

新型精密电解铝控制系统的研究

田朋云¹, 吴 评², 胡 利³, 张 洁³, 郑养龙¹

(1. 南昌大学 机电工程学院, 江西 南昌 330031;
2. 南昌大学 理学院, 江西 南昌 330031;
3. 南昌大学 经济管理学院, 江西 南昌 330031)

摘要:为解决工业电解铝生产存在的缺陷,提出了一种新型的电解铝制备方法——精密控制的电解铝生产。阐述了精密控制电解铝的多阳极管理理念,设计出多阳极电解铝控制系统。采用精密控制电解铝生产,可以使多阳极电流、能量均衡分布,表现出节能减排的特点。电解铝生产愈来愈有大型化的趋势,而精密控制电解铝生产是大型、超大型电解铝企业的最佳选择。

关键词:电解铝;精密控制;电解槽;使用寿命

中图分类号:TP13 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2014)04-0061-04

目前,工业电解铝的冶炼主要采用冰晶石—氧化铝融盐电解法^[1]。电解时以熔融冰晶石为溶剂,氧化铝为溶质,碳素体为阳极,铝液为阴极,在电解槽的两极上通入强大的直流电后,在950℃~970℃下,进行电化学反应。电解槽的阳极产物主要是二氧化碳和一氧化碳气体,并含有一定量的氟化氢等有害气体和固体粉尘;阴极产物是铝液。铝液通过真空从槽内抽出,送往铸造车间,在保温炉内经净化澄清后,浇铸成铝锭或直接加工成线坯、型材等。在工业铝电解生产中,电解槽中铝液和电解质的流动、波动使电解槽中的能量分布极不稳定。在不加控制的情况下,电流的偏流检测高达6~10倍,根据 $Q=0.24I^2RT$,电流偏流产生的热量将达到正常生产时的50倍甚至更高。电流偏流产生的热量分布极不均衡,电解槽的寿命受到严重影响^[2-5]。

本文主要研究如何降低电解铝生产过程中产生的能量不均衡,提出一种新型精密控制的电解铝生产加工工艺,使电解槽内电流及能量分布均衡,从而延长电解槽的使用寿命。

1 新生产工艺的设计

1.1 电解铝生产的单阳极管理理念及弊端

从电解铝的生产历史看,电解铝自进入工业

化生产,一直是单阳极管理的理念。生产中不管阳极是多块还是单块,都以单个阳极看待。在单阳极理念下管理电解生产,电解槽内瞬时电流及能量分布极不均衡,产生许多不利于电解生产的后果。

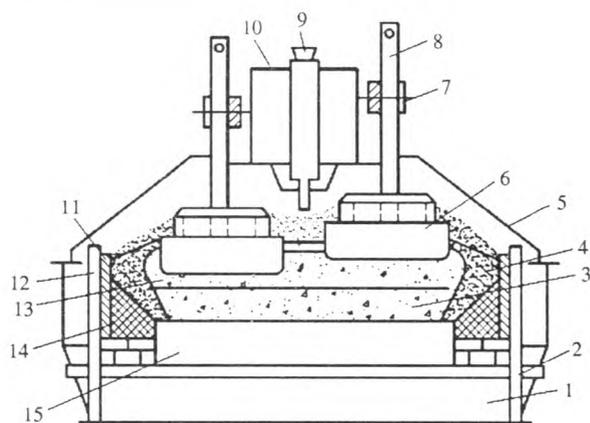
(1) 电解生产能量分布高过理论值的,其能量利用率相对就低;能量分布低于理论值的,电解无法正常进行,能量利用率也低。不管电解生产的能量分布高或低,都会降低电解生产的效率^[1]。

(2) 电解生产能量分布不均衡,电解槽相应部位的热效应也不同,对大型的工业电解槽来说,较高热效应足以破坏电解槽的结构完好,降低电解槽的使用寿命。从种种历史数据来看,我国工业电解槽的平均使用寿命只是国际先进水平的一半^[1]。

(3) 铝电解生产中能量分布不均衡,有的阳极分布电流高,有的阳极分布电流低。当阳极偏流到一定程度,其电压将会失去控制,整个电解槽电压高达20V、30V,有的50V、60V,甚至达到上百伏,电解质—阳极炭块、电解质—槽壳等将多处放电,电火花中心温度高达10000℃,将导致正常生产时异常稳定的冰晶石直接分解,产生含氟气体以及CO等有毒、有害气体,不但对生产工人造成危害,还直接破坏大气层的臭氧,对环境造成危害。

收稿日期:2014-08-20

作者简介:田朋云(1991-),男,河南洛阳人,主要研究方向为机械工程、智能控制、控制工程等。



- 1 - 槽底砖内衬; 2 - 阴极钢棒; 3 - 铝液;
- 4 - 边部伸腿(炉帮); 5 - 集气罩; 6 - 阳极炭块;
- 7 - 阳极母线; 8 - 阳极导杆; 9 - 打壳下料装置;
- 10 - 支承钢架; 11 - 边部炭块; 12 - 槽壳;
- 13 - 电解质; 14 - 边部扎糊(人造伸腿); 15 - 阴极炭

图 1 电解槽分布情况

Fig. 1 Electrolytic cell distribution

1.2 多阳极电解的分流控制理论

为了克服单阳极理念下电解铝生产时电解槽内瞬时电流与能量分布的不均衡,本文设计了基于多阳极电解生产的采取精密控制的电解槽,如图 1 所示。通过工控机监测每一组阳极的工作电流,分析、调整阳极导杆即阳极的高度,调节每一组阳极电流,使其均匀分布。理论上,这种控制的阳极底面不是处于同一水平面,但是,在电解质物料分布均衡的电解槽里,通过工控机控制的电解生产,阳极底面会极其接近水平,使电解质的工作距离保持在 4~6 cm,阳极、电解质的电流分布均衡、电解质每一部分的热效应分布均衡、电解槽的磁场分布均匀、力场分布均衡、流场稳定,电解槽将工作在理想或接近理想的电解环境中,电解生产的效率将极大的提高,达到乃至超过试验槽的水平。

精密控制电解铝生产阳极电流理论分布趋势如图 2 所示(横轴表示各阳极区域,纵轴表示电流强度):

1.3 多阳极电解铝生产的能量均衡分布控制

实现电解铝生产的能量均衡分布,在多阳极电解试验槽^[6]上是可以做到的。在实验槽中,银仅仅是电流的载体,作为惰性阳极不参与电解过程。多阳极的电解生产,阳极的灵活性(可以随

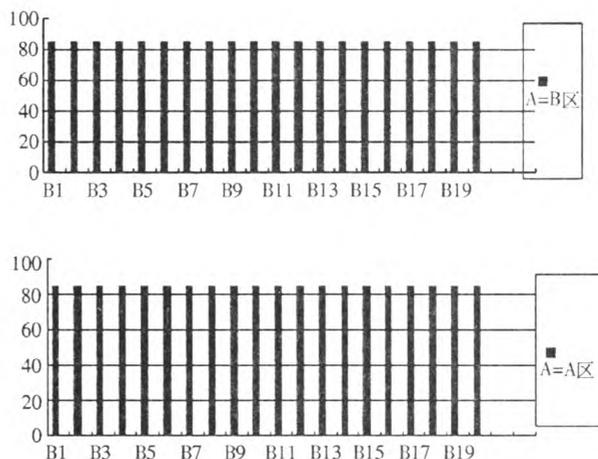


图 2 电解铝生产阳极电流理论分布趋势

Fig. 2 The distribution trend of electrolytic aluminum production anode current theory

时调整、更换)可以为电解生产的电流均衡分布提供条件。采用均衡分布控制将及电解槽的电流均衡分布,电解过程中产生的电场、热场、磁场、力场、流场也将分布均衡,实现电解生产在更稳定的环境中进行。

1.4 多阳极电解铝生产的物料均衡分布控制

根据多阳极电解生产的物料分析^[7],电解生产过程中新加入的将物料随磁场、力场、流场的分布出现不均衡的趋势,电解槽的 1、3 象限承受 200% 新鲜物料的过量补充,2、4 象限只有极少的扩散物料补充。一部分过量,一部分欠量的物料分布,致使电解槽的物料分布极不均衡,破坏了电解正常生产所必需的物料均衡分布的基础,电解生产的效率将会降低。在流动、强磁场的环境中,为了控制物料的均衡分布,只有顺着磁场分布物料,使其分布尽可能的均衡,从而提高电解生产的效率。

顺磁场物料分布情况见图 3。

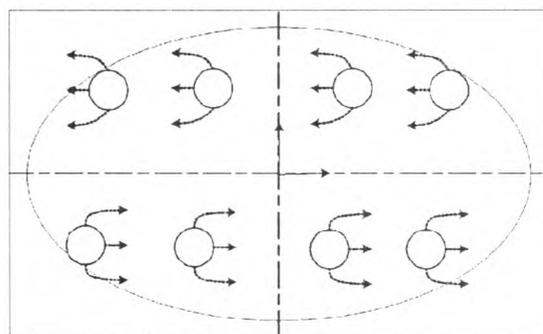


图 3 顺磁场的物料分布情况

Fig. 3 The magnetic field distribution of material

2 实验论证

为了分析多阳极电解铝生产较现代工业电解铝生产的优越性,设计试验电解槽^[6]对多阳极和单阳极电解铝机械控制系统分别进行实验操作,记录并分析数据得图4、图5(横轴表示各阳极区域,纵轴表示各阳极电流强度):

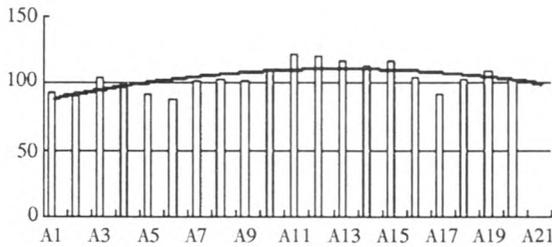


图4 单阳极指标分布曲线

Fig.4 Single anode index distribution curve

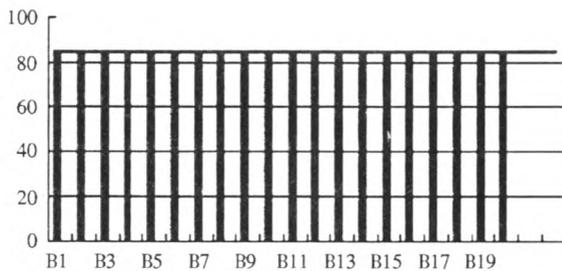


图5 多阳极质变分布曲线

Fig.5 The anode quality distribution curve

由图4、图5可知,多阳极电解铝生产比单阳极电解铝生产时,各个指标均相对稳定,分布比较均衡;电解铝生产的效率明显提高,电解效应急剧降低甚至消失,阳极的消耗也较少,电解生产中产生的有害气体降低,温室气体排放量降至最低。实验表明,采用精密控制电解铝生产,电解铝的生产效益发生质的变化。

3 结论

(1) 电解铝生产只有采取能量和物料的均衡分布控制,才能有效的提高电解效率。从实验室的电解电耗看,工业电解生产的单位电耗有4 300 kWh 的下降空间。

(2) 采用能量和物料均衡分布控制的精密控制电解铝生产,不仅降低了电耗,石油焦阳极的单位消耗量也将随着降低。

(3) 采用精密控制电解铝生产,益处不仅表现在节能减排,对电解槽使用寿命的影响也不容小觑。

(4) 电解铝的槽型,向着大型化的趋势发展,如果不进行能量和物料的均衡分布控制,一旦发生偏流,电解槽能量的不均衡分布将对电解槽的使用寿命及能耗产生致命的影响。

参考文献:

- [1] 赵冰洋,刘月. 我国铝用阳极炭块市场概况[J]. 炭素技术,2007,26(3):50-53.
- [2] 焦万丽,张磊,姚广春. NiFe_2O_4 尖晶石烧结过程阳极试样力学性能的影响[J]. 材料科学与工艺,2006,14(4):337-340.
- [3] 孙毅,许海飞,陆惠国,等. 国内外铝用阳极质量差别原因分析[J]. 炭素技术,2009,28(5):38-42.
- [4] 廖贤安,段学良,赵忠明. 我国阴极炭素材料发展中的若干问题[J]. 轻金属,2004,4(11):6-8.
- [5] 王金铎,鲍智文,崔利荣. 我国电解铝用阳极与阴极炭块市场需求预测[J]. 数理统计与管理,2008,27(2):313-319.
- [6] 张晓顺,邱竹贤. 铝电解惰性阳极材料研究现状[J]. 材料与冶金学报,2005,4(1):13-16.
- [7] 王思平,王华男,边艳丽. 电解铝残阳极清理局部排风罩气流场的数值模拟[J]. 沈阳建筑大学学报:自然科学版,2011,27(1):157-162.

The Study on New Precision Aluminum Electrolysis Control System

TIAN Pengyun¹, WU Ping², HU Li³, ZHANG Jie³, ZHENG Yanglong¹

- (1. College of Mechanical Engineering, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330031, China;
2. College of Science, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330031, China;
3. College of Economics and Management, Nanchang University, Nanchang Jiangxi 330031, China)

Abstract: Through the analysis of electrolytic aluminum industry production status and defects, we put forward a kind of new electrolytic aluminum method - precision control of electrolytic aluminum production to solve these defects. This paper mainly describes the precision control of the aluminum electrolysis multi - anode management idea, and design a multi - anode aluminum electrolysis control system is developed. Using the precision control of the aluminum electrolysis production, we can make a balanced distribution of multi - anode current and energy to show the characteristics of energy saving and emission reduction. The aluminum electrolysis control model has a more and more large - scale trend. The precision control of the aluminum electrolysis production is the best choice for large and super large electrolytic aluminum production.

Keywords: Electrolytic aluminum; Precision control; Electrolytic tank; the service life

(责任编辑:李华云)

《盐城工学院学报(自然科学版)》

征稿简则

《盐城工学院学报(自然科学版)》是江苏省教育厅主管、盐城工学院主办的国内外公开发行的自然科学类学术期刊,是江苏省一级期刊,《美国化学文摘》、《中国期刊网》等数据库全文收录期刊。主要刊载机电工程、化学工程、材料工程、建筑工程、纺织工程、汽车工程、海洋工程、计算机应用等专业学术论文,欢迎广大高校教师、科技工作者及研究生赐稿。

1、来稿要求和注意事项

- (1) 来稿须有创新性、学术性和准确性。文责作者自负。
- (2) 对省部级以上基金项目论文成果以及博士研究生论文将优先发表,优稿优酬。
- (3) 所有来稿不收取评审费、版面费等任何费用。

2、内容要求和技术规范

(1) 论文要求主题明确、数据可靠、逻辑严密、文字精炼。内容包括题名、作者姓名、邮编、中英文摘要和关键词(3-8个)、中图分类号、正文、参考文献等。并在稿件首页地脚处写明第一作者简介(包括性别、出生年、籍贯、职称、学位、研究方向)及论文所属基金项目来源等信息。

(2) 摘要一般包括目的、方法、结果和结论4个部分(200字左右),并具有独立性和自明性,采用第三人称写法。中、英文摘要文意应一致,关键词尽量从汉语主题词表中选取。

(3) 图表有自明性,插图要精选且随文出现。线图符合制图规范,图中文字、符号或坐标中的标目、标值清楚明晰。标目使用符合国家标准物理量和单位符号。表用“三线表”,内容切忌与插图和文字内容重复。

(4) 正文(含图表)中的物理量和计量单位须符合国家标准。注意区分外文字母的文种、字体和大小写,对特别易于混淆的字母应作出标注。

(5) 参考文献只列出已经公开出版且在文中直接引用的主要文献,近3年的文献量应占50%以上,具体格式可参阅中国学术期刊网(www.cnki.net)《盐城工学院学报(自然科学版)》。

3、网上联系方式

在线投稿系统: <http://ygzk.ycit.cn/ch/index.aspx>, 联系电话: (0515) 88168257, 88168255。请在文稿后注明自己的详细联系方式,包括邮编、通信地址、E-mail 和移动电话等。

新型精密电解铝控制系统的研究



作者: [田朋云](#), [吴评](#), [胡利](#), [张洁](#), [郑养龙](#), [TIAN Pengyun](#), [WU Ping](#), [HU Li](#), [ZHANG Jie](#), [ZHENG Yanglong](#)

作者单位: [田朋云, 郑养龙, TIAN Pengyun, ZHENG Yanglong\(南昌大学机电工程学院, 江西南昌, 330031\)](#), [吴评, WU Ping\(南昌大学理学院, 江西南昌, 330031\)](#), [胡利, 张洁, HU Li, ZHANG Jie\(南昌大学经济管理学院, 江西南昌, 330031\)](#)

刊名: [盐城工学院学报\(自然科学版\)](#)

英文刊名: [Journal of Yancheng Institute of Technology\(Natural Science Edition\)](#)

年, 卷(期): 2014, 27(4)

引用本文格式: [田朋云. 吴评. 胡利. 张洁. 郑养龙. TIAN Pengyun. WU Ping. HU Li. ZHANG Jie. ZHENG Yanglong 新型精密电解铝控制系统的研究\[期刊论文\]-盐城工学院学报\(自然科学版\) 2014\(4\)](#)