

第二屆
全國輕金屬冶金學術會議
論文集

中國有色金屬學會
輕金屬冶金學術委員會

中國·西寧

一九九〇年九月

第 二 届
全国轻金属冶金学术会议
论 文 集

中国有色金属学会
轻金属冶金学术委员会

中国·西宁

一九九〇年九月

序 言

十年来,我国有色金属工业得到了稳定持续的发展。当前,有色金属工业正迈向第三台阶,在1989~1994的六年中,国家要求铝要以12%的年平均递增量发展。提出,要集中力量发展氧化铝,大力发挥电解铝厂的能力。显然,与此紧密关联的矿山、炭素、氟化盐等都要得到相应的发展,整个轻金属的其它部分也必须按比例增长。时间紧迫,任务艰巨而光荣。与此同时,处在治理整顿、深化改革进程中的轻金属企业,也都面临着提高企业素质,提高技术水平和提高经济效益的任务。作为轻金属工业和科技战线的同行们,自然感到责任重大!我们必须努力工作,为实现以上任务,为加强企业的技术开发,为企业达产、挖潜和改建服务。另一方面,我们还要注视国际上本行业面向21世纪的新进展,为发展我国轻金属,特别是铝工业的新技术、新材料和产品,以及高技术的应用竭尽全力。

轻金属冶金学术委员会第二届委员会换届以来,本着以上精神,积极地开展了工作。我们希望学会要起好两方面的作用,即在党和政府发展轻金属工业方面起好助手作用;在联系广大轻金属工业与科技同行方面起好桥梁与纽带作用。起好这两方面作用,才能实现团结广大科技工作者为我国轻金属,特别是铝工业这个主战场服务的目的。我们希望得到广大同行们的支持和督促,起好这种作用。

本次学术会议是近年来全学会及各专业委员会成员的一次大聚会。除了多种形式的学术交流之外,还将组织与当前生产、科技发展紧密关联的专题报告与专题研讨,以期为我国轻金属特别是铝工业迈向第三台阶献计献策。

这本论文集是由学会收到的众多论文中的一部分汇编而成的。由于时间仓促，难免有所疏漏。虽然如此，但仍可反映这一时期轻金属战线科技同行们的工作轨迹，随着今后科技工作的加强和学会工作的活跃，我们期待，轻金属战线的科技进步日益显著，科技成果更为丰硕。

中国有色金属学会
轻金属冶金学术委员会 主任委员：刘业翔

一九九〇年九月

目 录

氧化铝 I (综述)

关于拜耳法溶出的管道化

.....北京有色金属研究总院 曹蓉江 (1)

论我国扭转氧化铝发展滞后的对策

.....沈阳铝镁设计研究院 朱瑞泽 (6)

水硬铝石型铝土矿溶出技术的发展方向

.....郑州轻金属研究院 张晓风 陈万坤 (16)

着眼我国实际挖掘烧结法优势

.....山东铝厂 吴廷范 (26)

强化烧结法生产的工艺技术

.....山东铝厂 戚立宽 (31)

氧化铝生产方法经济合理性初探

.....沈阳铝镁设计研究院 陆钦芳 (36)

氧化铝 II (工艺研究)

广西平果矿拜耳法强化溶出半工业试验研究

.....郑州轻金属研究院 陈万坤 鲍泽科 吕子剑 (44)

铝酸钠溶液深度脱硅新工艺的研究

.....中南工业大学 龙远志 彭志宏 (53)

酸浸法从煤矸石中提取氧化铝的初探

.....东北工学院 翟秀静 邱竹贤 (60)

拜耳法溶出一水硬铝石型铝土矿添加活性石灰的研究

.....郑州轻金属研究院 陈万坤 刘克一 (69)

水汽脱硫的研究

.....北京有色金属研究总院 王向东 阙素荣 李文忠 阎九吉 (77)

应用高压水化法处理个旧霞石矿的初步研究

.....中南工业大学 陈谦德 (82)

广西平果铝土矿磁化预焙烧的研究

.....郑州轻金属研究院 刘汝兴 (90)

氧化铝 III (基础理论研究)

通过焙烧强化—水硬铝石矿溶出过程的研究

.....中南工业大学 赵恒勤 杨重恩 (96)

$\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{H}_2\text{O}$ 系的 Pitzer 方程参数

.....东北工学院 铁 军 王延明 (104)

铝酸钠溶液脱硫条件及其热力学研究

-贵州工学院 程立 刘定富 黎嫚 (113)
- 伊利石在铝土矿浆预热过程中反应机理的研究
- ...郑州轻金属研究院 顾松青 尹中林 张廷恩 周辉放 杨天锡 朱世瑞 (128)
- 水合碳酸铝钙脱硅动力学初步研究
-中南工业大学 彭志宏 李小斌 龙远志 (143)
- 铝酸钠溶液加种分解过程晶体附聚作用的研究
-郑州轻金属研究院 周辉放 陈光渊 中南工业大学 杨重恩 (150)
- 温度及浓度对低温附聚的影响
-中南工业大学 上官正 (162)

氧化铝Ⅳ (控制、回收及其它)

- 烧结法赤泥洗涤末次底流液固比微机控制
-郑州铝厂 王德玉 (166)
- 烧结法生产氧化铝物料平衡计算软件
-中南工业大学 李小斌 梁英 杨重恩 (183)
- 直接加热预热器在蒸发器上的应用
-山西铝厂 龙跃 (191)
- 核子秤在氧化铝生产配料过程中的应用
-山西铝厂 杨晋峰 (198)
- 关于联合氧化铝厂采用“溶解法”新工艺回收铝的讨论
-郑州轻金属研究院 尹守义 (205)
- 烧结法赤泥综合利用的现状与前景
-山东铝厂 刘作霖 (209)
- 浓相输送氧化铝粉方案比较
-沈阳铝镁设计研究院 敖云珍 (217)
- 国外氧化铝流态化焙烧技术与山西铝厂氧化铝闪速焙烧炉施工与投产
-沈阳铝镁设计研究院 卢全义 (225)

铝电解Ⅰ (综述)

- 世界电解铝工业进展及我国电解铝工业发展战略中的几个问题
-中国有色金属工业总公司科技局 韦涵光 (234)
- 铝电解厂的增产、节料问题
-中南工业大学 刘业翔 (240)
- 引进与翻版160KA中间下料预焙槽的综合评述
-青海铝厂 周维国 (251)
- 降低铝电解电耗的途径
-包头铝厂 李春祥 (263)

铝电解Ⅱ (生产实践)

锂盐阳极糊的电催化功能及其在工业槽上的应用

.....中南工业大学 黄永忠 刘业翔 刘航博 (267)

引进日轻八万吨铝电解技术十年来的回顾

.....贵州铝厂 彭泽刚 (278)

白银铝厂电解系列155KA中间下料预焙电解槽焙烧和启动方法的选择与实践

.....白银铝厂 杨沛江 柴永成 (285)

对提高我厂铝电解槽寿命问题的探讨

.....青海铝厂 马文生 (299)

大型预焙阳极铝电解槽多槽(系列)焙烧开动的技术探讨

.....抚顺铝厂 田作平 李德林 田福泉 (307)

60KA侧插自焙槽点式自动下料新技术的初步实践与展望

.....贵州铝厂 刘继承 (313)

75KA预焙槽增产节能试验研究

.....郑州铝厂 王醒钟 (322)

试论在生产系列中进行铝电解槽能量平衡的测定和计算的作用

.....浙江衢化铝厂 沈泽方 (329)

铝电解Ⅲ(磁场、电流分布)

大型铝电解基地280KA铝电解槽母线配置及其磁设计

.....贵阳铝镁设计研究院 梁学民 姚世煥 (336)

135KA预焙槽母线补偿及工艺

.....抚顺铝厂 丁肇松 (342)

对大型(160KA)预焙槽阴极电流分布的研究

.....青海铝厂 姜玉敬 (348)

降低铝电解槽铝液中水平电流的研究

.....郑州轻金属研究院 张祖明 (354)

铝电解Ⅳ(控制)

铝电解槽计算机控制技术的发展动态

.....中南工业大学 李 劼 刘业翔 (362)

计算机控制铝电解槽新的数学模型

.....东北工学院 张明杰 邱竹贤 抚顺铝厂 吴成多 常立忠 (369)

工业控制计算机的防失控及自复位问题

.....沈阳铝镁设计研究院 刘 博 吴宝祥 (377)

容错技术在铝电解计算机控制中的应用

.....包头铝厂 冯家才 (380)

浅论侧插自焙槽电解生产的微机控制

.....兰州铝厂 任耀光 (385)

铝电解计算机控制系统中的数据采样及处理

锂盐阳极糊的电催化功能及其在工业槽上的应用

.....中南工业大学 黄永忠 刘业翔 刘航博 (267)

引进日轻八万吨铝电解技术十年来的回顾

.....贵州铝厂 彭泽刚 (278)

白银铝厂电解系列155KA中间下料预焙电解槽焙烧和启动方法的选择与实践

.....白银铝厂 杨沛江 柴永成 (285)

对提高我厂铝电解槽寿命问题的探讨

.....青海铝厂 马文生 (299)

大型预焙阳极铝电解槽多槽(系列)焙烧开动的技术探讨

.....抚顺铝厂 田作平 李德林 田福泉 (307)

60KA侧插自焙槽点式自动下料新技术的初步实践与展望

.....黑龙江铝厂 刘继承 (313)

75KA预焙槽增产节能试验研究

.....郑州铝厂 王屋钟 (322)

试论在生产系列中进行铝电解槽能量平衡的测定和计算的作用

.....浙江衢化铝厂 沈泽方 (329)

铝电解Ⅱ(磁场、电流分布)

大型铝电解基地280KA铝电解槽母线配置及其磁设计

.....贵阳铝镁设计研究院 梁学民 姚世煥 (336)

135KA预焙槽母线补偿及工艺

.....抚顺铝厂 丁肇松 (342)

对大型(160KA)预焙槽阴极电流分布的研究

.....青海铝厂 姜玉敬 (348)

降低铝电解槽铝液中水平电流的研究

.....郑州轻金属研究院 张祖明 (354)

铝电解Ⅳ(控制)

铝电解槽计算机控制技术的发展动态

.....中南工业大学 李 劼 刘业翔 (362)

计算机控制铝电解槽新的数学模型

.....东北工学院 张明杰 邱竹贤 抚顺铝厂 吴成多 常立忠 (369)

工业控制计算机的防失控及自复位问题

.....沈阳铝镁设计研究院 刘 博 吴宝祥 (377)

容错技术在铝电解计算机控制中的应用

.....包头铝厂 冯家才 (380)

浅论侧插自焙槽电解生产的微机控制

.....兰州铝厂 任耀光 (385)

铝电解计算机控制系统中的数据采样及处理

加高预焙阳极三厘米的试验研究

.....贵州铝厂 李素梅 (514)

铝用碳素Ⅱ (原料开发)

重液法煤除灰的研究

.....山西医学院 田本良 赵正保 白小红 郑州轻金属研究院 王平甫 (517)

以煤代焦

.....沈阳铝镁设计研究院 汤望如 (525)

京西无烟煤制阳极糊实验初探

.....郑州轻金属研究院 许文彪 李庆宏 (537)

铝用碳素Ⅲ (引进设备消化吸收改造)

浅谈青海铝厂预焙阳极生产的工艺与设备

.....青海铝厂 杨宗昌 朱永松 (542)

影响阳极组装机预焙铁炉炉衬寿命的分析

.....贵州铝厂 郭建国 (551)

新育速熔器的改造分析及其速熔影响因素的探讨

.....青海铝厂 吴智明 (555)

阳极焙烧烟气洗涤循环水质治理

.....贵州铝厂 杨 凌 (561)

湿法净化的优缺点实践与论证

.....贵州铝厂 汪盛杨 (563)

提高球磨产能方法初探

.....青海铝厂 张 平 (565)

提高预焙阳极成型系统产能降低原料消耗途径初探

.....贵州铝厂 彭孝洪 (570)

组装机收尘设备的改造及探讨

.....贵州铝厂 唐宗英 (572)

铝用碳素Ⅳ (标准与测试)

现行铝用碳素制品国家标准中存在的问题和修订意见

.....郑州轻金属研究院 李庆宏 王平甫 席兆阳 (576)

重量法测定铝用阳极空气氧化率

.....东北工学院 路忠胜 (582)

焙烧阳极糊真密度计算公式

.....兰江冶炼厂 吴克义 王克梅 (589)

炭素材料空气氧化性测试方法的研究

.....郑州轻金属研究院 刘凤琴 王平甫 (592)

氟化盐

试论我国氟化盐发展战略

-沈阳铝镁设计研究院 李春明 (598)
- 氟化铝气流干燥中氟化氢气体腐蚀的分析
.....湘乡铝厂 张益民 (605)
- 氟化铝母液回收过程中 SiO_2 行为的探讨
.....湘乡铝厂 廖志辉 (608)
- 氟化盐厂设备及构筑物的防腐
.....沈阳铝镁设计院 祁春韶 (612)

镁冶金 I (电解法)

- MC焦与轻烧菱镁矿球团氟化的研究
.....中南工业大学 徐日瑤 (617)
- 镁电解槽二阶段开动的探讨
.....抚顺铝厂 郭家声 (625)
- 炼镁用菱镁矿物的研究
.....民和镁厂 薛循生 (635)
- 光卤石炼镁——人造光卤石制备
.....贵阳铝镁设计研究院 刘 菲 (644)
- 电解条件对液镁析出状态的影响
.....中南工业大学 张永键 罗亮明 董红军 刘德福 (651)
- 氟化炉的疑难故障——熔炉
.....抚顺铝厂 魏羽纯 (654)
- 工业电解质中镁离子的电化学研究
.....中南工业大学 张永键 罗亮明 刘德福 (659)

镁冶金 II (硅热法及其它)

- 我国皮江法的技术进步
.....郑州轻金属研究院 郭以俊 (663)
- 硅热法炼镁中燃料消耗情况的测定与分析
.....中南工业大学 邹宜陵 梁世芬 (673)
- 硅铁品位对吨镁成本的影响
.....国营712矿 罗明亮 (686)
- 镁粒的制作研究
.....郑州轻金属研究院 夏 忠 刘 彬 (688)
- 利用镁电解槽渣作为冰雪融化剂的研究
.....抚顺铝厂 国长青 (696)
- 包钢炼镁炉渣在铸钢型砂中的应用
.....包钢冶金研究所 白景章 (700)

工业硅 I (综述)

发展工业硅新品种生产的必要性和途径

-沈阳铝镁设计院 何允平 (702)
- 我国硅工业的经济剖析及发展对策
-贵阳铝镁设计院 林 在 (708)
- 我国工业硅生产科技动态及其发展对策的思考
-贵阳铝镁设计院 李国斌 (713)
- 推行全面质量管理 提高工业硅质量
-遵义钛厂 谢忠贤 (721)
- 工业硅生产节能降耗的主要途径
-上海铁合金厂 孙兴华 (726)

工业硅Ⅱ (工艺研究)

- 工业硅生产中的电能利用率和能量平衡
-东北工学院 赵恒先 (731)
- 硅炉料面温度与产量关系的探讨及一些现象的分析
-抚顺铝厂 陈维纲 (739)
- 硅冶炼过程的热力学原理及应用
-南京铁合金厂 阎俊德 (744)

工业硅Ⅲ (设备实验)

- 小容量矿热炉短网材型选择
-沈阳铝镁设计院 张万福 (750)
- 硅电炉改中烟罩节能降耗研究
-抚顺铝厂 高海涛 (756)
- 治理工业硅生产烟尘污染有效途径的探讨
-中条山有色金属公司 常秉纲 (762)

铝矿山Ⅰ (综述)

- 合理利用资源强化开采适应铝工业持续发展的需要
-沈阳铝镁设计院 闵中兴 郑秀岚 (768)
- 郑州铝厂联合办矿新模式的探讨
-郑州铝厂矿山公司 陈洪海 (776)
- 加强采矿技术管理合理开发利用铝土矿资源
-山东铝厂矿山公司 郭秀明 李现国 (781)
- 山西省铝土矿资源在发展我国铝工业中的地位
-王恩孚 沈阳铝镁设计院 (785)

铝矿山Ⅱ (开采工艺)

浅论提高小型地下矿生产能力的途径

.....山东铝厂矿山公司 王国柱 (792)

国内外铝矿山复垦概况

.....孝义铝矿 赵广礼 沈阳铝镁设计院 陆厚华 (800)

山东铝厂矿山公司贫化损失管理工作概况

.....山东铝厂矿山公司 陈庆生 王桂兰 (809)

试谈贾沟矿区提高生产能力的途径

.....郑州铝厂矿山公司 郭玉忠 (819)

关于拜尔法溶出的管道化

曾荃江

北京有色金属研究总院

摘要

本文通过对国内外管道化溶出铝土矿的生产实践,分析了各种方法的优缺点,并对我国各矿区铝土矿特点所应选择的管道化方法发表了看法。

一、管道化的共同趋势

到目前为止,拜尔法生产氧化铝的溶出器还是以大型溶出罐为主,虽然对于整个溶出系统来讲,其操作是连续的,[1]但对于单一溶出罐来讲,由于几乎是全返混型,设备笨重,传热面积小,改为管道是技术上的必然趋势。因此,新建的氧化铝厂都改用管道化。氧化铝生产由于所用原料的不同,在欧洲都采用一水铝土(软铝石),所用溶出温度高,因此在西德的管道化采用单流法,在美国所用矿石以三水铝土为主,所以溶出温度低,近时管道化以“双流法”为主。在澳洲的Queensland铝厂所用温度达到230~240℃,采用溶液加热法,其原因也是要回收其中难溶出的氧化铝组分。该法对于管道化来说也是单流法。

二、单流法和双流法的短长

单流法对于管材无特殊要求。矿石原料对于软铝石和硬铝石都适用,对于含硅矿物在溶出时的行为,由于实践经验不多,人们多所顾虑,也是可以理解的。但无论低温($<150^{\circ}\text{C}$)析出的硅化合物和高温($>240^{\circ}\text{C}$)析出的,对于操作周期和传热系数的降低,在技术经济上还是可行的。“双流法”实践证明,对于 150°C 左右溶出的矿石是可行的。如果温度提高则管材要求用合金钢,更高的温度对于碱液管道要求内表面经过特殊处理的材料或含镍特高的合金钢,因此投资增加,管道寿命缩短,两者必居其一。

三、我国在西德进行的管道化实验

1984年山西铝厂的一水硬铝石矿,曾运往VAW公司进行试验,根据到过现场的同志和VAW公司提出的书面报告证明,未经过予脱硅的矿石,不仅低温予热部分的管道结疤严重,而且 $240\sim 280^{\circ}\text{C}$ 部分也结疤严重,传热系数下降剧烈。VAW要求有更大规模的试验以降低正式生产所用设计的风险,看来是合理的。

该公司利泊 (Lippe) 厂曾在 RA 6 装置上, 进行了希腊铝矿的试验。所用的希腊派拉纳斯铝土矿中含一水软铝石为 25%, 其含氧化铝为总氧化铝量的 38%, 一水硬铝石为 39%, 含氧化铝总量为 57%, 其余 5% 的氧化铝在高岭土中。经过 40000T 矿石的试验可以看出与澳大利亚昆士兰氧化铝厂所用韦伯矿 (Weipa) 在自蒸发蒸气与矿浆进行热交换的传热系数以希腊矿为好, 且在高温熔盐加热至 280℃ 阶段, 也以希腊矿为好。原因是高温阶段希腊矿的含硅矿物以高岭土和石英为主, 其结疤主要为 CaTiO_3 之故, 我国的河南、广西的含硅矿物中还有伊利石、绿泥石、叶腊石等组成比较复杂, 尤其是伊利石在高温时 ($> 240^\circ\text{C}$) 析出, 因此影响高温段的操作周期。

这一初步的试验结果, 矿浆加热管道化对于我国的一水硬铝石是否适用, 引起了各种不同看法, 其一是硬铝石太硬容易磨损高压泥浆泵是否能适应管道化, 要经过试验; 其二是含硅高, 不进行予脱硅, 在予热部分结疤快, 影响清洗周期, 使运行达不到 1200 小时/洗, 其三最主要的是我国一水硬铝石中含伊利石高 (例如 10%) 而溶出温度又要求高于 260℃, 因此, 高温管道上析出的硅疤将使传热系数迅速降低, 而使投资增加或成本增加, 这一点是主要顾虑。当然与管道的磨损和弯头缩管等处和焊缝的磨损也将是主要的薄弱的处所。

但是磨损和结疤是危害的两个方面, 磨损可以去除结疤, 根据结疤的耐磨性质、软硬程度, 控制一定的矿浆流速是可以既不磨损, 又使结疤的生长速度在可控的范围之内。我们设想 VAW 公司提出的 40000 矿石的管道化溶出试验, 正是企图得这方面经验。

关于高温结疤不可怕, 我们从理论上和实验中已加以证明。^[100]

四、昆士兰氧化铝厂的溶出技术

该厂由加铝、法铝、凯撒和澳大利亚可马尔公司四家合资组成, 其所用铝矿为 Weipa 矿, 其主要组成为三水铝土, 其中 Al_2O_3 为 40%, 一水软铝石的为 10%, 总的可溶出氧化铝为 55%, 含 TiO_2 为 3%, 而含 SiO_2 为 5% 比我国常用的铝土矿含 SiO_2 为低。

由此可知, 其所用溶出温度选用 230℃ 是可以溶出一水软铝石并要求溶出时间短, 以节约溶出器的投资所致。

该厂用溶出液自蒸发所得蒸气加热溶出用液, 而矿浆直接加入溶出器, 溶出反应和高温析出都在溶出器进行。优点是不用间接加热溶出罐中的浓溶液避免了结疤在运行中的不利因素, 缺点是为了维持或提高溶出温度, 不得不喷入直接蒸气, 从而使蒸发量增加。

该厂目前为世界上最大的氧化铝厂, 而所用的流程为溶出用液加热法。与加铝在较低温度下溶出的流程相似, 因此也叫“双流法”。实际上 (1) 未能省去只是减少了笨重高大的溶出器个数, (2) 溶出器采用直接喷入蒸气法, (3) 结疤的清理与用相同矿石在相近温度下操作的溶出器相同, 但却带来了碱液 (溶出用液) 的腐蚀问题。因此, 不加详细分析, 就以“双流法”能解决我国的一水硬铝石型的矿石为原料的拜耳法流程中存在特殊困难, 看来还不够客观。

五、我国的管道化试验

管道化在拜尔法中的应用，赞成的人不少，但以种种理由反对的也有，迁延了几年，终于建成了一座半工业试验装置，即轻金属研究院的管道化中试厂。用的是平果矿。并建立了另一套试验装置即郑州铝厂的管道化装置。前者的试验结果有专门报告[3]，后者的试验不保密部分大致如下：[4]

1. 矿浆预热段

温度 $100 - 120^{\circ}\text{C}$ 、 $130 - 150^{\circ}\text{C}$ ，

传热系数 $2400 - 2600 \text{ W} \cdot \text{M}^2 \cdot \text{K}$

运行时间 1270 小时 流速 2.19 米/秒

试验结果说明无明显结疤。管道磨损现象轻微，在焊缝处有磨光现象。

2. 矿浆高温段

温度 $198 - 220^{\circ}\text{C}$

运行时间 1600 小时

料浆流速 $2 - 3$ 米/秒

在弯管的出口处有结疤，但不严重，其它管道中没有结疤，在管道的焊缝处磨损较快

结疤的组成为磁铁矿、方铁矿、钙钛矿和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 。

这组试验表明弯头是结疤和磨损的场所，即使已予脱硅的矿浆用热交换器加热时，远不如用管道加热有利。这正是匈牙利将热交换器改建成管道的原因[5]。

轻研院的半工业试验的结果，虽然运行时间不够长，但有几点是可以肯定的：

(1) 低于 170°C 硅疤与钛疤含量相近，以前者略高；

(2) $170 - 260^{\circ}\text{C}$ 以钛钙疤为主，所含硅铝疤不足 $1/6$ ；

(3) 260°C 以上硅铝疤比钛钙疤为少，钙霞石比水合硅铝酸镁少；

(4) 结疤中含大量的 MgO ，其来源主要是含镁的石灰，生成温度愈高愈易成为硅铝镁酸盐。含镁量高的结疤易清洗。

该报告的结论表明，对平果铝矿的高温疤易结和不易清除的顾虑是可以解除的。

六、管道化中的几种流法

为了保持溶出罐的在直接蒸气加热时易于操作的优点，并与溶出用液和用矿浆自蒸发放出的蒸气加热的方法结合起来，溶出反应在溶出罐内进行，这正是法国佩契内公司 (Pecheneg) 在希腊所采用的流程的改进，此流程稳妥可靠，但耗热和投资都较高，实际上这是单流的一种[6]。

前面讲到的昆士兰氧化铝厂的单独加热溶出用液，泥浆在溶出罐自蒸发器之间流动。对于管道来说也是单流法，习惯上把泥浆的流动与溶出液的流动分开进行的叫“双流法”。但对管道化系统来说叫单流法为宜。

匈牙利1982年在马加劳注 (Magyaróvár) 建立了一套管道化溶出装置，该装置对管道化来说才是真正的双流法，一条管道中流溶出用液，另二条管道中

流矿浆，因此可以叫做三管双流法。

矿石溶出所需温度和时间，是受矿石种类决定的，也受到企图回收的氧化铝经济效益影响。例如在 200°C 半小时内可以溶出到 $95\%\text{Al}_2\text{O}_3$ 的一水软铝石，为了缩短时间到 5 分钟以内，那就可能要升高温度到 240°C ，如果其中还有 $2-3\%$ 的一水硬铝石要回收，在不增加溶出罐的体积（即在溶出罐中的停留时间）的条件下要进一步增加溶出温度，例如至 280°C ，当然如果经济上合理，也可以暂时放弃回收此部分的氧化铝，那么仍可用 240°C 的溶出温度。

西德 VAW 公司的管道化溶出装置是将溶出用母液和矿浆混合后进入管道溶出，其管道长达 3720 米，真正全部替代了高压溶出罐。这才是单管单流法，管道所以如此长，是为了达到预定的溶出温度和溶出时间，而且在传热系数逐渐下降的情况下留有余地。

降到一定的可允许的传热系数时就要清洗。清洗分化学清洗和水力清除两种。目前即使用水力进行大清洗所需停工时间也不超过三天。当然结疤组成的不同和性能不同也会影响清洗的难易。

该厂为缩短溶出时间加温到 280°C ，采用熔盐进行热交换，这也是轻研院中试厂所采用的方法。此种加温法是化学工业中常用的方法，操作并无困难，因此对于提高温度以提高我国一水硬铝石的溶出率，在设备上完全可以解决。

西德的工厂实践表明，单流法无论设备投资和能耗指标都是拜尔法中最先进的，比法铝在希腊的工业实践先进。当然所用矿石不同，后者含有一水硬铝石，提高温度可以使一水硬铝石溶出率提高到 95% 以上而无其它干扰因素，如含硅矿物不同等才有可比性。

七、管道化选择问题

我国几大矿区，适用拜尔法的矿石对于几种管道化的选择上，河南矿区铝硅比高的矿为难溶出的一种。其含伊利石为 10% 左右。试验证明予脱硅时不能去除，将在 260°C 以上析出（当然在此之前也已在析出），才趋于完全，为此在高温阶段会造成困难。为了稳妥在高温段增加备用保温罐是合理的。将来在郑州铝厂工业运行时再行调整简化。山西铝矿其含硅矿石予脱硅时能脱除总硅量的 80% 以上，而且已选用了比较稳妥的法铝管道化、溶出罐并用的流程，因此技术经济指标可以和郑州铝厂的进行比较而显出高低。

广西平果矿需要的溶出温度比郑州铝厂所用矿更高，但其伊利石含量比河南矿低，但有 1% 的绿泥石，经过试验绿泥石有其有利方面，因此用单管单流法是适当的，已由中试证明。

至于新发现的贵州安顺以西的铝矿和山西西北部的铝土矿，由于地质资料中，关于矿物组成（例如含硅矿物的组成）尚无全面的代表性而难判断。如果其溶出性能和高温硅析出的情况不比河南的更不利，则选择方法并无困难，但近期内不可能建设，估计要在山西铝厂拜尔法、郑州铝厂的扩建管道化拜尔法部分和广西平果铝厂投产以后。因此可以根据上述三处的技术经济的比较，得出明确的结论。并且根据此项结论进行选择，并可以创立有我国特色的管道化溶出法。

八、结论

(1)如果管道化部分流动的物料是正在溶出的矿浆还是溶出用液不加以区分,则都是单流。习惯上的“双流法”是指溶出用液单独用管道加热而矿浆不管是用管道替代溶出罐与否,在溶出罐前加热和其后的在自蒸发器间流动也算一流。这样的叫“双流”是不够严密的。只有一根管道加热矿浆,一根管道加热溶出用液,都是一流进入停留罐,全部或大部代替了停留罐的可叫做双流法。这样可以免除叫法混淆。[6]

(2)矿浆管道化有两方面的问题,矿石硬度大,有管道及其配件的磨损问题。矿石所含金红石、锐钛矿和含硅矿物有结疤问题。可以根据不同情况采取一些技术措施加以解决。我国已有了一些自己的经验。

(3)法铝的压煮罐系统中的管道化是稳妥的“单流法”,此法已由山西铝厂引进。郑州铝厂取代压煮罐的管道化改造方案是吸收了部分匈牙利管道化经验的,以西德V A W方法为主的,是另一种单流法,可以叫做“管道化单流法”。广西平果矿以采用280℃的西德V A W的设备加上我们的改进则将更好。

(4)引进、消化、吸收、创造。近年我国参观学习和实际引进做了许多有益的工作,现在是消化、吸收和创造的时候了。根据我国铝工业的发展道路,我们是有条件摆脱外人的框架,自己进行创造有我国特色的氧化铝制造工业技术的时候了。

参考文献

- [1] 西德管道化溶出技术考察报告 1983.12
- [2] 曹蓉江等 管道化溶出器中的添加剂 Light metal 1990. p.63
- [3] 轻研院 拜尔法管道化溶出的半工业试验报告 秘密 1988
- [4] 李元杰等 私人通信 1988年5月
- [5] Ede singhoffer 等 Light metal 1990. p.27
- [6] 白日明等 铝业工作会议交流资料 1985.5 郑州