

高锂钾电解质体系下智能槽控系统在铝电解生产中的应用研究

杨阳

青铜峡铝业股份有限公司宁东铝业分公司

[摘要] 铝电解生产是一个电解槽数量多、高耗能、高粉尘、强磁场、劳动强度大的复杂生产过程。槽控机是铝电解控制系统中的关键控制装备, 铝电解生产过程中的应用, 对于提高电流效率、降低能耗、提高劳动生产率、减少人工劳动强度、改善工厂生产环境、改进生产管理水平、促进企业快速发展以及创造更好的经济效益和社会效益具有更重要的意义。智能模糊控制方法具有人工智能的特点, 能够模拟现场作业实际和经验做法和专业技术人员的管控模式, 这种方法已广泛应用于过程控制等多个领域, 并取得了良好的应用效果。

[关键词] 铝电解; 智能控制; 氧化铝浓度; 物料平衡; 热平衡

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.452

一、智能槽控系统控制理论

铝电解槽智能模糊控制系统依据“四低一高”的最佳工艺条件, 在生产过程中能够在脱机状态下独立完成电压、电流的在线采集, 正常槽况下的连续、准确按需下料控制与常态极距调整、槽针振、摆动解析与报告、阳极效应预报与声光报警、人工作业工序监控等功能, 能在联机状态下与监控机交换数据, 并接收来自监控机的参数调整与优化, 使对电解槽的监控更为精确和可靠。

其核心内容主要包括: 电解槽数据采集与解析、氧化铝浓度智能控制、极距调整与热平衡控制、阳极效应跟踪预测及抑制、槽压波动的判断和自动处理、工艺操作过程控制、氟盐加料自动控制。

某电解铝厂350kA系列电解槽的槽控机最早由贵阳铝镁设计院研究开发, 因已运行了近十年, 设备线路已经严重老化, 经常发生系统软故障, 控制精度变差, 重点是在高锂、钾电解质体系下电解槽浓度控制已经不适用于现有的生产需求。为了提高电解槽的精准度, 解决电解槽浓度失控等问题。2018年初开始, 某电解铝厂陆续开展槽控机升级换代工作调研, 并与2018年底在该公司350kA系列电解车间进行综合实验应用。

二、智能控制系统对铝电解槽物料平衡的控制

在铝电解槽物料平衡控制中, 氧化铝浓度控制是一项最主要任务, 槽控系统通过阳极电流分布在线监测和槽电压等信息综合分析判定槽内氧化铝浓度大小。槽控机通过检测打壳、下料气缸的电磁阀动作反馈信号保证电解槽打壳、下料作业正常。

一般的槽控机上位机软件包括机房接口机软件(监控管理级)、服务器软件及客户端软件(管理计算机)三大部分, 其中机房接口机软件因功能复杂(包括与现场通信、监控、语音报警、本地数据备份及服务器上历史数据库存储等功能), 过于集中, 负载能力和稳定性都不强, 当联机的电解槽数目增加时需要增加机房接口机的数量, 给操机员监控带来了不便; 同时, 客户端软件功能也不强, 不具备远程数据修改等功能, 在管理上以机房计算站为中心, 车间和工区对控制信息的任何调整都需要跟机房联系。云架构是一种新的计标模式和资源管

理方式, 其核心思想是以数据为中心、完全分布式结构。用户需要任何数据时, 只需要向数据中心请求即可, 同样需要修改某些关键数据时, 也只需要向数据中心发送命令即可, 用户对数据的访问取决于他的权限。针对一般的槽控机上位机软件的缺陷, 推出了基于云架构的客户端数据浏览软件, 符合目前国际上对“企业私有云”的定义, 称之为“铝电解控制信息私有云”。

2.1 经典氧化铝浓度变化规律

为提高电解槽的控制精准度, 2019年A电解铝厂对部分电解槽控制系统进行了在线升级, 更换了一工区48台电解槽的槽控机, 该槽控机采用了由中南大学设计的先进的智能模糊控制设备, 具备在线监测电流分布, 具备单点下料打壳作业, 实现了电解槽区域浓度的控制, 可以使氧化铝的含量平稳的保持在低含量。结合系统内自动化水平现状, 形成了自动化新技术应用策略, 融合电力监控技术和电解铝控制先进技术, 实施“分级控制, 集中监控”的系统设计。客户端部署人机界面等模块, 实现实时监视和运行操作; 电解车间槽状态监视图可以显示本车间全部槽控机的各种状态, 能够动态的随时显示铝电解槽的各种状态信息和正在进行的操作, 现场槽控机实时曲线传输、显示, 大面板槽控显示更加便于现场异常监控及处置。

2.2 高锂、钾电解质体系下氧化铝浓度控制策略

随着近几年电解质体系中锂、钾含量的富集增加经典氧化铝浓度和槽电阻曲线明显发生了不规律的变化。氧化铝的溶解性也发生了质的变化。故需要在非常窄的区间的控制电解槽内的氧化铝浓度。

某公司在350kA电解系列, 实验摸索运用智能槽控系统对电解槽氧化铝浓度的控制主要在以下几个方面进行研究:

一是通过过欠分析槽内氧化铝浓度变化趋势, 自动调整下料间隔, 实现电解槽按需下料, 逐步实现区域浓度控制;

二是通过斜率综合判断阳极效应趋势, 自动调整下料间隔和定点打壳下料, 实现阳极效应实时监控;

三是通过自动调整, 不断优化下料间隔, 尽量保持电解槽在低氧化铝浓度运行, 以获得较高的电流效率, 同时防止产生炉底沉淀;

四是智能槽控系统通过自寻优化下料控制,采用“正常-过料-欠料”循环控制策略,使槽内氧化铝浓度控制在合理范围内,以达到高效率的目的。

五是加强现场操作质量,避免因换极、出铝、收边整形工作导致的氧化铝浓度失控。

2.3 动态曲线监控

动态曲线界面栏里显示可以提供最近的20分钟内铝电解槽的实时数据图形,还可以集中显示电解槽况的解析数据。窗口共分三部分:最上面是单槽实时数据记录,可以随时掌握电解槽当天铝电解生产中的实时详细参数,如槽电压、槽电阻、控制智能控制系统上位机操作使用说明书的电压上下限、针摆强度等等;中间是电流、电压和电阻的动态曲线显示,可以更直观的观察到的电解槽最微小的波动。

2.4 氧化铝浓度变化趋势

国内某铝厂通过近半年的生产实践,在克服高锂、钾电解质体系对生产带来的负面影响。积极摸索和总结现有槽控机区域浓度控制的模型,重点在电解槽出铝端和烟道端两个下料口的下料量进行研究,取得了一定效果。

2.5 控制效果对比

升级改造前,在高锂钾电解质体系下,电压波动大,氧化铝浓度判断容易失控,容易出现效应频发的现象,升级完以后,由中南大学阿尔惠特公司生产的槽控机,采取短欠料、短过料浓度控制方案,曲线变化明显平缓。

新型槽控系统优化了电解槽氧化铝的过欠转换,工作原理贴近生产实际,以电解槽氧化铝浓度控制为中心,杜绝了大过料、大欠料的方式。采取短欠料、短过料浓度控制策略,重视分析和预判电压曲线的累计斜率,保持过、欠转换均衡。其中斜率、累斜控制区间为0~35mV,累斜长时间在0以下,NB间隔要增大,累斜在35mV以上NB要缩短。NB间隔中欠量次数/过量次数约0.7~1倍;针振、摆动是衡量电解槽稳定性的标准,该槽控机目前控制在12mV、3mV以内,铝电解槽运行平稳,避免铝液再次反应;同时在较为稳定状态下电解槽实现低电压,相对高的电流效率是有保证的。采用新型区域浓度控制,不但能将氧化铝浓度控制在低窄浓度区(曲线上欠过转换比传统方式要快),而且能有效抑制局部阳极效应和适应国内高锂钾电解质体系,氧化铝溶解慢、溶解难的问题。

2.4.1 阳极效应系数

智能槽控系统投入使用后,浓度控制在低浓度区运行,且氧化铝浓度波动较小,浓度失控现象较前期明显较少,对降低阳极效应系数有很大促进作用。智能槽控系统投入运行后,因智能槽控系统在浓度控制及极距控制等方面的优势,N1效应系数较使用前下降0.25次/槽·日左右,闪烁效应系数较使用前下降1.0次/槽·日左右,下降明显,有效降低了员工劳动强

度,同时在成本控制方面也起到了促进作用。

2.4.2 炉底压降

由于智能槽控系统对氧化铝浓度的有效控制,同时配合人工对炉膛的干预,电解槽炉膛状况明显改善,炉底压降较使用前下降30mV左右,为电解槽稳定运行及指标提升奠定了基础。

三、智能控制系统对铝电解槽热平衡的控制

3.1 极距控制

调整极距的目的是保持电解槽的热平衡。极距调整主要有三种情况:第一种是槽电阻不在正常设定值范围,极距调整量依据偏差范围来定;第二种是特殊作业情况下,专门的极距调整,包括出铝、换极、抬母线以及其他异常操作;第三种是特殊情况下极距调整,针对不同槽况做出相应的极距调整。

3.2 槽电压控制

电解槽控制系统对极距的调整直观表现为槽电压的变化。

该工区在智能槽控系统投入运行后,电解槽稳定性明显增强,通过现场加强管理和槽控机的管控。综合效益,截至近1年的调整优化。目前运行电压较使用前下降50mV,电流效率较使用前升高3%-4%,直流电耗较使用前下降450kWh/t左右,对各项生产技术经济指标提升起到了很大促进作用。

四、严格执行生产作业制度

在应用了新槽控机后,在下料速率的自动调整方案方面,将“欠量下料”细分为三个阶段“小欠量”、“中欠量”、“大欠量”等不同速率的档级;同样“过量下料”也进行细分。同时加强人机配合。从人工操作维护方面考虑,要求现场作业人员掌握下料控制的基本原理。懂得下料周期切换的基本策略。尽量要减少对下料控制过程的人为干扰。一是要避免人为进行手动操作。二是要尽可能减少人工调极作业。三是减少人为随意下料。从而为氧化铝浓度控制创造一个较好的控制环境。智能槽控系统在氧化铝浓度、极距、针振、摆动等方面控制有明显的优势,电解槽稳定性明显增强。

五、结论

智能槽控系统对氧化铝浓度、极距控制存在很大优势,投入运行后,电解槽稳定性逐步提高,炉膛较前期有明显改善,运行电压、阳极效应系数、电流效率、生产电耗等各项生产技术指标逐步提升。

电解铝智能槽控系统在生产中的投入使用,是铝电解生产技术的重大突破,不仅对电解槽实现了最优控制和智能诊断,同时对提高电流效率,增产、节能降耗效果显著。

参考文献

- [1] 杨昇, 杨冠群. 铝电解生产技术. 北京: 冶金工业出版社. 2010
- [2] 邱竹贤. 预焙槽炼铝(第3版). 北京: 冶金工业出版社. 2005