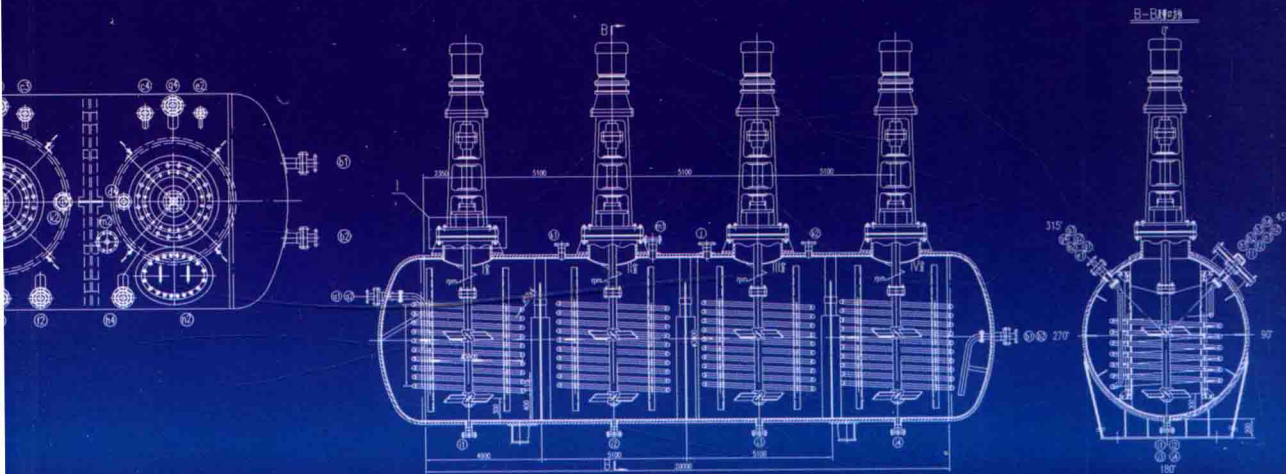


加压湿法冶金

Pressure Hydrometallurgy

蒋开喜 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

加压湿法冶金

蒋开喜 编著

北京

冶金工业出版社

2016

内 容 提 要

本书结合北京矿冶研究总院包括国家有色金属清洁高效提取与综合利用创新团队在加压湿法冶金领域的科研技术工作,详细介绍了加压浸出技术在有色金属冶金中的应用,包括加压浸出的发展历史及基本原理等,并就加压浸出在铝、铜、锌、镍钴、金、钨钼、铂族金属等行业的应用现状及技术研究进展做了详细介绍,对典型生产企业的生产工艺进行了阐述。

本书可供有色金属冶金行业的科研、技术及管理人员阅读使用,也可作为高等院校相关专业的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

加压湿法冶金/蒋开喜编著. —北京:冶金工业出版社,
2016. 1

ISBN 978-7-5024-7098-2

I. ①加… II. ①蒋… III. ①湿法冶金 IV. ①TF111.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015) 第 297801 号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 徐银河 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7098-2

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2016 年 1 月第 1 版,2016 年 1 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 34.25 印张; 832 千字; 535 页

128.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

加压湿法冶金是现代湿法冶金领域新兴发展的短流程强化冶金技术，是现代湿法冶金技术主要的发展方向之一。加压湿法冶金因具有工艺流程短、环境友好、金属回收率高等优点，已较为广泛地应用于铝、铀、铜、锌、镍、钴、钨及多种稀贵金属提取冶金及材料制备的多个方面，发挥着越来越重要的作用。采用加压浸出技术综合回收利用复杂难处理及共伴生有色金属资源，已列入国家《战略新兴产业重点产品和服务指导目录》（2013年）。

本书总结了近年来国际上在加压湿法冶金技术方面的研究成果及生产实践情况，同时对我国，特别是北京矿冶研究总院，在加压湿法冶金技术的研究现状及进展做了较为系统的梳理与归纳。本书共分为14章，主要介绍了加压湿法冶金的内容、发展历史、作用和优势以及发展前景；一些基本概念及浸出过程物理化学；加压湿法冶金技术处理铝土矿、铜精矿、镍钴矿、锌精矿、钨钼、钒钛铀、难处理金矿、铂族金属、硫化砷渣、其他冶金物料等资源的工艺和原理、生产实践及研究进展；设备结构设计、材质的选择、配套和附属设备以及生产应用，同时还介绍了最小化学反应量原理与冶金工艺流程选择。本书内容丰富，理论联系实际，可供有色金属冶金行业的科技工作者与高等院校师生阅读和参考。

在本书写作过程中，得到过很多同事和朋友的热情帮助和支持，他们对本书的内容提出了宝贵意见和建议。特别是张邦胜对第1章、第7章、第13章、第14章，赵磊对第2章，王仍坚对第3章，王玉芳对第4~6章、第12章，刘三平对第6章、第14章，谢铿对第7章，王政对第8章，周立杰对第9章、第10章，王海北对第11章，邹小平对第13章的编撰做了大量工作。王海北、张邦胜和东北大学的王德全教授对全书进行了审阅，他们提出了许多建设性的修改意见，特向他们致以诚挚的谢意！

作者及其团队的加压湿法冶金技术研究项目得到了国家自然科学基金委重点项目“硫化矿加压湿法冶金的机理研究”（51434001）、“863”国家高科技

术研究发展计划项目“战略有色金属大型节能冶炼技术与装备”(2013AA064000)、“锌冶炼清洁生产与伴生元素综合利用关键技术及装备研究”(2009AA064604)、国家科技支撑计划课题“中低品位锌、钴和镍的高效选冶技术研究”(2006BAB02A10)、“硫化矿清洁冶炼技术开发”(2006BAC02A07)、“铜工业产业化重大关键技术研究及示范”(2007BAB22B01)的大力支持,在此深表感谢!

由于资料来源的不同,加之作者水平有限,疏漏、不足之处在所难免,敬请读者不吝指教。

作 者
2015年8月

目 录

1 概述	1
1.1 加压湿法冶金	1
1.2 发展历史	2
1.3 用途和技术优势	6
1.4 发展前景	7
参考文献	8
2 浸出过程的物理化学	10
2.1 概述	10
2.2 水溶液的热力学原理	10
2.2.1 离子和电解质的活度	10
2.2.2 金属盐溶液	13
2.2.3 溶解热和稀释热	14
2.2.4 水溶液中的反应热	14
2.2.5 水溶液中离子的生成热	15
2.2.6 离子的标准生成自由焓	16
2.2.7 半电池反应及电子的热力学性质	19
2.3 浸出体系热力学	20
2.3.1 φ -pH 图	20
2.3.2 非金属-水系 φ -pH 图	25
2.3.3 配合物-水系 φ -pH 图	30
2.3.4 高温水溶液热力学和 φ -pH 图	34
2.3.5 φ -pH 图在湿法冶金中的应用	41
参考文献	47
3 铝土矿加压浸出	48
3.1 概述	48
3.2 铝土矿浸出中的基本概念	49
3.2.1 铝硅比	49
3.2.2 硅量指数	49
3.2.3 铝酸钠溶液的物质的量比值	49
3.2.4 铝土矿的氧化铝浸出率及碱损失量的计算	50

3.3 铝土矿的矿物组成及浸出行为	51
3.3.1 氧化铝水合物在浸出过程中的行为	53
3.3.2 主要杂质在浸出过程中的行为	56
3.4 工艺及工业流程	59
3.4.1 拜耳法浸出工艺	59
3.4.2 拜耳法浸出技术的发展过程	61
3.4.3 管道化溶出技术的发展	69
3.4.4 我国管道化溶出技术开发的主要进展	70
3.5 铝土矿加压浸出的生产实践	72
3.5.1 广西平果铝业	72
3.5.2 山西某氧化铝厂	76
3.5.3 巴西 Alunorte 氧化铝厂	80
3.5.4 沃斯莱氧化铝厂	82
3.6 技术进展	84
3.6.1 加压浸出技术在铝土矿中的应用研究进展	84
3.6.2 加压浸出技术在霞石中的应用研究进展	88
参考文献	96
4 铜	98
4.1 概述	98
4.1.1 铜资源	98
4.1.2 国内外技术现状	99
4.2 加压浸出机理	105
4.2.1 辉铜矿浸出	106
4.2.2 斑铜矿浸出	107
4.2.3 黄铜矿浸出	108
4.3 硫酸体系加压浸出	113
4.3.1 高温加压浸出	113
4.3.2 中温加压浸出	119
4.3.3 低温加压浸出	136
4.4 氨性加压浸出	143
4.4.1 氨性加压浸出机理	143
4.4.2 氧化铜矿氨性加压浸出	145
4.4.3 硫化铜矿氨性加压浸出	148
4.5 研究进展	149
4.5.1 含砷铜矿加压浸出	149
4.5.2 电化学机理研究	151
4.5.3 铜铅锌混合矿	156
4.5.4 铅冰铜回收铜	159

参考文献	160
5 锌	166
5.1 概述	166
5.1.1 锌的资源	166
5.1.2 锌冶炼国内外技术现状	166
5.2 锌精矿加压浸出理论研究	171
5.2.1 加压浸出反应原理	171
5.2.2 热力学分析	174
5.2.3 加压浸出机理	175
5.3 添加剂	178
5.3.1 木质素磺酸盐	180
5.3.2 白雀树皮	182
5.3.3 煤	183
5.4 锌精矿加压浸出生产实践	185
5.4.1 加拿大 Trail 厂	185
5.4.2 基德·克里克矿业公司 Timmins 厂	192
5.4.3 德国 Ruhr Zink 厂	196
5.4.4 哈得逊湾矿冶公司	199
5.4.5 深圳市中金岭南有限公司丹霞冶炼厂	206
5.5 富氧常压浸出	211
5.5.1 国内外技术现状	211
5.5.2 工业应用简介	214
5.6 加压浸出渣处理	217
5.6.1 浮选-热滤法	217
5.6.2 高压倾析法	218
5.7 稀散金属综合回收	219
5.7.1 原理	219
5.7.2 日本饭岛冶炼厂	221
5.7.3 国内研究进展	222
5.8 锌精矿加压浸出研究进展	224
5.8.1 低温低压浸出法	224
5.8.2 加压浸出与传统工艺的结合	225
5.8.3 铁闪锌矿加压浸出	227
5.8.4 催化氧化酸浸法	230
5.8.5 铁矾渣加压浸出工艺	231
参考文献	232
6 镍钴	236
6.1 镍钴资源	236

6.2 镍钴冶炼技术现状	236
6.2.1 镍冶炼	236
6.2.2 镍钴加压浸出	241
6.3 镍钴硫化矿加压浸出	245
6.3.1 氨性加压浸出	245
6.3.2 酸性加压浸出	250
6.3.3 加压碱浸	256
6.4 镍红土矿高压酸浸	256
6.4.1 典型镍红土矿工艺矿物学	256
6.4.2 高压酸浸理论研究	262
6.5 钴镍硫化物加压浸出生产实践	265
6.5.1 氨性加压浸出生产实践	265
6.5.2 酸性加压浸出生产实践	271
6.5.3 从镍钴硫化物中提取钴	282
6.5.4 转炉渣及钴白合金	284
6.6 镍红土矿高压酸浸生产实践	289
6.6.1 古巴毛阿镍厂	289
6.6.2 澳大利亚 Cawse、Bulong 和 Murrin Murrin 厂	292
6.6.3 巴布亚新几内亚瑞木厂	295
6.7 镍钴加压浸出研究进展	297
6.7.1 加压浸出法合成四氧化三钴	297
6.7.2 低冰镍加压浸出	298
6.7.3 砷钴矿加压浸出	299
6.7.4 复杂低品位钴镍矿	300
参考文献	302
7 钨钼加压浸出	306
7.1 钨加压浸出	306
7.1.1 概述	306
7.1.2 苛性钠加压浸出法	309
7.1.3 苏打加压浸出法	314
7.1.4 加压酸分解法	319
7.1.5 氟化盐加压浸出法	320
7.2 钼加压浸出	321
7.2.1 概述	321
7.2.2 加压氧分解基本原理	325
7.2.3 辉钼矿加压湿法分解	327
7.2.4 镍钼矿加压湿法分解	337
7.2.5 其他含钼矿物加压湿法分解	341

7.2.6 钼二次资源加压湿法分解	342
7.3 结语	345
参考文献	346
8 钒、钛、铀矿加压浸出	351
8.1 加压浸出提钒工艺	351
8.1.1 概述	351
8.1.2 钒矿浸出化学	352
8.1.3 钒矿浸出工艺及流程	352
8.2 钛精矿加压浸出生产人造金红石	355
8.2.1 概述	355
8.2.2 钛精矿浸出化学	356
8.2.3 钛精矿浸出工艺及流程	357
8.3 铀矿加压浸出工艺	362
8.3.1 概述	362
8.3.2 铀矿浸出化学	362
8.3.3 铀矿浸出工艺及流程	363
参考文献	368
9 难处理金矿加压预氧化	370
9.1 概述	370
9.1.1 金资源	370
9.1.2 国内外难处理金矿预处理技术现状	370
9.2 酸性加压预氧化	375
9.2.1 反应机理及行为	375
9.2.2 企业生产实践	378
9.3 碱性加压预氧化	385
9.3.1 反应机理及行为	385
9.3.2 美国 Mercur 金矿生产实践	386
9.4 研究进展	390
9.4.1 难处理金矿加压氰化浸出	391
9.4.2 催化氧化法 (COAL 工艺)	392
9.4.3 吉林浑江项目	393
9.4.4 低温低压碱性预氧化法	394
9.4.5 用 H_2O_2 加压预处理含炭质难浸金矿	395
参考文献	395
10 铂族金属加压浸出	396
10.1 概述	396

10.1.1	矿物原料的预处理	397
10.1.2	铂族金属原料的直接浸出	398
10.2	铂族金属主要物料及性质	399
10.2.1	高镍铈	399
10.2.2	铜镍合金	399
10.2.3	镍阳极泥	400
10.2.4	含铂族金属硫化矿	400
10.2.5	汽车催化剂	401
10.3	铂族金属物料加压浸出工艺及生产实践	402
10.3.1	加压酸浸处理贵金属铜镍高铈	402
10.3.2	常压-加压酸浸处理金属化铜镍高铈	406
10.3.3	加压浸出处理铜镍硫化矿浮选精矿	409
10.3.4	加压浸出处理废汽车催化剂	410
	参考文献	410
11	硫化砷渣加压浸出	412
11.1	概述	412
11.2	国内外处理技术现状	413
11.2.1	焙烧法	413
11.2.2	碱浸法	414
11.2.3	硫酸铜置换法	414
11.2.4	硫酸铁法	416
11.3	加压氧化浸出法	418
11.3.1	反应原理及热力学	418
11.3.2	工艺研究	422
11.3.3	流程开发	427
11.3.4	联合处理工艺流程	427
11.4	贵溪冶炼厂生产实践	429
	参考文献	433
12	加压技术在冶金行业的其他应用	434
12.1	铜阳极泥	434
12.1.1	国内外技术现状	434
12.1.2	铜阳极泥硫酸加压浸出原理	439
12.1.3	工业生产实践	440
12.1.4	国内外研究进展	452
12.2	烟灰	459
12.3	大洋资源	463
	参考文献	465

13 加压湿法冶金设备	469
13.1 加压釜的结构及釜体设计	469
13.1.1 加压釜的结构	469
13.1.2 釜体设计	473
13.2 加压釜材质的选择	473
13.2.1 材料选择的一般要求	473
13.2.2 一些材料的使用性能	474
13.2.3 加压釜的常用材料	474
13.3 加压釜配套及附属设备	480
13.3.1 加压计量泵	480
13.3.2 闪蒸槽	481
13.3.3 搅拌装置	482
13.3.4 液位检测装置	487
13.3.5 密封装置	490
13.3.6 气体分布装置	496
13.3.7 自动控制	497
13.4 加压釜用氧	500
13.4.1 制氧技术	500
13.4.2 硫化物的氧化过程	501
13.4.3 氧压浸出的应用范例	502
13.5 加压釜生产应用举例	504
13.5.1 古巴毛阿冶炼厂	504
13.5.2 巴布亚新几内亚镍冶炼厂(镍矿)	506
13.5.3 德国湿法冶炼厂(镍铈和砷铈)	507
13.5.4 中国丹霞冶炼厂(锌精矿)	508
13.5.5 特雷尔厂(锌精矿)	508
13.5.6 萨斯喀切温精炼厂(铜镍硫化矿)	512
13.5.7 中国阜康冶炼厂(含铜镍铈)	512
13.5.8 巴瑞克哥兹采克厂(金矿)	512
参考文献	514
14 最小化学反应量原理与冶金工艺流程选择	516
14.1 最小化学反应量原理	516
14.2 最小化学反应量理论指导下的锌冶炼流程选择	517
14.2.1 锌冶炼原料	517
14.2.2 工艺技术原理	518
14.2.3 最小化学反应量原理与锌冶炼流程选择	520
14.2.4 锌冶炼工艺流程选择	525

14.3 最小化学反应量理论指导下的镍红土矿湿法冶炼流程选择	525
14.3.1 镍红土矿冶炼原料	525
14.3.2 镍红土矿浸出工艺	526
14.3.3 最小化学反应量原理与镍红土矿湿法冶炼流程选择	528
14.4 小结	531
参考文献	531
索 引	533



概 述

1.1 加压湿法冶金

冶金 (metallurgy) 是一门研究如何经济地从矿石、精矿或二次资源中提取出金属或金属化合物,并用各种加工方法制成具有一定性能的金属或合金材料的工程科学和技术。广义的冶金包括矿石的开采、选矿、冶炼和金属加工。随着科学技术的进步和工业的发展,采矿、选矿和金属加工已形成各自独立的学科。因而,目前的冶金主要指矿石或精矿的冶炼。由于冶金主要是采用化学的方法,因而常称为化学冶金 (chemical metallurgy); 同样,冶金是从原料中提取金属,也常称之为提取冶金 (extractive metallurgy)。根据冶炼方法的不同,提取冶金大致分为两种类型,即火法冶金和湿法冶金。

火法冶金 (pyrometallurgy) 是指在高温条件下进行的冶金过程。矿石或精矿中的部分或全部矿物在高温下经过一系列物理化学反应,达到提取金属并与脉石及其他杂质分离的目的。获得高温可以通过外加燃料,也可以利用自身的反应生成热。火法冶金通常包括干燥、焙解、焙烧、熔炼、精炼、蒸馏等过程。目前,金属冶炼仍以火法冶金占主导地位。

湿法冶金 (hydrometallurgy) 是指在较低温条件下在溶液中进行的冶金过程。传统湿法冶金温度不高,一般低于 100°C 。湿法冶金的设备和操作都相对简单,是很有发展前途的冶金方法。湿法冶金过程复杂,分类方案繁多,根据不同依据有不同的分类方法。按照操作单元不同,湿法冶金一般分为原料的浸出,金属在溶液中的分离、纯化和富集,金属或化合物产品的析出三个阶段,进一步又可细分为原料预处理、矿石浸出、液固分离、萃取、离子交换、化学除杂、置换、沉淀、电积等单元的操作过程;按照金属种类,可以分为铜湿法冶金、锌湿法冶金、镍湿法冶金等;按照溶液介质不同,可以分为酸性湿法冶金、中性湿法冶金、碱性湿法冶金和氨性湿法冶金;按照反应温度和压力,可以分为常压湿法冶金和加压湿法冶金。

加压湿法冶金 (pressure hydrometallurgy) 是指在加压条件下反应温度高于常压液体沸点的湿法冶金过程^[1-4]。它是一种高温高压过程,其反应温度可达 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$,一般用于常压较难浸出的矿石。加压湿法冶金技术由于其温度高于常压液体的沸点,浸出动力学条件对金属的浸出更为有利,逐渐在湿法冶金过程中得到较广泛的应用。

与湿法冶金类似,加压湿法冶金的分类较多。按照反应单元过程,可以分为加压浸出和加压沉淀两大类;按照反应有无氧气参与,可以分为氧气浸出和无氧浸出;按照反应溶液介质,可以分为碱性加压和酸性加压。由于浸出是湿法冶金中最重要的单元过程,是湿法冶金工艺流程的源头和龙头操作单元,原料浸出效果直接影响到整个金属提取的效果。加压湿法冶金具体的分类如图 1-1 所示。

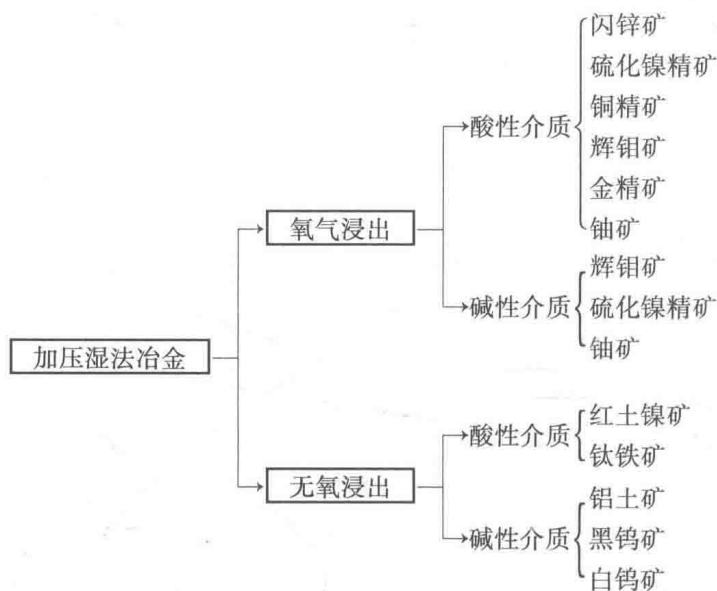


图 1-1 加压湿法冶金分类

1.2 发展历史

加压湿法冶金技术属于应用工程学科，是随着冶金技术的发展而发展的。它与化学、矿物学、物理学等其他学科的发展有密切的关系。冶金学在人类文明史上起着重要作用，冶金技术可追溯到六千年前或更早。作为冶金学一个重要分支的加压湿法冶金，其反应过程温度和压力较高，反应条件较火法冶金和常规湿法冶金苛刻，因此应用研究也相较晚些，从 19 世纪中叶以后，加压湿法冶金才开始研究和应用。

加压湿法冶金的研究始于 1887 年，化学家拜耳（Karl Josef Bayer）提出在加压釜中用氢氧化钠溶液浸出铝土矿，反应温度 140 ~ 180℃，获得铝酸钠溶液，加入晶种，分离得到纯的氢氧化铝，该法称为拜耳法。拜耳法的出现开创了加压湿法冶金，使得氧化铝的生产得到了迅速发展。目前，全世界约 3 亿吨铝土矿是用拜耳法处理的，是加压湿法冶金工业应用最大的领域，如中国、德国、澳大利亚、俄罗斯等国均有大型拜耳法生产厂在运转。拜耳法开始只是在比较低的温度和压力下，用浓度较低的碱溶液浸出含硅低、易浸出的三水铝石型铝土矿，随后发展到在 2 ~ 3MPa 压力下，温度 200 ~ 250℃，用 200 ~ 300g/L 苛性钠浸出难浸出、含硅高的一水硬铝石型铝土矿。20 世纪 40 年代，加压湿法冶金在铜、锌、镍等重有色金属方面的应用研究取得了突破性进展，随后在镍、钴、锌、铜等金属湿法提取中获得工业应用并得到较快发展。1947 年，为了寻找一种新工艺来代替硫化镍精矿火法熔炼，加拿大大不列颠哥伦比亚大学（The University of British Columbia）Forward 教授研究发现，在氧化气氛下，含镍和铜的矿石都可以直接浸出而不必经过预先还原焙烧。20 世纪 50 年代，加拿大、南非及美国采用碱法加压浸出铀矿实现了工业化。随后，加压浸出技术在黄金、钨、钼、钒、钛及其他有色金属的提取中获得广泛应用。进入 21 世纪以来，加压浸出技术在红土镍矿、闪锌矿、辉钼矿等矿物处理领域取得快速发展。

20 世纪 50 年代，全世界建设了四个镍钴加压浸出工厂。1954 年，加拿大舍利特·高尔登矿业有限公司（Sherritt Gordon Mines Limited）发明了舍利特氨浸法，在萨斯喀切温建

立了第一个加压浸出生产厂，最初工厂主要处理林湖矿区产出的铜镍硫化精矿，后因原料不足，也处理美国国家铅公司产出镍钴氧化焙砂和镍硫。该厂至今仍生产，生产能力已从最初的7000t/a镍增加到24900t/a镍。该厂采用两段加压浸出，第一段浸出温度85℃，压力830kPa。第二段温度为80℃，压力为900kPa。第一段浸出产出的浸出液送去蒸氨除铜，除铜后进行氧化水解生产硫酸铵肥料。该厂研制的卧式多隔室压力釜直至今天仍然被广泛采用。加拿大舍利特·高尔登矿业公司在加压湿法冶金真正走向工业化上作出了重大贡献。酸性介质加压湿法冶金在此期间也得到迅速的发展。20世纪50年代初，金属钴价异常高昂，美国在此期间建造了两个钴精矿加压浸出工厂，一个位于美国犹他州的加菲尔德(Garfield)，用于处理爱达华州的布莱克比德(Blackbird)矿产出的砷钴精矿，加压浸出温度为200℃。另一个建在美国密苏里州的弗雷德里克(Fredericktown)，用于处理镍钴铜硫化物精矿。后由于钴价下跌，这两个工厂都因亏损而关闭。50年代第4个加压浸出工厂建设在美国路易斯安那州镍港(Port Nickel)，用于处理古巴毛阿湾(Moa Bay)工厂所产的镍钴硫化物精矿，该厂1959年建成投产，后由于没有原料供应而停产，于1974年改造为钴镍硫精炼厂。

20世纪60年代，舍利特·高尔登矿业公司对加压酸浸进行了更加深入的研究，并建立了一系列中间试验厂，用于研究各种镍钴混合硫化物、镍硫和含铜镍硫的处理。1962年，舍利特·高尔登矿业公司在萨斯喀切温建立了加压酸浸系统，用于处理镍钴硫化物。1969年，第一个处理含铜镍硫的加压浸出工厂在南非的英帕拉铂公司(Impala Platinum)建成，之后，南非其他铂族金属生产厂也相继建立。苏联的诺里尔斯克镍联合企业采用加压酸浸从磁黄铁矿精矿中回收镍、钴和铜。

20世纪70年代，加压酸浸在锌精矿处理方面取得显著进展。舍利特·高尔登矿业公司的研究表明，采用加压酸浸—电解沉积工艺比传统的焙烧—浸出—电解沉积流程更经济。加压浸出的突出优点是能把精矿中的硫转换成元素硫，因而锌的生产不必与生产硫酸联系在一起。1977年，舍利特·高尔登矿业公司与科明科公司联合进行了加压浸出和回收元素硫的半工业试验^[5-10]，并在特雷尔(Trail)建立了第一个锌精矿加压酸浸厂，新工艺与特雷尔厂原有的设施并存。这个厂设计的精矿处理能力为190t/d，1981年投产。第二个直接加压酸浸的工厂^[11,12]是建在蒂明斯(Timmins)，设计的精矿处理能力为105t/d，于1983年投产。

20世纪80年代，加压浸出技术在有色金属冶金中最引人注目的进展应是用加压预氧化难处理金矿以代替焙烧。难处理金矿经加压氧化处理后，大大有利于氰化浸出。此法对那些金以次显微金形式存在，包裹在黄铁矿或砷黄铁矿的晶格中，而用一般方法难以使其解离出来的矿石，尤其有效。位于美国加利福尼亚州的麦克劳林金矿是世界上第一个应用加压氧化处理金矿的工业生产厂。该厂是在酸性介质中加压氧化，日处理硫化矿2700t，1985年7月压力釜开始运转。这个厂的建设对以后其他厂的建设有重要的指导作用。之后，巴西的桑本托厂、美国内华达州的巴瑞克梅库金矿和格切尔金矿相继投产。此外，在20世纪80年代还有一批处理含铜镍硫、锌精矿的加压湿法冶金工厂投产，如德国鲁尔锌厂于1991年建成了加压湿法炼锌厂，1993年加拿大哈德逊湾矿冶公司(Hudson Bay)建成了第四座加压浸出工厂。

20世纪90年代，加压浸出工艺得到了进一步发展。据不完全统计，90年代已投产的加压浸出厂家已超过10个，在澳大利亚相继有三个加压酸浸工艺投产，主要用于处理红

土镍矿。1991年,德国鲁尔锌厂(Ruhr Zink)^[13~15]建成了一套氧压浸出系统,设计能力为50000t/a锌,高压釜规格为 $\phi 3.9\text{m} \times 13\text{m}$ 。开始主要处理锌精矿和利用威尔兹窑从钢厂烟灰中提取氧化锌后产出的还原渣,后改为只处理锌精矿。后由于原料和生产成本的原因,该厂于2008年关闭。1993年,加拿大哈德逊湾建成了世界上第一座采用全湿法两段氧压浸出工艺的锌冶炼厂^[16~18],完全取代了原有的焙烧—浸出—电积工艺。一段高压釜为低酸浸出,二段高压釜为高酸浸出。两段高压釜结构、操作温度与压力均相同。但二段浸出酸度较一段浸出高,浓密机溢流液含酸浓度为35~40g/L。设计能力为年产电锌115kt,浸出车间安装有3台 $\phi 3.9\text{m} \times 21.5\text{m}$ 的高压釜,低酸浸出和高酸浸出各1台,另一台作为两者的备用,均采用炭钢外壳内衬铅和耐酸砖防腐层。2003年,第五座加压湿法炼锌厂在哈萨克斯坦投产建成。同时我国吉林镍业、金川公司相继采用加压浸出技术处理镍精矿,取得了较好的经济指标。

我国加压湿法冶金技术发展起步比较晚。最早采用加压湿法冶金是氧化铝工业,1960年在郑州铝厂建成铝土矿加压碱性浸出,随后应用于铀的浸出,1977年核工业息峰铀厂采用碱法加压工艺。此后,北京矿冶研究总院、中国科学院化工冶金研究所(现为中国科学院过程工程研究所)等单位对加压浸出技术进行了深入研究。1979年,云南东川矿务局采用加压氨浸处理汤丹低品位难选氧化铜矿,开展了半工业试验,铜浸出率可达90%以上。1981年,株洲硬质合金厂建设了钨精矿加压酸浸生产线,生产钨酸铵产品。

但真正对我国加压浸出技术由研究开发达到工业应用推广作出重要贡献的单位是北京矿冶研究总院。早在1973年北京矿冶研究总院就联合上海东方红锅炉厂研制了我国第一台加压反应釜,体积为300L,材质为钛材,用于复杂多金属硫化矿加压浸出。

1983年,北京矿冶研究总院与株洲冶炼厂合作,对该厂生产的锌精矿开展了加压酸浸试验研究,并提交了锌精矿氧压酸浸新工艺2L和10L加压釜扩大试验研究报告,对锌精矿氧压酸浸工艺进行了详细的工艺参数、过程相变和流程应用等方面研究。

1985年,北京矿冶研究总院联合株洲冶炼厂和长沙有色冶金设计研究院进行联合攻关,开展了300L高压釜扩大试验研究,重点考察和验证小型试验参数、工程化实施辅助材料消耗、液固分离以及流程平衡等,进一步研究了锌精矿加压氧浸工艺。

1986年,由北京矿冶研究总院、株洲冶炼厂等单位人员组成考察组,赴加拿大考察了第一家在工业生产上应用锌精矿氧压浸出工艺的科明科(Cominco)有限公司所属的特雷尔冶炼厂和蒂明斯加压浸出厂,参观了压力浸出工艺开发基地——舍利特·高尔登有限公司的实验室。并与加拿大锌精矿氧压酸浸工艺研究人员进行了技术交流。

1993年,北京矿冶研究总院开发形成我国第一个采用加压酸浸处理高镍硫的工厂——新疆阜康冶炼厂,建成并投产。该厂工艺流程为高镍硫硫酸选择性浸出一黑镍除钴—不溶阳极电积工艺生产电镍,主要处理含硫低的高镍硫,通常含镍32%,铜48%,硫16%。1993年投产初期,浸出过程采用一段常压和一段加压,产量为2000t金属镍,后来扩产到13000t金属镍,浸出工艺改为两段常压和两段加压。该厂浸出过程采用加压泵实现浸出过程连续作业,浸出温度为150℃,压力为0.8MPa,常压浸出过程中铜、铁几乎不浸出,全部水解沉淀入渣,加压浸出过程镍、钴、铁几乎全部浸出,铜部分浸出。新疆阜康冶炼厂投产标志着我国氧压酸浸技术的产业化奠定了坚实的基础。

2000年,北京矿冶研究总院再次提出了低铜高镍硫的“一步加压浸出”新工艺,并