

锌电积节能降耗生产实践

杨 瑗, 陈先友, 姚应雄

(云锡文山锌铜冶炼有限公司, 云南 文山 663701)

[摘要] 文山锌铜投产初期,吨锌直流电耗持续偏高,在3 200 kW·h以上,同时存在阳极板短路、生产成本增加、产出大量1#锌片等对生产造成极大影响的问题。公司从工艺控制、现场管理和精细化操作方面等进行优化改进,经过4个多月的调整,吨锌直流电耗逐渐降低至3 060 kW·h,实现了100%的0#锌产出率,大幅降低了生产成本,增加了企业经济效益。本文对具体措施和改进前后数据作了详细描述,以期为相关企业提供参考。

[关键词] 锌电积; 直流电耗; 阳极板短路; 生产成本; 锌片质量

[中图分类号] TF813; TF803.2+7 [文献标志码] B [文章编号] 1672-6103(2020)03-0037-03

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2020.03.008

锌电积是湿法炼锌的必经过程,也是关键过程,是利用直流电作用使溶液中的锌离子在阴极析出转变为锌片的过程,其中直流电单耗和阴、阳极板单耗是衡量锌电积成本高低的关键指标,故其也是湿法炼锌企业控制生产成本的重要出发点。

云锡文山锌铜冶炼有限公司(以下简称“文山锌铜”)投产初期吨锌直流电耗持续偏高,在3 300 kW·h以上,且阳极板短路现象严重,造成大量阳极板烧损,大幅增加了生产成本,同时也产出大量1#锌片,生产极为被动。鉴于此,公司从工艺控制、现场管理和精细化操作方面等进行优化改进,经过4个多月的调整,阴阳极板短路现象逐渐消除,吨锌直流电耗逐渐降低至3 060 kW·h,实现了100%的0#锌产出率,有效降低了生产成本,增加了企业经济效益。

1 影响锌电积能耗的因素

影响长周期锌电积能耗的因素有很多,比如新液的锌浓度、电流密度、槽温、流量、酸锌比、添加剂等。直流电耗与电积工艺技术参数的控制有着密切、复杂的关系,但是主要因素是电流效率与槽电压,其关系见式(1)^[1]。

[作者简介] 杨瑗(1992—),云南宣威人,大学本科,冶金助理工程师,云锡文山锌铜冶炼有限公司成品车间工序长。

[收稿日期] 2019-11-06

$$W = V / (\eta \cdot q) \times 1\,000 \quad (1)$$

式中:W为直流电耗,kW·h/t;V为槽电压,V;q为电化当量,1.22 g/A·h; η 为电流效率%。

由式(1)可看出,提高电流效率、降低槽电压是降低直流电耗的关键。而影响电流效率的主要因素有新液的质量、新液温度、澄清时间等,影响槽电压的主要因素有阳极泥厚度、槽温、酸锌比等。

2 降直流电耗的措施

2.1 提高新液质量

新液质量的波动是影响电积直流电耗最直接和最重要的因素。影响电耗的杂质有Co、As、Sb、Ge、Cu等。其中任何一种杂质或几种杂质超标,都易引起电积不同程度的“烧板”现象,使电流效率大大降低^[2]。若产生烧板,吨锌电耗会高达3 500 kW·h以上,甚至影响阴阳极板的寿命。净液除需保证优质的新液以外,还需给电积提供充足的新液澄清时间,另外还应对新液罐和循环槽及时清理,尽可能保证电积系统的稳定生产。

1)控制钴含量。公司对杂质Co含量要求最高,要尽可能降低,因为Co含量对于电积有着至关重要的作用。一般要求新液Co含量低于0.000 4 g/L,100%优质供给,以降低杂质离子烧板的可能性。

2)温度控制。必须保证新液温度在40℃以下,以使得钙镁离子尽量在上一工序析出,减少电积钙

镁的压力,降低直流电耗。

3)加强钙镁底流压滤。净液需保证每班2次沉降底流压滤,沉降槽底流深度尽可能压低,以保证新液的清亮度。对新液罐和循环槽及时清理有助于生产的稳定。

4)保证澄清时间。随着生产时间增加,电积新液贮槽内部的底流也越来越多,所以保证8h的澄清时间是必不可少的,以减少杂质离子富集,降低烧板的可能性。

2.2 降低槽电压

槽电压由 $ZnSO_4$ 的分解电压、电积液电阻电压降、阴阳极电阻电压降、阳极泥电阻电压降等几部分组成,具体构成见表1^[3]。

表1 槽电压平衡表

槽电压组成	消耗电压/V	占槽电压比值/%
$ZnSO_4$ 的分解电压	2.4~2.6	75~80
电积液电阻电压降	0.4~0.6	13~17
阳极电阻电压降	0.02~0.03	0.7~0.8
阴极电阻电压降	0.01~0.02	0.3~0.5
阳极泥电阻电压降	0.15~0.2	5~6
接触点电阻电压降	0.03~0.05	1~1.4

从表1可看出,降低任何一部分电压降,均可以减少槽电压,从而达到降低直流电耗的目的^[4]。硫酸锌分解电压与电积液锌离子浓度、电流密度、电积液温度等存在一定关系,阴阳极电阻电压降与极板本身材质有关,阳极泥电阻电压降和接触点电阻电压降则与日常操作有关。

1)加强掏槽和拍平。随着电积沉积的进行,电积槽底部的阳极泥会越来越深,附着于阳极板的阳极泥也会越来越厚,所以缩短掏槽周期,控制在16~20d以内,要保证电积槽底部阳极泥低于15cm,阳极板表面无明显阳极泥且板面平直。

2)保证搭接和极间距。当阴极行车起吊再次放入槽内时,阴极板和槽间导电铜排会存在偏差,需及时进行调整保证极板的搭接,避免出现错牙板现象;同时极板起吊之后必须保证极间距,以降低极板短路的情况。

3)合理控制酸锌比。由于生产为高酸高电流密度电积,所以酸锌比的掌控非常重要。在保证废

液含酸不超170g/L的前提下,酸锌比需控制在3.4~3.6,以降低电积液锌离子浓度,减小电阻。

4)控制槽温。通过对生产进行实时监测,发现电积电流大小、废液经过冷却塔数量、废液循环量是影响电积液温度最重要的原因。对电积液温度进行适当调整,可以降低直流电耗。阳极电位随温度的减小值为 $3.2\text{ mV}/^\circ\text{C}$,如果将液温由 36°C 提高到 46°C ,那槽电压将会减小32mV。世界各国的许多电锌厂都在努力提高废液温度,尤其日本,饭岛已将废液温度从 34°C 提至 44°C ,秋田从 40°C 提至 50°C ^[5]。文山锌铟将废液温度从 30°C 提至 $38\sim 41^\circ\text{C}$ 后,产量明显增加,电效从80%提至到了93%。

通过采取以上措施,在 $420\text{ A}/\text{m}^2$ 电流密度下,槽电压由 $3.50\sim 3.55\text{ V}$ 降至 3.40 V 。整改前后槽电压生产参数如表2所示。

表2 槽电压生产数据

日期	时间	温度/ $^\circ\text{C}$	酸锌比	槽电压/V
改进前	2018年10月	30	3	3.54
	2018年11月	30	3	3.53
	2018年12月	33	3.2	3.5
改进中	2019年1月	35	3.2	3.47
	2019年2月	37	3.3	3.45
	2019年3月	38	3.4	3.43
	2019年5月	39	3.5	3.42
	2019年7月	40	3.6	3.40
改进后	2019年9月	40	3.6	3.40
	2019年10月	40	3.6	3.40

3 降底阴阳极单耗的措施

1)优化阳极绝缘。在阳极板梁、板面、侧壁分别安装绝缘套、绝缘子和绝缘夹,采取全方位的绝缘防护措施,以避免短路现象,同时还可避免因阴、阳极短路导致的析出锌含铅高问题,以保证开槽期间和投产初期产出的锌片品质达到0#锌标准。

2)优化阴极防腐涂层。3.2m²的大极板对防腐涂层要求很高,生产过程中发现阴极板一般的防腐涂层只能使用3个月的时间,但经过不断改进防腐涂层的选用和搭配,目前已能使用10~15个月。

3)优化维修模式。阳极板在使用过程中易发生板梁弯曲、板面损坏的情况,公司自制了校梁工具,可及时校正阳极板梁;阴极板在使用过程中,粘

边条易脱落、板面易弯、梁易损坏、导电头易脱落,消耗较大,在使用过程中,可以将极板未损坏部位重新组合,废物利用,以降低阴极板和阳极板的单耗,降低生产成本。

4 精细化操作

1) 实现全自动剥锌。该公司是国内第一个实现全自动剥锌的冶炼厂,整个剥锌过程都是机械自动开口,自动剥离,不会对阴极板造成损坏,延长了阴极板使用寿命。

2) 加强刷板操作。如果阴极板面未刷洗干净,析出锌易出现串酸板,加强刷板作业可改善析出情况,并可降低直流单耗。生产过程中,阴极板导电头极易被铜绿和结晶覆盖,公司在刷板过后增加了蒸汽吹扫作业,将结晶物质吹扫干净,同时再用不锈钢丝刷刷洗导电头铜绿,以保证导电头的光滑度,增大导电头与槽间导电铜排的接触面。

3) 严格入槽检查。严禁附着残余锌片的阴极板入槽,否则会导致下次出槽残锌处发生质变,导致锌片难以剥离;严禁弯板入槽,否则会导致极间距发生突变,造成阴阳极短路,增大直流电耗,甚至发生在入槽过程中短路起火等情况;严禁绝缘条脱落极板入槽,否则会导致极板侧面析出锌,导致剥离困难并腐蚀极板。

5 效果分析

改进前后,锌电积能耗及产品质量对比情况见表3,经济效益分析如下所述。

表3 改进前后参数对比

技改状态	槽电压/V	吨锌直流电耗/kW·h	1#锌产量/t	0#锌产量/t	阳极板烧损率/%
改进前	3.5	3 360	13 587	0	1
改进后	3.4	3 060	0	13 587	0

1) 改进前后相比,2019年度析出吨锌直流电耗为3 060 kW·h,降低了 $(3\ 360 - 3\ 060) = 300$ kW·h,2019年生产10万t锌片,以每度电0.33元计算,共计节约生产成本费用: $300 \times 0.33 \times 100\ 000 = 9\ 900\ 000$ 元。

2) 改进后投产前三个月,该公司共产出0#锌片13 587 t,若1#锌和0#锌价差按100元/t计,累计增效1 358 700.00元。

3) 投产初期投入阳极板11 040片,阳极板单价9 800元/片,常规开槽按1%的阳极损耗率计,此处可节约1 081 920.00元 $(11\ 040 \times 1\% \times 9\ 800)$ (正常生产期间的阳极单耗节约未计入)。

6 结论

文山锌钢投产初期,吨锌直流电耗持续偏高,并对生产造成极大影响,公司从工艺控制、现场管理和精细化操作等方面进行优化改进,经过4个多月的调整,吨锌直流电耗逐渐降低至3 060 kW·h,实现了100%的0#锌产出率,大幅降低了生产成本,增加了企业经济效益。

直流电单耗是锌电积生产中最重要经济技术指标,降低直流电耗是公司和车间的首要任务,各公司需根据生产实际情况,合理采取调整酸锌比,控制适宜温度,优化工艺技术参数和精细化操作等措施,以提高电流效率,降低槽电压,从而达到降低电能消耗和阴阳极板单耗的目的。

[参考文献]

- [1] 李洪桂. 湿法冶金学[M]. 长沙:中南大学出版社,2002.
- [2] 唐守层. 降低锌电解直流电耗生产实践[J]. 湖南有色金属,2004,20(3):22-24.
- [3] 《铅锌冶金学》编委会. 铅锌冶金学[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [4] 陈匡义,周玉林. 降低锌电积直流电耗的生产实践[J]. 湖南有色金属2018,34(1):35-37.
- [5] 单维林. 锌电解能耗分析及节能对策[M]. 有色金属,1989.

(下转第53页)

实际情况的区别,皂化工艺存在些许差异,但由于铜属于高价值稀有金属,为实现铜的高效回收,此工艺值得相关领域的技术人员持续深入研究。

[参考文献]

- [1] 王树凯. 铜冶金[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007: 3-5.
- [2] Sarkar M B, Mondal A, Choudhuri B. Presence of capacitive memory in indium doped TiO₂, alloy thin film[J]. *Journal of Alloys and Compounds*, 2016, 654(5): 529-533.
- [3] 林丰, 李建武. 浅析中国铜资源特点及产业现状[J]. *地质论评*, 2016, 62(S1): 9-10.
- [4] Sawai H, Rahman I M M, Tsukagoshi Y, et al. Selective recovery of indium from lead-smelting dust[J]. *Chemical Engineering Journal*, 2015, 277(1): 219-228.
- [5] 袁铁锤, 陶政修, 周科朝. 提高含铜锌精矿中铜回收率的方法[J]. *中南大学学报(自然科学版)*, 2006, 37(5): 874-877.
- [6] LI Xingbin, DENG Zhigan, LI Cunxiong, et al. Direct solvent extraction of indium from a zinc residue reductive leach solution by D2EHPA[J]. *Hydrometallurgy*, 2015, 156: 1-5.
- [7] Virolainen S, Ibane D, Paatero E. Recovery of indium from indium tin oxide by solvent extraction[J]. *Hydrometallurgy*, 2011, 107(1): 56-61.
- [8] 郭小东, 魏昶, 李兴彬, 等. 次氧化锌酸性浸出液中萃取分离铜的工艺[J]. *中国有色金属学报*, 2017, 27(12): 2590-2597.
- [9] 邱伟明, 奚长生, 丘秀珍, 等. 从治锌工业废渣中提取镓和铜[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2017(5): 28-32.
- [10] 王一, 张一敏, 黄晶, 等. P204 萃取石煤提钒酸浸液乳化的成因研究[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2013(11): 25-28.
- [11] 刘红, 张一敏, 刘涛, 等. 皂化 P204 优化钒萃取工艺研究[J]. *有色金属(冶炼部分)*, 2016(5): 17-21.

Study on the saponification process of aging P204 in indium extraction system

LI Yun, ZHU Bei-ping, CHENG Shi-xiong, LI Yong-fu, XU Zhi-jie

Abstract: P204 is an acidic extractant commonly used by indium recovery companies. For the aging P204 in indium extraction systems, most companies adopt the method of direct disposal or simple treatment. After a simple treatment, the extraction capacity of P204 is not significantly improved. And there are no systematic studies on the saponification process of aging P204 in the literature. In view of the saponification process of aging P204 in indium extraction system, the effects of sodium hydroxide concentration, temperature, time, stirring intensity and ratio on the saponification regeneration of aging P204 were investigated in the paper. The optimum conditions for saponification regeneration of aging P204 are determined as follows: sodium hydroxide concentration 100 g/L, temperature 70 °C, time 30 min, stirring intensity 60 r/min, and O/A ratio = 1.0. Under these conditions, aging P204 basically restored its original extraction ability, and the extraction rate of indium is more than 99%.

Key words: indium extraction; aging P204; saponification process; regenerate

(上接第 39 页)

Production practice of energy saving and consumption reduction of zinc electrowinning

YANG Yuan, CHEN Xian-you, YAO Ying-xiong

Abstract: In the initial production period of Yunxi Wenshan Zinc Indium Smelting Co. Ltd., the DC power consumption per ton of zinc continued to be high, above 3 200 kW·h. At the same time, there were problems such as short-circuiting of the anode plate, increased production costs, and producing a large number of 1[#] zinc flakes. The company has optimized and improved from process control, on-site management and refined operations. After more than 4 months of adjustment, the DC power consumption per ton of zinc has gradually been reduced to 3 060 kW·h, and achieved a 100% zinc output rate of 0[#]. The production cost is greatly reduced, and the economic benefit of the company is increased. This article describes the specific measures and the data before and after the improvement in detail, in order to provide a reference for related companies.

Key words: zinc electrowinning; DC power consumption; anode plate short circuit; production cost; quality of zinc flake