝电解清洁生产工艺减少废气产生	433
11.3.7 青铜峡铝厂湿法净化含氟烟气	436
11.4 特殊工业的三废治理——我国钨冶炼厂三废 治理现状.....	439
11.4.1 钨冶炼厂的生产现状及三废产出状况.....	439
11.4.2 钨冶炼厂三废治理状况	441
参考文献	447