

山铝电解铝厂电解槽设计特点

王庆义

(山东工业职业学院, 山东 淄博 256414)

摘要: 山铝电解铝厂在技术改造中采用200kA预焙阳极电解槽取代60kA自焙槽, 该槽型具有优异的磁流体稳定性, 合理的电热场设计, 采用了窄加工面、阳极升降、“船形”槽壳、实腹板梁等多项先进技术和高性能的内衬材料。目前, 电解槽已连续生产986天, 电流效率达到了94.5%, 吨铝直流电能消耗13100 kW·h, 氟化氢和粉尘等主要污染物排放量全部达到了国家排放标准。

关键词: 电解槽; 技术改造; 设计特点; 电流效率

中图分类号: TF821 文献标识码: A 文章编号: 1004-4620(2006)04-0031-02

Design Characteristics of the Electrolytic Tank in the Electrolytic Aluminum Plant of Shanlv

WANG Qing-yi

(Shandong Industrial Vocational College, Zibo 256414, China)

Abstract: 200kA prebaked anode cell is adopted by in the Electrolytic Aluminum Plant of Shandong Aluminum Co., Ltd instead of 60kA self-baking cell in technical modification. This prebaked anode cell has excellent magnetohydrodynamic stability and reasonable electric heating field design and adopts new techniques such as narrow treating surface, the anode rise and drop, ship-pattern pot shell and solid web plate girder; and inner lining of high performance. The electrolytic tank has kept running for 986 days up to now, the power yield reaches 94.5%, while the direct electric power consumption is only 13100 kW·h, furthermore, the discharge of main pollutants such as hydrogen fluoride and dust etc is up to the national effluent standard.

Key words: electrolytic tank; technical modification; design characteristic; power yield

1 前言

山东铝业股份有限公司电解铝厂(简称山铝电解铝厂)60kA自焙槽工艺始建于1958年, 由于自焙槽自身的结构特点, 难以实现自动化控制和解决电解烟气污染的问题, 因此技术经济指标较差, 生产成本也相对较高。自焙槽与预焙槽在电流效率上相差约4%~5%, 吨铝直流电耗相差1000kW·h左右, 造成能源与资源的浪费。为此, 山铝电解铝厂从2002年起开始对自焙槽实施预焙化改造, 采用200kA预焙阳极电解槽取代60kA自焙槽, 以彻底解决自焙槽烟气的环境污染问题, 为提高电解铝厂技术装备水平, 实现低耗高效奠定了基础。

2 200kA预焙阳极电解槽的设计特点

现代铝电解槽以高效、节能、长寿为特征, 而电解槽的设计无疑十分关键。铝生产的实践证明, 电解槽的稳定性是获得良好生产指标的根本保证。磁流体的稳定性、热平衡、电解槽的应力变形等问题是解决铝电解稳定性的关键所在。山铝电解铝厂的这次工程改造项目, 在铝电解槽设计上采用了先进的工程软件来优化

并指导整个设计过程,使该槽型获得了许多新的性能和特点^[1]。

2.1 先进的物理场设计

2.1.1 优异的磁流体稳定性 电解槽周围母线及内部电流在熔体中产生磁场,磁场与熔体中的电流相互作用产生电磁力,电磁力导致了熔体流动、铝液隆起以及铝液/电解质界面波动。过快的熔体流动会严重冲刷炉帮甚至危害侧部炭块,而界面的变形和波动则加剧了电解质中溶解铝与二氧化碳的反应,降低了电流效率,并导致电解槽不稳定。在确保磁流体稳定性的同时,还需要兼顾母线设计的经济性、安全性、简捷性等。因此,电解槽设计运用国外先进设计软件,利用麦克斯韦方程组求解包含母线、内部电流、槽壳以及槽周围空间等在内的三维模型,电流效率可达到94%以上,吨铝直流电耗在13250kW·h以下。

2.1.2 合理的电热场设计 在设计过程中,采用了有限差分的数学方法,编制了适合电解槽结构的专用计算机软件,分析并计算了从阳极钢爪到阴极钢棒端头这部分区域内的电场、温度场和电流分布,指导内衬设计。合理的电热场设计为提高能量利用率、吻合能量区域自耗现象、延长电解槽寿命提供了保障。

2.2 采用了多项先进技术

2.2.1 窄加工面技术 依据国内现有内衬材料的特点,结合电解槽热平衡的设计,选用了大加工面宽300mm,小加工面宽420mm的槽结构尺寸。与国内先进的160kA电解槽相比,单位槽膛面积日产铝量由4.05kg/m²·d提高到5.32 kg/m²·d。

2.2.2 阳极升降技术 首次大面积采用结构简单、传动效率高、投资省、便于制造和维修的三角板滚动移杆结构形式的阳极升降机构。

2.2.3 先进的“船形”槽壳技术 电解槽壳设计工作的核心是通过槽壳的受力分析获得一种合理的槽壳设计,以便使用最少的材料满足电解生产要求的电解槽壳强度。经过电解槽壳有限元分析模型的理论分析和计算,最终推出“船形”槽壳结构,该结构不仅具有受力合理、强度大、刚性强、热应力变形小的特点,而且有利于槽壳侧壁的空气对流,促进炉帮的自然形成和规整炉膛形状的特点,同时还可节省大量钢材、耐火材料和保护材料。

2.2.4 腹板梁技术 实腹板梁结构具有设计结构刚度大、不易变形、方便其他结构布置的特点,同时还有节省料箱两个侧面、节省钢材、加强板梁稳定的特点。

2.2.5 经济的投资技术 由于槽结构尺寸、母线设计、升降机构等方面的优化,200kA电解槽的材料用量与国内较先进的160kA电解槽相比,单位电解槽重量由0.909t/kA降低为0.869t/kA。其中单位电流用铝量由0.17t/kA降低至0.149t/kA,单位电流用钢量由0.326t/kA降低至0.317t/kA。

2.3 先进的配套系统

2.3.1 水平的氧化铝超浓相输送系统 该系统具备易于布置、简单可靠、投资省、维修费用低、无运动的机械部件、氧化铝流速低、设备运行故障率低等特点。

2.3.2 菱形大布袋除尘器 采用消化法国技术开发出的LLZB-1850(III)袋式除尘器,该设备具有单位过滤面积大、低压反吹、净化效率高、运行费用低、单位投资省的特点。

2.3.3 VRI吸附反应器 具有低氧化铝破损率、低阻力、高吸附率的特点,是依据气体流动多点式锥形运动原理设计的。沸腾氧化铝由反应器的锥形喷射中多孔眼溢流出来,是一个均匀的圆截面分布,使烟气与氧化铝均匀混合,达到化学吸附氟化氢和物理吸附烟尘的目的。

2.3.4 智能多模式计算机控制系统 将自适应控制理论和专家控制技术相结合,实现了多模式控制。在有效控制阳极效应的同时,将电解质中氧化铝浓度稳定控制在1.5%~3.5%范围内,效应系数稳定在0.3次/槽。

日。同时运用先进的电解槽专家系统和热场动态仿真系统,对电解槽生产中出现的异常情况进行判断、报警,利用常规离线测量数据和大量在线采集数据,预测出单台电解槽当日电解质组成、设定电压、出铝量以及当日电流效率。

2.4 采用氮化硅结合碳化硅侧块

电解槽炉帮是保护槽侧衬的一道天然屏障,其消长可对槽温和热量平衡起调节作用。没有理想的炉帮和规整的炉膛内型存在,是电解槽技术经济指标低下和槽寿命短的最重要原因之一。在其他条件相同的情况

下，要想自然形成炉帮和增大厚度，就要降低熔体与炉帮的传热系数，而降低对流辐射传热系统的有效办法是减小熔体的流速。铝液流速的快慢取决于垂直磁场分布大小和水平电流强度，而电解质流速主要取决于阳极气体逸出快慢。因此，要优化设计合理的母线配置，力求降低垂直磁场分量和槽内水平电流，改进A1203下料控制精度，防止炉底结壳和沉淀，保持各组阳极底掌到铝液面均等的极距，铝水平保持适当的高度。采用惰性材质的Si₃N₄-SiC，即氮化硅结合碳化硅作槽侧衬，对稳定炉帮和延长侧衬寿命是行之有效的[2]。碳化硅材料热阻小、电阻大、抗氧化腐蚀能力强，国内外都已工业应用。

3 结 语

大型预焙阳极电解槽代表着国内铝电解发展的技术水平，无论从投资、节能降耗、自动化程度及环境保护等方面，都具有中小型预焙槽及自焙槽无可比拟的优越性，尤其是大型预焙槽的设计，一般均采用国际上通用的设计软件和计算模型，进行物理场仿真计算和各种参数的优化设计工作，从而使母线的配置更趋于合理，并能有效地改善电解槽的磁流体稳定性。在当前建设资源节约型、环境友好型社会和实施可持续发展战略的形势下，大型预焙阳极电解槽无疑应为自焙槽实施预焙化改造的首选对象。目前，山铝电解铝厂200kA预焙阳极电解槽已连续生产986天，电流效率94.5%，吨铝直流电能消耗13100kW·h，电解槽寿命预计可达到1900天，劳动生产率提高了3倍以上，氟化氢和粉尘等主要污染物排放量全部达到了国家排放标准，实现了60 kA自焙槽预焙化改造的预定目标，取得了良好的经济和社会效益。

参考文献：

- [1] 赵天德，解正业，王金融. 论200kA级大型预焙铝电解槽的技术创新及应用[J]. 轻金属，2001，(12)：32~34.
- [2] 周庆华，吴连成，李金国. 200kA预焙电解槽的技术特点及生产实践（文集）[A]. 第四届全国轻金属冶金学术会议论文集[C]. 青岛：2001. 11. 572~574.

[返回上页](#)