

铝镁技术报导

铝 77-1

氧化铝生产自动化

(六)

内部资料 第一类

冶金工业部贵阳铝镁设计院

一九七七年

目 录

1. 拜尔法高压溶出电子计算机控制 1
2. 氧化铝厂的测量和调节技术(瑞士铝业公司在澳大利亚的铝土矿和氧化铝设计之七) 15

拜尔法高压溶出电子计算机控制

加拿大铝业公司阿尔维达氧化铝厂，位于加拿大魁北克省，是加拿大唯一的氧化铝厂。该厂采用拜尔法生产氧化铝，年产能为126万吨。

加拿大在1970年前已开始进行高压溶出电子计算机控制的半工业化实验〔1〕。

据1975年在美国召开的AIME 104届年会报导〔2〕，阿尔维达氧化铝厂已经初步实现高压溶出工序的电子计算机控制。高压溶出自动控制的主要任务是稳定和提高溶出中和溶出后的铝碱比（即 $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{NaOH}$ 以 Na_2CO_3 计）。用无电极电导仪测量溶液电导率，电子计算机巡回检测各种信号，并用专门的数学公式转换为工程单位后，作周期性校准。在一定时间区间内，所得铝碱比与校准值比较，调整进入溶出系统的铝矿量，定时改变各种溶液流量，提高生产效率。在不同时间区间内，从溶液中取样，用温度滴定仪分析，校正电导仪测量值。在一定时间区间内，用标准溶液校准温度滴定仪。化验员把分析数据手动输入计算机，完成上述各种校准计算。电子计算机的作用在于收集数据，模拟溶出过程、搅动计算，实现最佳生产方案以前的控制方案模拟等。

在苏联氧化铝工业部门，虽对高压溶出的自动控制作了一些工作，但是，据俄文资料〔3〕报导，在苏有色金属系统，仅有62台电子计

算机在运转，其中大部份集中在研究机构，其主要努力用于制定冶金过程的数学模型及其特征和性质。

在匈牙利氧化铝工业部门，对高压溶出自动控制作了一定的工作。文献〔4〕报导了匈牙利阿尔马什蒂吉左氧化铝厂在溶出前料浆调整的计算机控制程序。它包括球磨机部份采用开路破碎程序（湿法流程）。测量、控制参数是： Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ti 含量、铝土矿含水量、 Na_2O 苛浓度、浸出液流量、铝矿/碱液克分子比等。文中介绍了数学变换函数和参数测定方法，介绍了辅助控制回路方框图。简述溶出工艺和料浆参数的互相作用，说明了参数对料浆调整影响的计算方法。模拟计算机求解经验方程式。

电子计算机在各个工业部门自动控制中的应用，这是目前国外自动控制技术发展趋势，它能达到较高的劳动生产率。

阿尔维达氧化铝厂高压溶出工序^{控制}计算控制，比苏联、匈牙利等国先进。从阿尔维达厂的实践可以看出，把电导率测量、温度测定和标准溶液校核三种手段有机地结合起来，能够基本解决高压溶出工序的自动化分析问题。这种方法基本上满足了电子计算机控制的要求。

阿尔维达厂的自动控制系统也有不足的一面，它仅是在高压溶出计算机控制方面迈出的第一步。对于阿厂的自动控制方面的经验，“必须有分析有批判地学，不能盲目地学，不能一切照抄，机械搬运”。

阿尔维达氧化铝厂高压溶出电子计算机控制〔2〕

流 量 描 述

铝土矿中的氢氧化物溶于苛性碱，获得含铝酸钠的溶出矿浆。经过沉降，形成赤泥。在滤液中加入晶种，通过分解获得氢氧化铝。母液返回溶出工序。

如图一所示，在阿厂的溶出流程中，按一定配比把少量碱液喂入磨机研磨铝土矿，制备的矿浆泵入压煮器。矿浆与蒸汽一道直接进入压煮器。在其余的压煮器内发生反应，完成反应。溶出矿浆经过自蒸发，压力降至大气压，回收的自蒸发蒸汽用于预热母液。

控 制 问 题

溶出率和矿浆稳定性主要取决于铝酸钠与苛性碱浓度之比（即铝碱比 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{NaOH}$ 以 Na_2CO_3 计，以下简称“比值”）。为了提高生产率，可以不断地增加矿浆中的铝矿配比，以提高“比值”。但是，由于下述理由，这种作法是有限的。如果在压煮器内“比值”在自蒸发以后超过某一极值（该值取决于不同的工艺条件），溶液不稳定，并且在赤泥沉降前和过程中过早分解。这降低总溶出率，同时在赤泥沉降部份引起一系列工艺问题。

控制系统的任务在于既稳定连续溶出中和溶出后的“比值”，也稳定瞬时条件下的“比值”。监控、报警和性能分析也是控制函数的积分部份。

引起流程固有稳态工艺条件的扰动，可分为两类：

流程固有扰动：

—— 铝土矿中的氧化铝含量的扰动，它取决于铝土矿来源和含水量；

—— 母液中的氧化铝含量，它取决于分解性能的变化。母液铝碱

“比值”是特征参数。

—— 从赤泥分离部份返回溶出工序的稀碱液。

“比值”分析方法带进的扰动：

—— 样品制备，甚至用标准方法，也不能生产典型试样。

—— 在滴定法化学分析中，分析人员用目测法确定滴定终点。不同的分析人员之间存在很大差别。

—— 当手工计算从滴定结果确定“比值”时，容易产生误差。

工 程

为了应用各种控制方案，在控制回路中（如图2）包括下述三种机能装置：

—— 被测流程输出的精确测量是主要的。全系统性能主要取决于测量信息，因为它不用于控制流程，而且控制测量系统。因为信息从测量得来。所以，控制系统取决于良好测量系统。

这证实了下一节所介绍的内容。

—— 流程鉴定或调节装置应利用全部流程动态知识。当确立合理动态模型时，性能得以改善。如同本情况一样，当流程有纯时间滞后时，上述论点也是正确的。

下面将讨论模拟和调节装置。

— 执行装置应是精密的。它能准确的按照调节装置的要求动作。在这方面，要求改进铝土矿进料系统。重新设计了料仓。运至离安装大部更新设备。仪表集中在一起。起初，流程控制数字计数机租用两年，它用于数据收集、数据处理以后完成控制功能。

由于这种程序研究成功，在租用第一台计算机末尾购买了另一台计算机。取代原用计算机。

敏感元件研究

当在线测量铝碱比时，有重要的技术革新。阿尔康公司的科研人员决定用无电极电导计工艺。电导率是铝碱比的线性函数。电导室倒入小股液体。通过实验方法确定在溶出系列内的取样点。例如，在铝土矿全部可溶氧化铝事实上进入溶液处取样。

线性化的条件包括流经电导室的溶液温度、校准和洗涤次数。图3示出 $Al_2O_3 / NaOH$ 以 Na_2CO_3 计与电导率之间的关系。结疤影响电导室性能。因此，直线左右移动。电导室常数计算的持正是截距值。图4示出截距值与时间的函数关系。

敏感元件的标准

在每一次清除结疤以后，在连续运转过程中，用温度滴定法分析液体试样。文献〔5〕介绍了这种仪表。用酸度滴定法测定溶液中的铝和氢氧化钠的浓度。通过热效应确定滴定终点。同时，该装置自动停止滴

定。文献〔6〕详细介绍了校准程序。研究校准关系式中产生的差值。分析人员能发现，这些值是否大于预先确定的数值。能进行电导计紧急修理和洗涤。

结果

上述校准过程使测量精度从 0.006 提高至 0.003 比值单位。精确度定义为对校准时用温度滴定法测量的“比值”的偏离。

模拟和控制器设计

应用计算机——在线数据收集系统，设计了流程动态模型。用脉冲实验技术建立和鉴别这些模型。在输入物料流（铝土矿、用于矿浆混合的母液和压煮器进料）中，产生快速脉冲变化。用电导计测量的最终“比值”写入磁带。文献〔7〕报道了根据这些实验设立模型的数学分析方法。

建立模型应达到三个专门目的：

扰动计算

用测量的输入流程的脉冲作为模型脉冲，起用同步在线模型（图1）写下流程和模型输出差值。它演成扰动。完成几次运算，设立一个综合值。就是所谓标准扰动。

数字控制设计

当模型在所研究的范围内符合实验频率曲线时，模型可以简化为一次项加滞后时间。利用在 G 内的平方根轨迹，研究了PI和Smith控

制器〔8〕〔9〕。

控制方案模拟和最佳化

高速离线模拟包括标准浮动反馈扰动 (Standard perturbation play back) 和控制数字算法 (示于图 6)。这种模拟首先用来比较根据分析程序设计的不同类型调节器的性能。

B. M. 8 是操作准则, 从统计学观点讲, 它的误差值是一种标准偏离。

正因为分析设计很少利用扰动知识, 能改进模拟。在控制参数空间变换操作准则, 实现上述最佳化。通过目测选取最佳值。控制方案的实验证实了模拟结果。

控制数字算法

溶出器内铝碱比的内控迴路的任务在于使该“比值”尽可能地接近溶出中铝碱比给定值。外控迴路调整溶出中的铝碱比给定值, 使溶出“比值”尽可能地接近溶出“比值”给定值。溶出铝碱比由于自蒸发过程不同于溶出中的“比值”。根据工厂其余部份的工艺要求, 用溶出算子规定溶出铝碱比给定值。

因为在系统中输送滞后较长 (即时间滞后较大), 同时, 在容器内出现混合, 通过模拟阶段改变铝土矿喂入量的时间区间。

最后选择的数字算法使 Smith 调节器在数字上补偿滞后时间〔10〕。

计算机除改变铝土矿喂入量以外，也改变配料用的碱液量，使泥浆中的液固比保持常数。

用不同方法调整控制参数，外控迴路以类似原则工作。

流程定时数字算法

溶出算子不仅决定溶出“比值”给定值，远距离决定喂入压煮器的矿浆流量给定值。上述给定值是全流程工艺要求的条件，经常需要改变这些条件。溶出喂入量的变化，使料浆调整时的铝土矿和碱液量也发生变化，这些输入物料中的任意变化引起溶出中的“比值”变化。但是，输送时间滞后在各物料流中不相同。为了降低前述三种物料喂入量变化的综合效应引起的铝碱比瞬时变化，实验确定最佳定时，并予以实现。

其他计算机函数

流程监视

每分钟巡回检测3~5种流程参量，以确定是否发生了任意事故迹象。如果有事故迹象，根据其性质，采取措施。在操作人员的电传打字机上打出报警信息。如果计算机检测矿浆流的不正常采样信息，能在一定时间抵销铝土矿校正量，以避免过补偿溶出中“比值”的扰动。

存储记录

扫描获得的生产数据，每5分钟取其平均值，并在磁盘存储器上存储4天。它用于鉴定控制方案时制作图表或用于其他实验。还记录参数偏差和日报参数。

性能胜

日报告 括关于生产效率的信息。如：汽耗、铝矿用量和碳耗。

通用联系公式

流程操作人员可以查找某些通过计算机与流程联系的特殊公式：

—— 给定值修正

—— 被调量的调节输入公式

—— 信息报告

实用程序

某些实用程序协助实验室分析人员和工程师完成其通用公式计算。

按月改变原料和产品清单。

执行过程步骤和实习

按4个复杂程度依次增加的不同阶段完成执行过程。为引导操作人员、实验室分析人员和工长通晓控制系统。对于每一上述阶段设立了实习程序 (training program)，它传播信号，给予充足的实习机会和检验理解程度。

步骤0 数字存储记录 and 报警

产生记录、统计数字和报警信息。操作联系公式局限于来自流程的信息。在这一阶段实现流程模拟和鉴定。在不影响工艺的情况下，也能排除计算机系统程序设计中的差错。

步骤1 手控

通过电导计测量铝碱比。在实验室通过温度测定计校正铝碱比测定值。操作人员作出判断后，手控输入校正值，计算机完成对其他物料流的调整作用。

有下述两重目的

——使操作人员认识到，计算机是他手中的一个有效和有用的工具。然后，我们得到的控制从属关系是正确的。

步骤2 半自动控制

在操作人员作出判断以后，控制数字算法作出判断。但是，在采用校正以前，操作人员要求批准自动判断。这一步骤是向下一步骤的过渡。

步骤3 自动化控制

在操作人员不参加的情况下，进行调整和校对。流程参数和校正值随时通知操作人员。他还具有选择较为适合流程状态的控制方式的优先权。

计 算 机 系 统

原始研究用的计算机是OG-1020流程计算机。现在生产用的计算机是PDP-11/40。表1对比两种计算机性能。

在操作人员控制室和工厂实验 有电传打字机。一系列脉冲传送到流量控制器和称量控制器调整值点上的操作马达。上述两种计算机在实时多程序操作系统中工作，它能离线工作，在模拟和编制程序的同时，着手在线控制。程序用Fortran和Assembler语言写出。

表 两种计算机性能

CPU	DEC PDP-11/40	GE 402C
磁心存储器	64K 16位二进制码	16K 24位二进制码
大容量存储器	3个磁盘存储器 每个120万	3个磁盘存储器 每个120万
实时系统	RSX-110	RTM OS
模拟输入	64路	36路
数字输入	32	32
数字输出	32	32
计算机控制台	显示900字符/秒	电传打字机10字符/秒
宽行打印机	电刻 600行/分	静电 100行/分
卡片阅读器	300卡片/分	300卡片/分
卡片穿孔机	无	100卡片/分

结 果

溶出后的铝碱比的标准偏差是衡量某一控制系统成功的尺度。前述计算机控制系统，与喂入溶出器的铝矿均匀性无关，获得铝碱比标准偏差在0.008以内。

当铝矿均匀，混合良好时，用前述手控方法，偶然获得铝碱比标准偏差变化于0.013~0.10。通过内溶出控制回路，溶出器内铝碱比对其给定值的偏差控制在0.004左右。

极大稳定溶出铝碱比的直接结果是铝酸钠溶液的生产率提高了15%。

计算机的性能反映工作计算时间中，它现在是95%，从GE

4020 使用 PDP-11 刚六个月。大多数停机时间是预防性检修和操作系统出现故障,然而,计算机在工作时间内影响全系统、电导室,而定期和紧急维修使全控制系统停止工作。

资 料 来 源

1. 《铝镁技术报导》氧化铝生产自动化(四) 1975 年

2. 拜尔法高压溶出自动控制发展

Light Metals

AIIME 104 届年会文集 1975 年

3. 电子计算机在有色金属中的应用状态和前景

《Применение ЭВМ в Металлургии》

МОСКОВСКИЙ ИНСТИТУТ ОгАли и силАвов 1975

122-127

4. Kohaszat

1974. 07 №8

P350-354

5. E. Van Dalen and L. G. Ward

用于拜尔法流程控制的半自动温度测定

Pittsburg Conference on Analytical

Chemistry and Applied Spectroscopy

Cleveland, Ohio, U.S.A., March 1972

6. P. Brown

Bayer Plant Leister charging Control by

Computer Using on-line ratio Sensors

Meeting of ISOBA Nice, France, September 1973.

7. J.P. Biffaud and P. Magistry

Identification of a Bauxite Digestion Process by Fourier Analysis

3rd IFAC Symposium on Identification and System Parameter Estimation, The Hague, Holland, June 1973

8. Bagazzini, J.B. Franklin, G.F.
Sampled Data Control System

McGraw Hill (1958)

9. Sevely, Y., "Systemes de commande a donnees echantillonnees"

Universite de Toulouse (1966)

10. O.J. Smith

A Controller to Overcome Dead Time,

I.E.E. Journal, vol. 96, No. 2, February 1959

P 28-33



氧化铝厂的测量和调节技术

瑞士铝业公司在澳大利亚的铝土矿和氧化铝设计之七)

设 备

前 言

二十年以前，因为没有整套电子和气动仪
设备系统，测量和调节技术所起的作用还较
小。随着产品质量要求日益提高和生产设备日
益大型化，期待发展测量和调节技术。同时，
由于半导体技术迅速发展，在许多工业应用领
域，晶体管代替了电子管；提高了电子元件的
可靠性。这些因素使新的精密仪表系统有了发
展的可能性。下面描述新戈氮氧化铝厂的测量、
调节和控制仪表结构以及一些测量方法。