

圆块孔式石墨换热器在废电解液升温中的应用

李厚, 崔红红, 杨卓

(巴彦淖尔紫金有色金属有限公司, 内蒙古 巴彦淖尔 015543)

[摘要] 锌湿法冶炼“热酸高温浸出”工艺中,废电解液加热使用换热器的实用情况,探讨了不同换热器的选用,发现圆块孔式石墨换热器在生产过程中具有换热效率高、设备耗费少、易于清理维护等优点,使用过程中结晶的清理方式,在高温废电解液环境下延长使用寿命等问题。

[关键词] 圆块孔式石墨换热器; 湿法炼锌; 工艺条件

[中图分类号] TF813

[文献标志码] B

[文章编号] 1003-8884(2021)02-0071-04

DOI: 10.19611/j.cnki.cn11-2919/tg.2021.02.017

湿法炼锌浸出工艺多采用常规浸出、热酸高温浸出和直接浸出,内蒙古某公司湿法炼锌系统采用热酸高温浸出工艺,该工艺用于浸出的主要反应介质废电解液,由于废电解液腐蚀性强、易结晶,如何选用高效、耐用、维护方便的换热器是热酸高温浸出工艺各相关企业面临的难题。

截止目前,该公司在废电解液换热器选型方面,有螺旋板式换热器、板式换热器、圆块孔式石墨换热器,使用过程中积累了不少经验。本文初步总结了三种换热器在热酸高温浸出工艺中对废电解液加热升温生产实践中应注意的问题,最终选择圆块孔式石墨换热器的原因,以及在日常结晶清理和日常维护中注意的问题。

1 废电解液成分及工艺条件

废电解液,含固量 15%, H_2SO_4 : 150 ~ 180 g/L, Zn^{2+} : 50 ~ 60 g/L, Mn: 7 ~ 11 g/L, Ca: 0.8 ~ 1.2 g/L, Mg: 20 ~ 30 g/L, Cl^- : 200 ~ 500 mg/L, F^- : 80 mg/L, 比重: 1.2 ~ 1.5。

加热蒸汽采用压力 0.6 MPa、温度 160 °C 左右、热焓值 2.59 百万千焦/t 的饱和蒸汽,加热废电解液,由 35 °C 左右,加温至 90 ~ 95 °C,流量也较大(100 ~ 150 m³/h)。

2 三种换热器生产使用情况

2.1 螺旋板式换热器使用情况

螺旋板式换热器,材质为 904L,板厚 4 mm。使用时间是 2009 年开车至 2011 年,螺旋换热器使用流量约 100 m³/h,流量无法达到生产流量,换热温度大约可换热 20 ~ 30 °C,使用过程中结晶速度快,使用清理周期最长时间一个月,清理结晶困难,无法彻底清理干净。废电解液经浓密机溢流后再经换热器,结晶堵塞周期延长至 1.5 个月,但螺旋板后出现均匀性腐蚀,35 天时板厚由 4 mm 减薄至 0.8 mm,焊缝处腐蚀破坏严重,已经不能再用。

2.2 板式换热器使用情况

2012 年至 2013 年使用板式换热器,介质流量可达到 120 m³/h,换热温度约 20 °C,生产流量基本可以达到生产要求,但是换热效果一般,使用清理周期一个月,清理简单,结晶能够全部清理干净,但是因换热片大清理过程中会导致换热片有轻微变形,清理完成后安装时会出现密封不严,清理后使用换热片中间漏液严重,由于介质流量大压力大,很难解决漏液问题。

2.3 圆块孔式石墨换热器使用情况

2014 年到现在使用的圆块孔式石墨换热器,介质流量 120 m³/h 左右,换热温度 40 °C,使用清理周期最长时间 3 个月,清理较简单,结晶能够清理干净。

3 圆块孔式石墨换热器特点

石墨具有比重小(2.03 ~ 2.07)、传热良好(导热系数 100 ~ 110 km/m·h·°C)、耐腐蚀、密封性好、

[收稿日期] 2020-10-02

[作者简介] 李厚(1985-),男,河北南宫人,中级工程师,大学学历,主要从事湿法冶金(锌冶炼)工作,现任巴彦淖尔紫金有色金属有限公司湿法二厂副厂长。

使用压力高及结构紧凑特点。

石墨换热器主要部件由铁制壳体、上下封头、若干圆形截面的浸渍石墨块组成,石墨块之间用O型圈密封。在石墨块上有许多平行于轴线和垂直于轴线的圆孔流道,前者称为纵向流道,后者称为横向流道,其中,横向流道位于各纵向流道的间隔中间。废电解液沿轴向流道从下往上流动,而蒸汽沿横向流道流动。相邻两块换热块横向流动方向相逆。两种介质利用换热块石墨实体进行间壁式换热。

上下封头与石墨块有胶垫及螺杆固定,铁制外壳与石墨构成部分在顶部用螺杆连接,下部分用石棉盘根密封,避免石墨部分与壳体膨胀系数不同而引起石墨的损坏,冷凝水由下部出水管流出。

3.1 单台换热面积 100 m² 圆块孔式石墨换热器的机构

(1)结构形式:型圆块式,外壳 Q235。

(2)管程:细颗粒酚醛树脂浸渍石墨,石墨颗粒度:0~0.8 mm,浸渍后体积密度:1.85 g/cm³。

(3)密封形式:(单块间)高压膨体四氟带,法兰双道O型圈密封。

(4)设计压力:管程(0.6 MPa);壳程(0.7 MPa),设计温度:管程(≥95℃);壳程(≥220℃)。

(5)管口尺寸:壳程蒸汽进口 DN150,冷凝水出口 DN100,排气口:DN50,排净口:DN50;物料进口:连接法兰 DN250(石墨内径 DB200)对接 DN150 国标复合钢衬管道法兰,物料出口:连接法兰 DN250(石墨内径 DB200)对接 DN150 国标复合钢衬管道法兰。

3.2 液体介质和蒸汽要求

(1)废电解液流量 150 m³/h,密度 1.35 计,单位时间流量 202 500 kg/h。

(2)废电解液热容:0.8 kcal/kg·℃。

(3)蒸汽温度:160℃,工作压力≥0.55 MPa。

(4)蒸汽流速:≤25 m/s。

3.3 生产使用情况

生产使用情况如表 1 所示。

表 1 圆块孔式换热器使用情况

使用日期	换热器使用方式	废液流量/(m ³ /h)	电动阀开口度/%	进口温度/℃	出口温度/℃
2019.12.21	并联	70	1# 60	30	68
			2# 30		
2020.1.2	并联	97	60	32	70
2020.1.3	单独使用(2#)	97	60	31	55
2020.1.4	单独使用(1#)	64	60	25	60
		90	75	25	58
		120	75	25.5	55
		90	75	26	57
		90	80	27	60

由表 1 可知,单台 200 m² 圆块孔式石墨换热器,在废电解液加热升温的生产实践中,无法满足生产工艺条件,需要两台并联或串联。

产生的冷凝水满足:zn < 1.5 mg/L, cu < 0.5 mg/L, cd < 0.05 mg/L, As < 0.30 mg/L, Hg < 0.03 mg/L, Pb < 0.5 mg/L, F < 8.0 mg/L, pH:6~9;每天冷凝水产量平均 200 m³,可直接用于黄钾铁矾渣的水洗。

3.4 石墨换热器清理及维护

由于废电解液中钙、镁离子含量高,含钙 1 g/L 左右,含镁 24 g/L 左右,石墨换热器在连续使用 32 天后,出现结晶堵塞情况,如图 1 所示。



图 1 石墨换热器连续使用后的结晶情况

其结晶成分为:Ca9.76%、Mg3.09%、S14.41%、

Zn2.62%;从分析组成数据说明其主要是硫酸钙,由蒸发结晶及沉淀所引起,结晶质地较硬,不易于机械清理。

原清理时,使用钻头清理,清理过程中存在石墨块拆卸,以及钻头等机械对石墨的机械损伤;后对换热器进行改造,在物料进、出口处安装三通和阀门,利用柠檬酸对钙、镁结晶的溶解性,石墨换热器在使用半个月左右时,关闭物料进口阀门,打开旁通阀门,配比1:20的柠檬酸液体,利用泵打循环,每次循环4~6小时,很好地解决了石墨换热器解决问题。

3.5 稳定操作,防止石墨换热器应急冷急热

开启时要先通液体后,慢慢开蒸汽,当停止时应先关闭蒸汽、后停液。严格禁止不通液持续开蒸汽的现象,以免过饱和蒸汽在石墨换热器中形成过高温度和压力,而损坏换热块。

4 圆块孔式石墨换热器在生产中存在的问题及相应解决方法

4.1 圆块孔式石墨换热器在生产运行中存在的问题

在近三年的使用过程中,发现设备换热效果未达到设计要求,无法满足完全加热废电解液的效果。检测发现废电解液侧物料进口和蒸汽侧的压力均比设计值小,存在较大的差距,导致换热器换热量不足。废电解液流量小,废电解液通道内的流体流速较低,钙镁结晶速度快,无法通过设备的自身运行予以清除。

4.2 圆块孔式换热器在生产运行中存在的问题分析及相应解决办法

经分析,设备结晶堵塞和运行周期短的几种原因:

(1)废电解液中阳极泥等杂物在换热器液体流通管道内沉淀堵塞,换热器的废电解液侧带入了大量的悬浮的阳极泥、绝缘块等杂物。在大开顶端压盖后,发现废酸侧通道有大量的块状阳极泥沉淀和绝缘块,严重堵塞了通道,大大降低了换热器换热效率。

(2)换热器废电解液侧温度偏低。实际生产过程中,冬季废电解液侧进口温度在20~25℃,与原设计温度存在偏差。需增加换热器的换热量,导致换热器蒸汽侧流量增加,蒸汽流速增大,高温蒸汽对换热器密封处冲刷破坏增大。

(3)结晶堵塞后拆卸清理过程中,石墨块磕碰,钻头等机械损坏,以及过多频次的拆卸和组装,石墨块之间密封不彻底。

(4)废电解液在换热器内整体流速低,无法靠自身流速冲洗结晶,造成钙镁在升温过程中蒸发结晶速度加快。

上述问题在近三年的实际生产过程中均有发生,造成换热器无法满足大负荷生产需求,工艺升温采用间断性蒸汽直通加热的方式,给生产组织和湿法体积控制带来了困难。表2总结了设备可能存在的问题和解决方法。

表2 圆块孔式石墨换热器使用中存在的问题和相应解决方法

现象	原因	解决方法
液体进出口温差小	换热面积不足	增加换热面积
液体含固量大,液体管道堵塞	废电解液中阳极泥、绝缘块等杂质进入液体管道	废电解液先进入浓密机,溢流后由泵打入换热器
处理效果和压力下降	密封垫圈密封不紧	停车检查密封,检查流体压力和流速
硬质地结晶堵塞	钙镁结晶	单循环改为三循环,增加流体在换热器中的流速
石墨块损坏	机械清理造成损伤	改进设备,用柠檬酸液反冲洗
内部泄露	冷凝水呈酸性	联系厂家维修

5 结语

相比其他形式换热器,圆块孔式石墨换热器在湿法炼锌工艺中,具有传热效率高、材料耗费少、安装占地面积小等优点。设备在湿法炼锌厂高温高酸

使用环境下,经过多年生产实践和技术改进,适用于腐蚀性高的废电解液的工艺指标,具有推广性。

[参考文献]

[1] 沈阳冶炼厂锌冶炼车间. 石墨换热器加热锌电解液[J]. 有色金属,1975(11):30-31.

[2] 张猛. 圆块孔式石墨换热器总传热系数的模拟计算[J]. 中国氯碱, 2017(2): 30 - 33.

[3] 柳兰生. 锌直接浸出工艺中废电解液螺旋板换热器探讨[J]. 中国有色冶金, 2014(3): 31 - 33.

Application of Round Block Hole Graphite Heat Exchanger in Waste Electrolyte Heating

LI Hou, CUI Hong-hong, YANG Zhuo

Abstract: In the “hot acid high temperature leaching” process of zinc hydrometallurgy, the practical situation of using heat exchangers for heating waste electrolyte is discussed, it is found that the round block hole graphite heat exchanger has the advantages of high heat transfer efficiency, low equipment cost, easy cleaning and maintenance, and the cleaning method crystallized in use, in the environment of high temperature waste electrolyte to extend the service life and other issues.

Key words: Graphite Heat Exchanger with round hole; zinc hydrometallurgy; process conditions ▲

.....
(上接第 67 页)

Application of PLC based on Lubrication System

RAN Xiang-tao

Abstract: This paper presents the design and the application of the lubrication system based on PLC. It also explains the framework and function of the new system which proved that the new equipment and the new technology is important and necessary in the lubrication's control system. The paper also designed the hardware and the software of the new system. This new system has been used in one engineering project is proved high degree of reliability and stability.

Key words: PLC; Control system; Lubrication system ▲