

氧化铝生产流程关键工艺指标控制要点分析探讨

甘长能

(贵阳铝镁设计研究院有限公司, 贵州 贵阳 550081)

[摘要] 本文结合拜耳法氧化铝生产主要工序,分析生产流程中关键工艺指标控制的要点,旨在减少关键指标的波动,降低单位能耗,提高氧化铝生产自动化水平,减少操作人员干预生产的频次,并能使生产有经济效益方面的提高,本文总结的控制要点在氧化铝实际生产中具有广阔的推广及应用前景。

[关键词] 拜耳法; 氧化铝; 矿浆; 工艺指标; 模型控制

[中图分类号] TF821 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1003-8884(2023)06-0038-07

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2023.06.008

0 前言

拜耳法氧化铝生产包括原矿浆制备、矿浆脱硅溶出、赤泥分离及洗涤、分解及分级、母液蒸发、氢氧化铝焙烧等主要工序。由于生产过程流程长、过程非线性、组分变化多样、工况扰动大、装置之间相互耦合等众多因素,生产指标波动大,控制指标不稳定,产品质量及经济效益得不到稳定保障。本文综合分析氧化铝生产流程关键工艺指标控制要点,实践中有效增强生产装置的抗干扰能力和工艺约束边界处理能力,提高装置运行的稳定性、减小生产波动和人为干预强度,进而充分发掘装置的工艺生产能力、降低能耗和生产成本^[1]。

1 原矿浆制备工序(以一水硬铝石型为例)

原矿浆制备工序的任务是满足拜耳法生产溶出工序对矿浆的质量产量要求,第一步将铝土矿进行破碎到符合要求的粒度,然后再将其和含有游离态的 NaOH 的循环母液按一定比例和数量一起送入湿磨内进行细细的研磨,磨制出质量合格的矿浆,随后在矿浆槽内贮存后再送往下一工序。

[收稿日期] 2023-10-16

[第一作者] 甘长能(1981—),男,贵州贵定人,硕士,高级工程师,主要从事有色冶金自动化智能化技术工作,现任贵阳铝镁设计研究院有限公司电气及自动化分院副院长。

[引用格式] 甘长能. 氧化铝生产流程关键工艺指标控制要点分析探讨[J]. 有色设备,2023,37(6):38-44.

1.1 工艺简要概述

国内一水硬铝石型铝土矿原矿浆制备工艺流程一般通用的是一段棒磨机开路进行粗磨,二段球磨机加水力旋流器形成闭路进行细磨。经破碎的铝矿石和石灰石分别由电子皮带秤计量后送入棒磨机粗磨,同时在棒磨机入口及出口加循环母液,从棒磨机出来的矿浆送入缓冲槽,再由缓冲泵以一定的压力和浓度打入旋流器,经旋流器分级后细粒度的矿浆形成溢流送入下一工序;粗粒度矿浆由旋流器底部的沉砂口排出,形成循环负荷进入球磨机进行细磨,球磨机出口矿浆加液碱后流入缓冲槽,再由缓冲泵以一定的压力和浓度打入旋流器,这样球磨机、缓冲槽、旋流器形成磨矿闭路流程。

1.2 控制指标分析

旋流器溢流矿浆细度以及矿浆的固含是整个矿浆制备作业的关键工艺指标,直接关系到矿浆制备作业的质量,需要严格控制。

1) 矿浆固含

旋流器溢流出来的矿浆固含过高将会影响铝土矿在下一个脱硅溶出工序中的反应程度、降低溶出率,增大赤泥量、降低氧化铝回收率;矿浆的固含过低则会使溶出液的分子比升高,造成氧化铝碱循环效率以及分级率下降。在实际生产中,一般是根据溶出机组及系统状况对固含进行相应的调整,保证整个生产系统的经济性^[1,2]。

2) 矿浆细度

矿浆的细度跑粗将会加速后续工序管道磨损,使脱硅槽沉砂增多,粗粒径的返砂沉在槽底,实际进

入溶出的矿浆固含质少,影响铝土矿溶出反应程度;矿浆的细度过细将使溶出赤泥变细,使沉降性能变差,增加絮凝剂耗量,甚至影响沉降分离作业。在实际生产中,一般是细度控制 $-63\ \mu\text{m}$ (75%~78%)、 $-315\ \mu\text{m}$ (100%)^[3,4]。

要保证矿浆细度及固含,前提是要稳定下矿量,控制定量给料机恒定给料,严格控制循环母液加入量,磨内液固比控制在0.4~0.5,旋流器入口压力控制在0.15 MPa左右恒定,尽量减少波动,旋流器返沙量不大于新的给矿量,溢流矿浆液固比0.3~0.4,同时合理配球,及时加减球,保持矿浆槽液位稳定,搅拌均匀。

1.3 探讨方向

在原矿浆制备建立以矿浆细度和固含为关键工艺参数的原矿浆优化模型控制策略,建立如终点预报的数学模型。以矿浆细度和固含工艺规定范围为目标,以原矿性质、碱液浓度等为边界条件,以磨机负荷为约束条件,对入磨给矿量、入磨石灰量、循环母液流量和旋流器给矿浓度回路控制参数进行自动调控,实现原矿浆制备无人干预生产。

2 矿浆脱硅溶出工序

矿浆脱硅溶出,将上一步工序制得的原矿浆进行预热及脱硅,然后加入到溶出器组中,在高温高压下进行溶出。把铝土矿中含有的氧化铝溶解成铝酸钠进入溶液,而氧化硅、氧化铁、氧化钛等杂质将会进入固相残渣中。

2.1 工艺简要概述

从原矿浆制备工序来的原矿浆进入常压脱硅槽中,一般将温度从82~87℃提升到100~105℃,经6~8 h后与一定量的循环母液混合调整经高压泵送往溶出套管预热器。脱硅槽底部设有返砂管、返砂泵,每班定期将粗砂返回原矿浆制备工序。

脱硅矿浆经过溶出多级套管预热器将矿浆温度预热至 $174\pm 5\ ^\circ\text{C}$,再用多个(级)溶出器将矿浆温度加热至210~220℃,再采用高压新蒸汽加热,将矿浆温度提至260℃,在溶出保温停留40~60 min溶出反应。溶出后的料浆经多级自蒸发闪蒸,温度从260℃降至 $130\pm 5\ ^\circ\text{C}$,然后送入溶出后槽稀释及深度脱硅。

各级矿浆自蒸发器产生的二次蒸汽用于相对应的套管预热器中预热矿浆,二次汽冷凝后从预热器

排出进冷凝水罐,冷凝水经逐级闪蒸降压后,汇总到末级冷凝水罐,送往热水站制备热水。

2.2 控制指标分析

经溶出器组后铝土矿中含有的氧化铝将会溶解成铝酸钠进入溶液,称为溶出液,溶出液的分子比、溶出温度等是整个矿浆溶出作业的关键工艺指标,直接关系到矿浆溶出作业的质量,需要严格控制。

1) 溶出液分子比

工艺生产上规定溶出液分子比称为配料分子比,该数值越大,即对单位量的铝土矿配入的碱量也多,这样在溶出过程中溶液的未饱和度更大,矿石溶出过程速度也更快。但是,单位量的铝土矿配入的碱量多,碱循环效率必然降低,矿浆及碱液物理流量增大,对生产是不经济的。在实践生产上,为了保证铝土矿中的 Al_2O_3 具有较高的溶出速度、溶出率,一般溶出液分子比控制要比同条件下的平衡溶液的分子比高0.10~0.15,保证溶出机组系统的经济性^[1,5,6]。

2) 溶出温度

从生产实践上,提高溶出温度后, Al_2O_3 在碱溶液中的溶解度显著增大,溶解后的平衡分子比明显降低,在相同的条件下,使用浓度较低的循环碱液就可以得到分子比低的溶出液。由于溶出液与循环母液的苛性碱浓度差缩小,母液蒸发系统蒸汽负担会降低。但是,提高溶出温度一是会增加新蒸汽能耗,二是会使得溶液的饱和蒸汽压急剧增大,生产操作安全隐患以及设备投资都将大大增加。

2.3 探讨方向

溶出液的分子比和溶出温度是相互制约的二元关系,可以通过提高溶出温度可以得到分子比在1.40左右的溶出液,为防止这样低分子比的溶液在进入分解及分级工序之前发生水解损失,须往稀释槽中加入适量的种分母液,使得稀释矿浆的分子比提高到如1.55左右以保证溶液的足够稳定性。国内某民营氧化铝企业采用了这样的措施后,循环碱液的用量减少,整个流程的碱循环效率提高了,同时使得矿浆溶出和母液蒸发工序的蒸汽消耗量优化节省了15%~20%,具有较好的经济效益^[1,3]。

另外,在溶出系统实施以溶出率、溶出温度和溶出液分子比为关键工艺参数的溶出过程数学模型控制。以溶出率和溶出液分子比的工艺规定范围为目标,以溶出设备生产能力为约束条件,以原矿浆铝硅

比、循环母液的苛性碱浓度及分子比、预脱硅矿浆细度和固含、矿浆温度为边界条件,对碱液流量、原矿浆流量、溶出温度等参数进行自动调控,实现溶出系统的优化,提高自动化水平、提高生产效率。

3 赤泥分离及洗涤工序

在溶出工序后的矿浆中先加入赤泥洗液进行稀释,稀释矿浆再利用沉降槽对赤泥和铝酸钠溶液进行分离,得到铝酸钠溶液(粗液),送叶滤机精制,除去粗液中浮游物,制成纯净透明的精液;分离后的赤泥经5~6次反向洗涤后送赤泥压滤及堆场,回水返至洗涤系统。

3.1 工艺简要概述

从溶出后槽送来的稀释料浆与絮凝剂混合进入分离沉降槽中,分离槽底流(液固比约 $2.0 \leq L/S \leq 3.0$,固含640~730 g/L),用泵送往多级洗涤槽,采用多次反向洗涤,洗水从未槽加入,末次洗涤底流液固比约 $1.0 \leq L/S \leq 1.5$,固含650~800 g/L;末洗底流经过泵打到压滤机过滤,然后送往赤泥堆场进行堆存。分离槽溢流得到的是称为粗液,与石灰乳按一定比例配制后一般采用立式叶滤机精制,叶滤得到的精液送分解及分级工序的精液板式热交换工段。

3.2 控制指标分析

稀释矿浆经分离槽溢流得到的溶液称为粗液,此过程中稀释液的苛性碱浓度,粗液的浮游物含量以及洗涤新水加入量是整个沉降作业的关键工艺指标,直接关系到沉降洗涤作业的质量,需要严格控制。

1) 稀释液苛性碱浓度

实践生产中,当稀释液苛性碱浓度过高时,铝酸钠溶液粘度增加,赤泥分离及沉降性能变差,如当苛性碱浓度 >180 g/L时,沉降速度只有 $0.3 \sim 0.4$ m/h,对赤泥的沉降不利,生产难以组织;另外,此时粗液的浮游物值也会超标,直接影响叶滤机精制生产,所以控制好稀释液苛性碱浓度是尤为重要的;实际生产中,许多企业稀释矿浆是多条溶出机组系列矿浆以及沉降一次洗水的混合物,故要关注溶出机组系列矿浆苛性碱浓度混合后的相互影响程度,同时也要考虑二次循环母液添加的苛性碱浓度,从而来调整一次洗水量达到理想的稀释液苛性碱浓度目标^[1,2]。

2) 粗液浮游物

粗液浮游物指标一般控制在 $<150 \sim 200$ mg/L,如果该指标超标,称为沉降槽跑浑,生产上是严重事故,需要不断加大絮凝剂的投入量用数小时才能调整正常;同时该指标超标将影响叶滤机过液量,直接影响生产。更困难的是目前无可检测粗液浮游物指标的在线传感器仪器设备,只能通过人工化验分析,所以控制好粗液浮游物指标成为氧化铝生产中的难点问题,很多企业为了达到粗液浮游物指标只能增加絮凝剂用量,生产经济效益不乐观^[1-2]。

3) 洗涤新水加入量

本质上影响洗涤新水加入量的因素主要是一次洗液的需求量,而一次洗液的需求量是以稀释液浓度目标来确定的。另外,弃赤泥的附液、分离槽底流的液固比L/S也是新水加入量的关键因素,多个控制较好的企业生产上把降低沉降槽特别是分离槽底流液固比L/S来作为提高赤泥洗涤效果,减少赤泥附液损失的重要控制手段和途径。

3.3 探讨方向

在赤泥分离及洗涤系统实现赤泥及液量的自动平衡,赤泥平衡主要是通过调整底流量、底流液固比来达到进出泥量的平衡,同时,根据沉降槽的泥层及清液层调整絮凝剂加入量达到稳定粗液浮游物指标目的;液量平衡则是根据给定的粗液苛性碱浓度、洗涤各次的梯度,确定需加入的新水量;同时还需辅助沉降槽的液位情况,通过溢流泵流量调整达到提高赤泥洗涤效果,降低洗涤系统导致的氧化铝和碱损失以及降低絮凝剂单耗的目的。

4 分解及分级工序

分解及分级工序担负着铝酸钠溶液(精液)的晶种分解、晶种过滤任务,晶种分解是拜耳法生产氧化铝的关键工序,它对产品的产量和质量及全厂的经济技术指标有着重大的影响。分解过程应得到高质量的氢氧化铝,同时亦得到分子比较高的种分母液,经母液蒸发系统浓缩后作为溶出铝土矿的循环母液,从而构成拜耳法的闭路循环。

4.1 工艺简要概述

由叶滤机送来的铝酸钠溶液(精液)进入分解工序的精液热交换,精液在此经多级换热,精液温度从 100 °C左右降为 60 °C左右,降温后的精液加晶种后,制备成固含为 800 g/L的氢氧化铝料浆送往分

解槽中。分解料浆在不断搅拌及一定的降温制度经 30 ~ 40 h 分解后析出不同粒径颗粒氢氧化铝料浆。再经立式浸没泵组把氢氧化铝料浆送往分级机组进行分级, 分级溢流返回分解槽。分级底流为粗颗粒氢氧化铝料浆作为本工序产品送往氢氧化铝焙烧车间。

4.2 控制指标分析

分解及分级和矿浆溶出工序是同一个可逆反应朝不同方向进行的两个过程。因此与矿浆溶出工序相反, 凡是使溶液过饱和度增大, 即溶液稳定性减小的因素都能够加速分解结晶析出过程。此过程中原液的浓度、分子比以及分解降温制度是整个分解作业的关键工艺指标, 直接关系到分解作业的经济性, 甚至关系如碱循环效率、全年产能等全局指标, 需要严格控制。

1) 分解原液浓度

精液作为分解的原液, 精液浓度的影响是: 当其他条件相同时, 中等浓度的过饱和铝酸钠溶液具有较低的稳定性, 因而其分解析出 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒速度较快。生产实践表明, 当此原液浓度 90 ~ 100 g/L 时, 分解速度最快, 继续提高或降低原液浓度, 分解速度都会降低, 且都不利成长析出粗且强度较大的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒^[1,5]。

2) 分解原液及母液分子比

控制低的分解原液分子比是提高分解过程效率的有效途径, 但是分解原液分子比降低, 意味着溶液的过饱和度大, 分解产物 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒有细化的趋势, 这是由于分解速度加快所导致的。另外, 从提高分解率角度出发, 在当分解原液分子比一定时, 适当提高分解母液分子比, 也能达到提高分解率的目的, 但是分解母液分子比不能提高太多, 要与分解槽单位产能相结合起来考虑^[1,7]。

3) 降温制度

在国内氧化铝生产中, 分解过程大都采用原液逐渐冷却的变温度控制, 分解初温控制较高, 对提高 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒质量有好处, 随着分解进行, 溶液的饱和度下降减小, 同时温度不断降低, 分解仍可在一定的饱和度条件下继续进行。但分解的变温度控制对分解 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒度的影响是双重性的: 当溶液的过饱和度相同时, 提高分解初温, 有利于晶种长大, 便于得到粗的 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒, 满足产品粒径的要求。但当溶液过饱和度下降时, 分解速度降低, 对

产品 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 颗粒强度不利, 这两方面在生产控制变温度制度时尤为重要。生产控制上要确定合理的分解温度制度, 包括确定分解初温、终温以及降温制度, 合理的降温制度是分解初期较快的降温, 分解后期则缓慢降温^[7]。

4) 分解率

在国内氧化铝生产中, 一般控制要求分解率 > 48%, 要想提高分解率, 一是可以延长分解时间, 生产操作上增投一个分解槽来延长其分解时间; 二是降低分解首槽温度, 分解温度越低, 溶液的稳定性越差, 分解速度快, 有利于晶核的生成, 从而促进分解; 三是适当提高晶种系数, 增加返种子量, 种子增多, 利于晶核的生成, 促进晶体的生长; 四是降低分解原液的分子比, 精液分子比每降低 0.1, 分解率约提高 3% 左右^[2]。

4.3 探讨方向

分解及分级工序是氧化铝生产的重要工序, 分解过程运行的好坏, 直接关系到氧化铝产品的质量和产量。影响分解的因素很多, 各因素所引起的原因是多方面的, 作用程度也因具体条件而异。主要影响因素有分解原液的浓度和分子比、温度制度、精种数量和质量、分解时间、搅拌速度等等。另外, 分解过程是个时变、大滞后、多变量、强耦合的复杂非线性系统。在分解建立种分分解率和氢氧化铝粒度分布为关键工艺参数来实施分解过程优化控制, 建立数学模型控制。以种分分解率和氢氧化铝粒度分布为关键工艺参数, 以料浆密度、料浆流量等为边界条件, 实现各分解槽液位和温度等回路解耦控制的基础上, 对精液流量、分解槽温度、种子的加入量、助滤剂加入量等参数进行自动调控, 实现分解系统的自动化生产, 达到减少粒度波动, 缓解周期性细化现象, 保持高的分解率, 减小产品 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 粒度波动, 保证产品质量。

5 母液蒸发

母液蒸发系统是氧化铝生产中的重要一道工序, 该工序的作用是将分解及分级工序中结晶析出氢氧化铝后剩余的溶液, 对其进行加热浓缩, 把溶液中多余的水分蒸发掉(这些水分主要来自矿土矿中的水、赤泥洗涤工序的洗水以及成品氢氧化铝的洗水)。水分蒸发掉后溶液中的苛性碱浓度才能达到原矿浆制备、脱硅溶出工序的工艺生产要求。

5.1 工艺简要概述

由分解及分级工序来的溶液称为蒸发原液,进入蒸发原液槽,经过多效蒸发器后部分到母液槽,另一部分进入强制效蒸发器达到结晶排盐的浓度,蒸发母液经沉降压滤系统进行液固分离排除碳酸钠、硫酸钠等杂质后,与母液槽母液混合送碱液调配,调整为合格的循环母液供原矿浆制备工序入磨使用和供溶出工序调整配料使用,一般母液蒸发采用多效逆流蒸发器组。

5.2 控制指标分析

1) 母液苛性碱浓度

苛性碱浓度高,单位体积循环母液能够和更多

的氧化铝反应;当其他条件相同时,母液碱浓度越高, Al_2O_3 的未饱和程度越大,铝矿石中 Al_2O_3 的溶出速度越快,而且在脱硅溶出工序能得到分子比低的溶出液。但是从整个氧化铝生产流程来看,母液苛性碱浓度不宜过高。如果要求母液的碱浓度过高,蒸发过程的负担必然增大,蒸汽消耗比必然增加;从整个流程来衡量,母液的苛性碱浓度只宜保持为适当的数值^[9]。此外,苛性碱浓度不应波动,工艺一般要求波动幅度超过 $\pm 5 \text{ g/L}$ 之内,波动大对生产组织不利。如某氧化铝企业溶出进料 $920 \text{ m}^3/\text{h}$,机组运作率 95%,100 万吨产能,母液苛性碱浓度 Nk 波动对该企业生产的影响见表 1。

表 1 母液 Nk 波动对循环效率、产能影响的定量对比表

名称	工艺目标值	波动下限	波动上限
循环母液 $\text{Nk}/(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	248.00	234.00	257.00
循环效率 $E/(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$	161.20	152.10	167.05
产能影响波动/ $(\text{t}\cdot\text{a}^{-1})$		-64 794.75	+106 448.53

折算成液量相当于全流程约 $> 15\%$ 的波动,生产明显不稳定,生产组织难度增加。

2) 汽水比

母液蒸发工序蒸汽消耗占氧化铝全厂蒸汽总消耗 30% 左右,汽水比越低表明单位蒸水的汽耗越少,影响汽耗因素主要有几方面:一是蒸发原液温度和浓度影响,当原液温度高于蒸发器末效沸点时,原液进入蒸发器以后带入的热量回水溶液蒸发出一部分二次蒸汽,降低汽耗;原液温度低于末效沸点时,不仅要吸收部分热量达到沸点,而且要占用一定时间,从而导致汽耗升高。二是蒸发系统的真空度影响,溶液的沸点与其表面压力成正比关系,压力越低,沸点越低,也就是说真空度越高,沸点越低。溶液沸点低有效温差就越大,蒸发器产能与有效温差成正比,生产中严格控制冷凝器上水温度来控制真空度,降低汽耗。三是使用的蒸汽汽压影响,加热蒸汽饱和蒸汽压越高,蒸汽温度也越高,蒸发器有效温差越大,生产中使用饱和蒸汽加热,提高传热系数,严格控制蒸汽压力以提高饱和蒸汽温度,降低汽耗。四是两段蒸发原液进料比影响,如一段进料量过大,会造成二次汽增多不能充分利用,生产中应严格控制一段二段进料比,提高二次汽利用率,降低汽耗。

5.3 探讨方向

结合在线苛性碱智能测量仪,在线实时测量各级苛性碱浓度指标,在此基础上,基于数据挖掘、深度神经网络优化等技术开发深度学习-模型预测控制等模型。模型根据生产现场采集的工艺参数、结合历史数据进行分析和计算、根据计算结果实时调整蒸汽流量及一段二段进料比使汽水比达到最优值,在保证生产安全和生产目标的前提下,将蒸发后的循环母液中的苛碱的浓度稳定在设定值,减少苛碱浓度波动,并降低蒸汽消耗量,达到节能降耗。

6 氢氧化铝焙烧

氢氧化铝焙烧是氧化铝生产的最后一道工序,该工序的目标是将带有附着水和结晶水的氢氧化铝焙烧成符合质量要求的砂状氧化铝。

6.1 工艺简要概述

焙烧炉大致可以分成喂料系统、预热旋风筒、焙烧主炉、冷却旋风筒、流化冷却床及输送系统组成。氢氧化铝经喂料系统送入干燥器进行干燥,干燥后的氢氧化铝被送到预热旋风筒里进行预焙烧,预焙烧后的物料送至焙烧主炉内完成最后的焙烧和产品质量调整,焙烧后生成的产品依次通过热分离旋风筒、冷却旋风筒与冷空气进行热交换实现降温,从冷

却旋风筒出来的氧化铝最后进入流化床冷却器实现最后的冷却,温度低于 80 °C 的氧化铝经由皮带送入氧化铝大仓进行存储或者包装^[10]。

6.2 控制指标分析

灼减是成品氧化铝最主要的控制指标之一,它不仅是焙烧成品氧化铝的重要指标,更重要的是灼减的高低,是企业生产向指标要产量、要效益的重要体现。灼减控制得低,比较容易,但燃料浪费、能耗高;控制得高,操作困难,容易操作不合格产品。一般均要求灼减 $\leq 1.0\%$,氧化铝的灼减主要取决于焙烧主炉温度的控制和电收尘返灰的调整。如灼减偏高时,可适当调整减小下料量,提高焙烧主炉温度,降低灼减;另外保持炉内系统稳定,减少频繁开停炉,可有效降低焙烧过程中的物料破碎现象,从而减少电收尘灰量,保持合格的灼减指标^[10]。

6.3 探讨方向

灼减 $\leq 1.0\%$ 是关键指标,关键点为主炉温控制,通过调节燃料流量与进料量的合理配比,进而控制温度。需要建立燃烧系统控制模型,如采用串级调节策略建立控制器,实现炉温的恒定,从而满足产品质量与产量的稳定^[10-12]。

在氢氧化铝焙烧开展以提高焙烧炉的焙烧效率和能力、降低燃料消耗以及保证设备安全运行为目标的焙烧过程先进控制与优化,建立主炉温度先进智能控制模型,将主炉温度控制在设定值允许波动范围内,并建立以燃料热值、进料含水率、进料流量为边界条件,以焙烧效率、设备安全运行为目标,形成对主炉温度、燃气及 O₂ 含量和参考负压进行设定的焙烧过程优化控制方法和策略。

7 结语

目前,国内外几乎所有的氧化铝企业在氧化生产流程的各工序都配置有 DCS 生产过程控制系统,对生产过程数据进行采集、运算、控制、报警、记录,并在全厂控制中心集中进行监视和操作。但由于氧化铝生产流程长、过程介质组分变化大、前后工序指标强关联,相互影响又互相制约,关键指标无在线检

测传感器及仪表,只能依靠取样化验,时间滞后均超过 2 h,目前大部分工序本质上无法实现闭环控制,无法投入自动运行,工艺设备难以达到最优、工艺装置的生产能力难以最大。

本文分析总结了氧化铝生产流程主要工序关键指标控制要点,并对各工序的优化方向进行了简要探讨,未来能通过先进的控制理论和控制方法,以工艺过程分析和数学模型控制为核心,以工厂生产过程工艺指标信息为载体,充分发挥控制系统的潜力,使工艺生产过程更加合理,有效增强生产装置的抗干扰能力和工艺约束边界处理能力,提高装置运行的稳定性、减小生产波动和人为干预强度,进而充分发掘装置的工艺生产能力、降低能耗和生产成本。

[参考文献]

- [1] 杨重恩. 氧化铝生产工艺学[M]. 北京:冶金工业出版社,1992.
- [2] 何英. 降低拜耳法溶出液苛性比值的研究[D]. 长沙:中南大学,2007.
- [3] 毕诗文. 氧化铝生产工艺[M]. 北京:化学工业出版社,2015.
- [4] 陈浩. 基于深度学习的氧化铝原矿浆成分预测研究[D]. 北京:北方工业大学,2018.
- [5] 阿格拉诺夫斯. 氧化铝生产手册[M]. 北京:冶金工业出版社,1974.
- [6] 周廷俨. 氧化铝溶出率预测算法的研究与应用[D]. 北京:北方工业大学,2021.
- [7] 吴金水. 拜耳法与混联法氧化铝生产工艺物料平衡计算[M]. 北京:冶金工业出版社,2002:1-60.
- [8] 聂晓凯. 氧化铝生产蒸发过程的动态建模与仿真研究[D]. 长沙:中南大学,2010.
- [9] 甘长能,司开勇. 蒸发系统智能优化控制策略设计及实现[J]. 轻金属,2023(S1):11-17.
- [10] 刘继承,甘长能. 氧化铝焙烧炉智能优化控制策略探索[J]. 化工自动化及仪表,2022,49(2):151-164.
- [11] 张矿伟,雷金辉,张玉忠,等. 模糊 PID 控制在氧化铝加压溶出中的应用与研究[J]. 中国有色冶金,2018,47(04):31-34+54.
- [12] 刘有奇. 提高管式降膜蒸发器在拜耳法生产氧化铝中的运行效率[J]. 中国有色冶金,2017,46(04):55-58.

The key control points of process indicators in alumina production process are analyzed and discussed

GAN Changneng

Abstract: Based on the main process of alumina production by Bayer process, this paper analyzes the key points of process indicators control in the production process, aiming at reducing the fluctuation of key indexes, reducing unit energy consumption and improving the level of alumina production automation, the control points summarized in this paper will be widely used in the practical production of alumina and have a bright future in the alumina industry.

Key words: bayer process; alumina; slurry; process indicator; model control



敬告读者

为了加快稿件处理速度,缩短稿件出版周期,方便广大作者投稿及查询稿件处理情况。本刊开通由中国知网提供的“腾云”网络采编系统,作者投稿请注册并登录本刊主页上的“作者投稿系统”进行相关操作,网址 <https://yssb.cbpt.cnki.net/>。注册登录后可以向本刊投稿并查询稿件处理状态。请勿重复注册,否则可能导致您的信息查询不完整。

本刊文章数字版可在中国知网(<http://www.cnki.net>)、万方数据知识服务平台(<https://www.wanfang-data.com.cn/>)、维普网(<http://www.cqvip.com/>)下载使用。

本刊从未委托任何单位或个人组稿或代收、代转稿件,作者咨询投稿事宜请拨打编辑部办公电话 010-63936591 联系。

《有色设备》编辑部