

PROCEEDINGS OF 2ND
COMALCO—CNNC
SYMPOSIUM ON TECHNOLOGY
OF ALUMINIUM INDUSTRY PRODUCTION

第二次铝工业技术交流会议

论 文 集



Sept. 1996 GLADSTONE AUSTRALIA

澳大利亚 格拉斯通 1996. 9

**PROCEEDINGS OF 2ND
COMALCO—CNNC SYMPOSIUM ON
TECHNOLOGY OF ALUMINIUM INDUSTRY PRODUCTION**

第二次铝工业技术交流会

论 文 集

Sept. 1996 GLADSTONE AUSTRALIA

澳大利亚 格拉斯通 1996. 9

AUSTRALIA COMALCO LIMITED

澳大利亚科马尔克铝业有限公司

CHINA NATIONAL NONFERROUS METALS INDUSTRY CORP

中国有色金属工业总公司

组织委员会

ORGANIZING COMMITTEE

中方 P. R. CHINA

主席 CHAIRMAN

何伯泉

MR HE BOQUAN

中国有色金属工业总公司 副总理

VICE GENERAL MANAGER—CNNC

委员 MEMBER

钮因键

MR NIU YINJIAN

中国有色金属工业总公司科技开发部主任

DIRECTOR

DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT

潘文举

MR PAN WENJU

中国有色金属工业总公司外事局副局长

VICE DIRECTOR

FOREIGN AFFAIRS DEPARTMENT

范其明

MR FAN QIMING

中国有色金属工业总公司科技开发部推广处处长

DIVISION DIRECTOR

TECHNOLOGY TRANSFER DIVISION OF SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT DEPARTMENT

孙良佳

MRS SUN LIANGJIA

中国有色金属工业总公司科技开发部高级工程师

SENIOR ENGINEER

DEPARTMENT OF SCIENCE & TECHNOLOGY DEVELOPMENT

方宝定

MR FANG BAODING

中国有色金属工业总公司外事局美大处副处长

VICE DIVISION DIRECTOR

AMERICA AND OCEANIA DIVISION OF FOREIGN AFFAIRS DEPARTMENT

澳方 AUSTRALIA

主席 CHAIRMAN

金科德·威克斯

R. C. KINKEAD WEEKES

科马尔克铝业公司矿产和氧化铝公司董事、总经理

MANAGING DIRECTOR

COMALCO MINERALS AND ALUMINA

委员 MEMBER

摩迪

J. MOODIE

科马尔克铝业公司研究和科技部总经理

GENERAL MANAGER

COMALCO RESEARCH AND TECHNOLOGY

斯第尔
R. STILL

科马尔克铝业公司铝电解技术开发部总顾问
CHIEF CONSULTANT
TECHNICAL DEVELOPMENT, COMALCO SMELTING

耐普
L. KNAPP

澳大利亚波因电解铝厂技术部经理
TECHNICAL MANAGER

莫卡勒克
R. J. MECULLOCH

BOYNE SMELTER LTD.
科马尔克铝业公司矿产和氧化铝市场部技术经理
TECHNICAL MARKETING MANAGER

丁龙
NORMAN TING

COMALCO MINERALS AND ALUMINA
英国五金太平洋有限公司董事总经理
科马尔克铝业公司矿产和氧化铝驻中国代表
MANAGING DIRECTOR
WOGEN PACIFIC LTD.
MANAGER

徐 浩

REPRESENTING COMALCO MINERALS & ALUMINA
IN P. R. CHINA

XU HAO

英国五金太平洋有限公司驻北京代表处业务经理
科马尔克铝业公司矿产和氧化铝驻中国代表
BUSINESS MANAGER
WOGEN PACIFIC LTD. BEIJING
REPRESENTATIVE OFFICE
BUSINESS MANAGER
REPRESENTING COMALCO MINERALS & ALUMINA
IN P. R. CHINA

序

中国有色金属工业总公司与澳大利亚科马尔克铝业有限公司于1993年已经成功地在中国郑州举办了第一次氧化铝生产技术交流会。据双方协商第二次交流会于1996年9月2日—6日在澳大利亚格拉斯通(Gladstone)举行,技术交流内容除氧化铝外,又增加了电解铝,扩展了交流领域,这和双方最初要逐步增加交流内容和参加者范围的设想是一致的。

通过交流双方增强了了解,更加明确了可以合作的领域。在第一次交流会之后,科马尔克公司多次派专家来中国,中国的铝工业界人士也多次访问科马尔克,为促进双方铝工业的发展和经贸合作打下了基础,也给第二次技术交流会创造了有利条件。

中澳两国的铝工业都要迅速发展,也都有条件发展,如果在技术交流的基础上进行科研、技术、资源、建设等方面深入的合作,将会产生巨大的技术经济效益。

本次交流会在美丽的博因(Boyne)卡洛里(Kalori)中心举行,会议期间两国专家将宣读十五篇氧化铝和电解铝方面的论文,并对双方感兴趣的试验研究、技术合作、资源利用及工业发展等方面进行研讨。我们预祝会议取得丰硕的成果。

组织委员会对各位特约论文作者的热情支持表示感谢,并对论文文集的编辑委员会所提供的杰出工作表示谢意!

组织委员会

1996年9月

PREFACE

The first CNNC-COMALCO Alumina Technical Symposium was successfully held in Zhengzhou, P. R. China in 1993. Both sides agree to hold the second symposium in Gladstone, Australia during Sept. 2-6, 1996. Besides alumina, aluminium smelting will also be discussed in the symposium, widening the fields of exchange. This coincides with the initial aspiration of both sides to enlarge the exchange content and the scope of participants gradually.

Both sides have a better understanding to each other and are clear about their cooperation fields through exchange. After the first symposium, aluminium specialists from comalco and CNNC exchanged visits many times, laying a foundation to promote the development of aluminium industries of both countries and for economic and trade cooperations, and favorable for this technical symposium.

Aluminium industries of both countries are to develop in a high speed, which is conditioned. Great technical and economic efficiencies will be achieved if further cooperations in scientific research, technology, resources and construction etc, are enhanced on the basis of technical exchange.

This symposium is to be held in the beautiful harbor centre of Boyne island, 15 papers concerning alumina and aluminium reduction will be presented, and topics of common interest such as laboratory research, technical cooperation, resource exploitation and industrial development etc, shall be discussed in the symposium. We wish the symposium fruitful.

The organizing committee wishes to acknowledge all participants, in particular paper contributors for their enthusiastic supports. In addition the excellent work of the editorial committee for this proceedings are also appreciated.

The Organizing Committee

Sept. 1996.

前 言

1996年9月格拉斯通举行的第二届技术交流会,再一次把中国有色金属工业总公司和科马尔克铝业公司的专家们聚集在一起讨论有关的技术问题。

在我们的工作中充分认识到技术专家的作用是非常重要的,特别是在降低成本、提高质量以及环境保护方面对我们的技术专家不断提出了更高的要求,这次交流会中许多篇论文是与此有关的,这次会议不仅加强了与会双方的长期合作关系,还为大家提供了一起探讨铝工业各个方面技术问题的极好机会。

科马尔克铝业公司与中国有色金属工业总公司的技术合作协议鼓励我们的技术人员找出并研究这些技术问题,尤其是那些双方都感兴趣并为各自带来效益的项目。

我期待着在技术交流会上见到各位代表,我希望大家充分利用这次机会,共同努力,积极合作,创造性地一起面对这些技术挑战。

R. C. KINKEAD—WEEKES

科马尔克铝业公司矿产及氧化铝
董事、总经理

FOREWORD

The Technical Symposium to be held in Gladstone in September 1996 is the second occasion on which technologists from CNNC and from Comalco are able to discuss technical matters.

It is important in our business activities that we acknowledge the role of technologists. Increasingly, the emphasis on cost reduction, improved product quality and protection of the environment is placing more demands on our technical expertise. Many of the papers presented deal with these issues. This forum provides an excellent opportunity to meet and discuss many technical challenges which face our industry, while reinforcing and strengthening relationships for the longer term.

The agreement on Technical Cooperation between Comalco and CN-NC encourages our technologists to identify and investigate technical issues, focusing on providing mutual benefit and adding value to our organisations.

I look forward to meeting delegates to the symposium. I encourage you all to work actively to capture the full value from this opportunity and to address jointly the relevant technical challenges in a cooperative and innovative way.

R. C. KINKEAD-WEEKES
MANAGING DIRECTOR
COMALCO MINERALS & ALUMINA

目 录

烧结法生产氧化铝间接加热连续脱硅工艺	(1)
烧结法氧化铝熟料窑自动控制系统	(8)
拜尔法压煮溶出后加矿工艺研究及分析	(18)
少量晶种循环的分解工艺研究	(26)
节能技术在电解铝中的试验应用	(33)
铝土矿中含锌矿物在拜尔法生产过程中的行为	(41)
高硅一水硬铝石矿拜尔法溶出的技术进步	(47)
铝电解工艺的优化	(53)
铝冶炼厂环境保护的最新进展和贸易趋势	(59)
电解铝技术在过去 25 年中的发展	(65)
熔盐铝解技术未来发展的机遇与方向	(68)
关于氧化铝厂满足铝电解用氧化铝质量要求的观点与展望	(76)
最大限度降低韦帕矿生产氧化铝的碱耗——从研究到现实	(83)
科马尔克公司所产铝土矿品位的控制	(90)
澳大利亚工业在 21 世纪来临之际将扮演的角色	(94)

烧结法生产氧化铝间接加热连续脱硅工艺

丁树则 刘铸战

(中国长城铝业公司 河南省郑州市 450041)

摘 要

本文研究讨论了在常压下添加各种活性晶种对粗液预脱硅效果的影响,提出了烧结法粗液间接加热连续脱硅新工艺。

一、前 言

氧化铝生产方法有拜尔法、烧结法和两者相结合的联合法,中国长城铝业公司采用的是混联联合法,这是由于中国铝土矿特点所决定的。中国铝土矿属一水硬铝石型,具有高铝、高硅、中等铝硅比的特点。而且溶出性能很差。因此,一般采用烧结法和联合法生产氧化铝。

为了保证氧化铝产品质量,必须控制 SiO_2 的含量,因为产品中 SiO_2 高低影响到电解铝质量。除纯拜尔法没有专门的脱硅工序,烧结法、联合法中的烧结法部分,都有脱硅工序。当前,世界上氧化铝生产过程中的这一脱硅工艺过程,都采用了脱硅罐直接通入蒸汽加热(如图1所示),在压力 0.8MPa, 160℃ 的条件下强制脱硅,取得 SiO_2 含量低的纯净的铝酸钠溶液,以保证氧化铝产品质量。

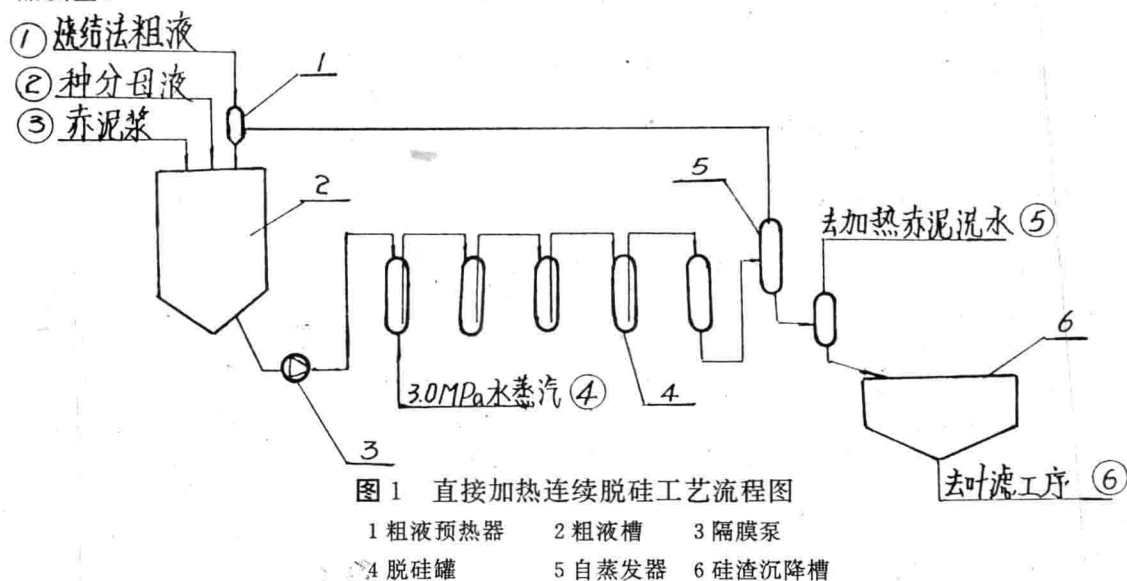


图1 直接加热连续脱硅工艺流程图

然而,这一工艺过程由于蒸汽加热时,大量冷凝水进入流程冲稀了溶液,使碱液回头蒸发时消耗了大量蒸汽,能耗很高。因此,这个问题受到从事氧化铝工艺技术专家的重视,一直在探索

以间接加热的方式来取代直接加热的脱硅工艺。

由于烧结法铝酸钠粗液具有特别的性能，在输送和加热过程中，会有大量硅渣结晶析出，生产实践证明，直接加热压煮器内结垢生长速度为 $0.8 \sim 1.3 \text{ mm/d}$ ，四个月内结垢的厚度就达 $70 \sim 120 \text{ mm}$ ，如此快的结垢速度，给采用间接加热工艺带来很大的困难。

从六十年代起，一些国家氧化铝生产研究部门就开始探索间接加热连续脱硅工艺方法。在六十年代中期，中国某氧化铝厂曾做过小时处理量为 120 m^3 的间接加热连续脱硅的试验，由于结垢问题未能解决而告终。八十年代初期，中国山东铝厂完成了 $1 \text{ m}^3/\text{h}$ 流量的小型间接加热连续脱硅试验，为工业试验提供了参考资料，但规模太小。八十年代中期，曾设计采用列管式间接加热连续脱硅机组，因结垢问题解决不了，工业上没有应用，美国联合氧化铝厂，曾进行过间接加热连续脱硅试验，但未见工业上应用的报导。

1987 年起，中国长城铝业公司对此技术进行深入的探索和研究，取得成功。1991 年建成了一套生产能力为 $130 \sim 160 \text{ m}^3/\text{h}$ 的大型试验装置，同年 4 月投入工业生产。由于这套装置工艺性能良好，使技术经济指标明显提高，所以，1993 年中国长城铝业公司应用此项新技术对整个脱硅工序进行了改造，预计 1996 年底全部改造结束，并投入生产。

二、间接加热连续脱硅工艺

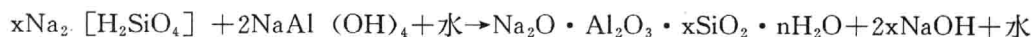
（一）脱硅的必要性和脱硅机理

1. 脱硅的必要性

铝酸钠溶液里 SiO_2 含量对碳酸化分解的分解率和氢氧化铝质量影响大。分解率的高低，取决于溶液的铝硅比（即溶液中氧化铝和二氧化硅的重量比，称为硅量指数又称脱硅指数）。提高分解率，必须相应提高溶液的铝硅比，才能保证氢氧化铝含硅量合格。为了达到 90% 的分解率，溶液的铝硅比必须控制在 400 以上。

2. 脱硅机理

在熟料溶出过程中， $\beta\text{-}2\text{CaO}$ 、 SiO_2 不断地与溶液作用，使 SiO_2 进入溶夜，然后 SiO_2 以硅酸钠形态与铝酸钠溶液反应生成水合铝硅酸钠（生产中称为钠硅渣）。



水合铝硅酸钠的组成和结构是随溶液成份和溶出条件而变化的，其析出程度随温度的升高以及浓度的降低而提高，而它在溶液中的溶解度则随 Na_2O 浓度及温度的提高而增大。此外，溶解度还与结晶形态有关。

（二）常压脱硅试验

常压预脱硅的主要目的，是减缓间接加热过程的结垢生长速度，以保证加热设备有较长的清理周期。但是，在常压下脱硅，必须向溶液中引入大量的活性晶种，进行较长时间搅拌才能脱去大部分二氧化硅。这是因为含水铝硅酸钠的晶核很难生成，添加晶种则可避免这种困难，并能提高脱硅速度和深度。中国各氧化铝厂和研究单位就使用硅渣、钙硅渣、拜尔法分离、末次洗涤赤泥作活性晶种，进行试验研究，获得大量的试验数据。

在试验室里用现场生产溶液，做添加硅渣、钙硅渣和拜尔法赤泥的常压预脱硅试验，试验结果见图 2、图 3、图 4。

从图中可以看出：

1. 钙硅渣比硅渣的脱硅效果好，这与硅渣、钙硅渣的组成及其性质有关。硅渣是脱硅过程所

析出的固体产物，它与拜尔法赤泥中钠硅渣的组成基本相符，尽管由于生成条件不同，在水的含

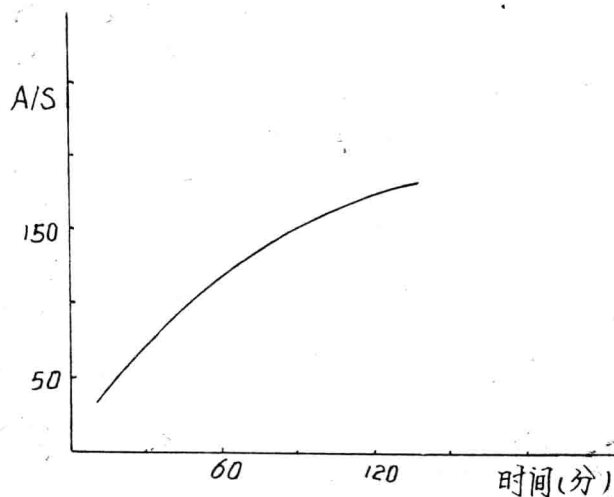


图2 硅渣脱硅效果与脱硅时间的关系

试验条件：脱硅温度 95℃ 添加量 50g/l

脱硅原液成分：Al₂O₃ 104.5 Nc 27g/l

αk 1.52 A/S 22

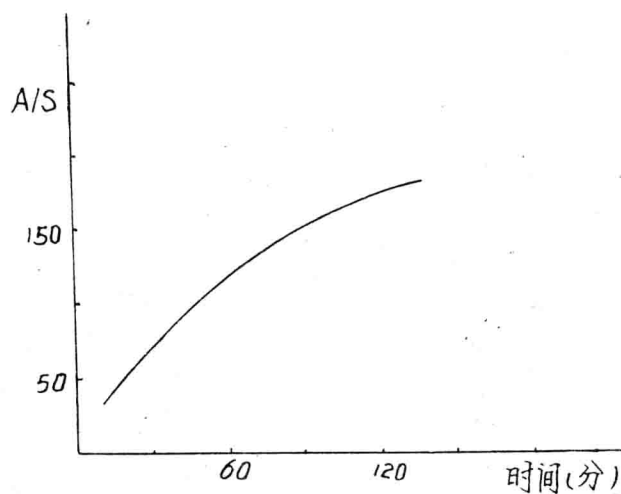


图3 钙硅渣脱硅效果与脱硅时间的关系

试验条件：脱硅温度 95℃ 添加量 50g/l

脱硅原液成分：Al₂O₃ 99.8 Nc 28g/l

αk 1.53 A/S 23

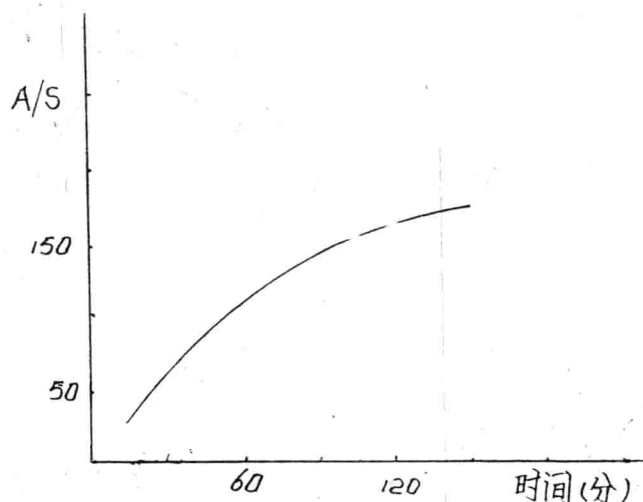


图 4 拜尔法分离赤泥脱硅效果与脱硅时间的关系

试验条件：脱硅温度 95℃ 添加量 11.5g/l

脱硅原液成分： Al_2O_3 103.6 Nc 26g/l

α_k 1.52 A/S 26

量和氧化物的比例上有所差别，但其固相的基本核心是铝硅酸钠。但是，在不同条件下，生成的水合铝硅酸钠的化学活性也有很大不同，在较低温度下，析出的固相产物，具有极大的化学活性，在铝酸钠溶液中有较高的溶解速度。在高温（高压）下，析出的固相产物则化学活性较小。由于常压脱硅所使用的硅渣的结晶形态主要是方钠石型，其活性较大，在溶液中溶解度较大，因此脱硅效果较差。另一方面，由于硅渣晶种的反复循环使用，脱硅能力显著降低，从而降低了脱硅深度。

钙硅渣 ($3.4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 0.126\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) 颗粒的中心是尚未参与反应的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，内层为 C_3AH_6 ，外层为 $\text{C}_3\text{AS}_x\text{H}_6 - 2x$ （水化石榴石固溶体）从内到外 SiO_2 固溶系数 x 存在一个梯度，由小到大。由于钙硅渣颗粒内外的不均匀性，在搅拌过程中，提高了溶液中 $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ 离子向水化石榴石晶格中的扩散，提高了进一步固溶 SiO_2 的能力。而且，在常压脱硅条件下，在溶液里水化石榴石比水合铝硅酸钠具有更小的溶解度，又不循环使用，活性大，更有利于脱硅过程的进行。因此，钙硅渣比硅渣脱硅效果好。

2. 拜尔法赤泥比钙硅渣脱硅效果好

拜尔法赤泥与硅渣成分基本相同（拜尔法赤泥中有 50~70% 是钠硅渣和钙硅渣）。根据结晶学原理，晶形、晶格相同或相似的晶粒最易起核心作用，最易促进结晶析出和晶核附着长大，而且由于拜尔法赤泥中的钠硅渣生成温度高，晶体结构主要是钙霞石，其结构致密，溶解度很小，脱硅效果好；拜尔法赤泥中含有一部分水合铝酸钙（尤其是拜尔法溶出石灰配量较高的情况下），这在脱硅中有化学作用，从而加深了脱硅深度；拜尔法赤泥颗粒小，不循环使用，活性大，因此脱硅效果好。

钙硅渣颗粒内虽然含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 C_3AH_6 能促进脱硅过程，但却被 $\text{C}_3\text{AS}_x\text{H}_6 - 2x$ 包裹在内，钙硅渣的进一步脱硅取决于溶液中的 $\text{H}_2\text{SiO}_4^{2-}$ 离子向水化石榴石晶格中的扩散，由于受扩散步骤所控制，脱硅速度较慢，一定的脱硅时间里溶液所达到硅量指数较低。根据钙硅渣这一性质，中国的中南工业大学和山东铝业公司用表面更新后的钙硅渣作晶种进行常压预脱硅试验，试验表明，在相同的条件下，脱硅后溶液达到的硅量指数更高，而且，表面更新次数越多，钙硅渣脱硅效果越好。对于现在使用的表面未更新的钙硅渣来说，其脱硅效果比拜尔法赤泥要逊色得多。

3. 常压下 60~80% 的 SiO_2 是第一小时析出, 而且, 脱硅时间越长, 脱硅指数增长越慢。

试验还证明, 采用大量的硅渣, 钙硅渣和拜尔法赤泥, 可以增大常压脱硅的深度, 但是大量的晶种, 特别是大量的硅渣晶种的循环使用, 将使物料流量和硅渣沉降分离的负担增大。

(三) 工业试验

1. 试验方案

温度是决定脱硅速度的重要条件, 提高脱硅温度, 大大加快脱硅速度, 从而加速了硅渣的大量结晶析出。但是, 大量硅渣的结晶析出给间接加热过程带来不易克服的困难。为了防止和减少加热管内结疤, 提高传热效率, 采用先将烧结法粗液进行常压预脱硅, 然后将预脱硅后浆液进行间接加热达到脱硅温度, 最后在脱硅罐内进行保温停留深度脱硅的间接加热连续脱硅工艺, 如图 5 所示。

2. 试验条件和设备

工业试验是在生产中的一组脱硅罐上进行, 并按生产条件控制。主要试验设备: MIG 搅拌槽 ($\phi 6000 \times 12000$)、隔膜泵 ($Q=160\text{m}^3/\text{h}$, $H=3.0\text{MPa}$), 管道化预、加热器, 若干个脱硅罐和三级自蒸发。

3. 试验结果

1. 加热器的运行情况

表一

	运行天数	传热系数 $\text{mj}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$	运行天数	传热系数 $\text{mj}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$
预热器 I	15	6.44	50	6.574
预热器 II	15	10.03	50	5.92
加热器	15	5.976	50	3.82

预加热连续运行 15 天后, 打开检查, 加热管壁上几乎没有结疤, 连续运行 51 天后打开检查, 加热管壁的结疤最厚处为 2mm, 最薄处 0.5mm。两个月后用稀酸溶液进行清洗。

2. 技术指标

表二

	$\text{Al}_2\text{O}_3\text{g}/\text{l}$	$\text{SiO}_2\text{g}/\text{l}$	A/S
铝酸钠粗液	107.43	2.40	44.76
预脱硅浆液	107.29	1.05	102.18
间接加热后脱硅罐前浆液	104.14	0.818	127.3
间接加热铝酸钠精液	110.07	0.206	534
直接加热铝酸钠精液	93.19	0.206	452

由表二可以看出: 经过间接加热连续脱硅的铝酸钠精液浓度明显提高, 间接加热与直接加热相比, 铝酸钠精液浓度提高 16.88g/l, 脱硅指数 A/S 提高 82; 铝酸钠粗液在间接加热过程中 SiO_2 的析出量为 $1.05 - 0.818 = 0.232\text{g}/\text{l}$, 析出量较少, 不会导致加热管壁的严重结疤。

三、经济效益和社会效益

1. 能耗

由于在间接加热连续脱硅工艺中,采用多级自蒸发,并且充分利用了自蒸发的低压乏汽,使得脱硅工序汽耗量明显下降。试验表明,每 m^3 原液可节汽 62kg。

由于烧结法铝酸钠精液浓度的提高,分解后所得母液的全碱浓度随之提高,因此,在蒸发工序完成定量的蒸发母液时蒸水量相应减少,实践表明,每 m^3 原液可节汽 84kg。综上所述,每 m^3 原液共节约蒸汽 146kg,折合烧结法吨氧化铝节汽 2.3 吨。使烧结法氧化铝的综合热耗下降 $6.91\text{GJ/t-Al}_2\text{O}_3$ 。

2. 提高了碳酸化分解率

由于铝酸钠精液脱硅指数的提高,使碳酸化分解率提高了 5%。

3. 提高了种分槽产能和种分分解率

由于铝酸钠精液量得到了浓缩,使通过分解槽的液量相应减少,因此,在种分槽定量体积条件下,分解时间相应延长,从而提高了种分分解率,同时也为组织氧化铝提产提供了有利条件。

四、结束语

烧结法生产氧化铝的铝酸钠粗液,脱硅前,溶液里 SiO_2 是介稳状态,脱硅过程实质是硅酸钠和铝酸钠反应生成水合铝硅酸钠的结晶过程。在常压下添加活性晶种进行预脱硅后可以脱去大部分 SiO_2 ,特别在联合法生产氧化铝厂添加拜尔法赤泥,效果更好。

间接加热连续脱硅工艺通过几个月的工艺试验表明,该技术用于烧结法粗液脱硅是可行的,在一定周期内(2 个月)传热系数保持在 $4.18\text{MJ/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$,其技术经济指标比直接加热先进。

参考文献

- ①《联合法生产氧化铝——熟料溶出与脱硅》,中国冶金工业出版社,1975 年
- ②《间接加热连续脱硅试验研究报告》,中国郑州铝厂,1991 年
- ③《烧结法铝酸钠粗液常压工艺研究》,彭志宏等著,第三届中国轻金属冶金学术会议,1995 年

烧结法氧化铝熟料窑自动控制系统

王士钊

(中国山东铝业公司 255052)

摘 要

本文介绍一种复合型控制系统。它在常规的PID控制基础上,增加了双维加权系数可调的模糊逻辑控制、前馈控制和软开关控制。通过软件自动完成不同工艺状态下不同控制策略的转换。既保留了每种控制策略的优点,又避开了各自的不足,增强了系统的抗干扰能力。用它实现了对氧化铝熟料窑烧成过程的自动控制,取得了满意的效果。

一、前 言

烧结法工艺在我国的氧化铝工业中占有重要的地位。烧结法生产氧化铝的关键环节在熟料烧成。为了保证氧化铝的主要技术经济指标,对熟料窑的生产过程控制提出了很高的要求。由于熟料烧成是一个十分复杂的物理化学过程,熟料窑内预热带、分解带、烧成带、冷却带之间存在着很强的相关作用。外界干扰因素很多,具有时变性、非线性、大滞后等特点,难以建立数学模型,单一控制策略无法适应这一工艺条件。因而几十年来,我国一直沿用了在窑前看火室人工看火手动操作的方法。不仅劳动强度大,而且也很难保证生产稳定进行。熟料质量经常发生波动,时有烧掉窑皮,毁坏窑衬、被迫停产抢修的被动局面发生。

为了解决这一难题,国内曾有厂家和科研部门作过一些试验,获得一些正反方面的经验和教训,但都未能获得满意的效果。为此,中国有色金属工业总公司将它列为国家八五重点新技术开发项目进行攻关。经过近三年的工作,终于解决了这一难题。

我们设计了一种复合型的控制系统:即在常规PID控制的基础上,加入双维模糊逻辑控制系统、软开关控制系统和前馈控制系统。即保留了各种控制策略的优点,又避开了各自的不足,增强了系统的抗干扰能力和自适应能力;做为辅助手段,还开发了适应熟料窑恶劣环境的物料烧结状态和冷却机入口料流工业电视监视系统。经在我公司氧化铝厂2号熟料窑上运行一年多来看,效果令人非常满意。现在已经成功地将这一技术推广应用到了山东铝业公司氧化铝厂的全部六台熟料窑上。

二、被控对象的工艺特点和工艺要求

归纳起来,烧结法生产氧化铝所用的熟料窑具有如下工艺特点:

- (1) 惯性大:如:从窑尾喷入的生料浆要用三十分钟的时间才能达到烧成带;从窑头喷入的煤粉要用二分多钟的时间才能使烧成带温度发生响应。
- (2) 时变性:如:料浆流量的大小和窑皮的厚薄等变化对被控参数会产生影响。