

锌氧压浸出硫回收率影响因素分析及提升措施

杨 泽, 解万文, 沈 强, 李多吉

(西部矿业股份有限公司锌业分公司, 青海 西宁 811600)

[摘 要] 锌氧压浸出工艺最大优势在于副产品是固体硫磺而非硫酸, 可以从根本上解决传统工艺带来的硫酸滞销问题和 SO_2 污染。某锌冶炼企业采用锌氧压浸出工艺, 在初期进行硫回收工序时, 硫磺产量低, 大部分的硫未得到有效回收, 进入尾矿渣中, 造成硫损失和尾渣处理难度大的问题。该企业系统分析了氧压浸出工艺过程, 通过控制工艺参数和提高二段浸出渣中硫精矿的粒度提高了氧压浸出过程中的硫转化率, 通过控制矿浆浓度、矿浆粒度、浮选槽风量等提高了浮选过程中的硫回收率, 通过规范过滤操作、保障熔硫池温度等措施提高了后续工序的硫回收率。该企业采取改进措施以后, 总硫回收率从 45% 提高至 71%, 可为同类企业提高硫回收率提供参考。

[关键词] 锌氧压浸出; 浸出渣; 高硫精矿; 硫回收; 硫转化率; 硫酸化率

[中图分类号] TF803

[文献标志码] B

[文章编号] 1672-6103(2022)02-0050-04

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2022.02.008

硫化锌精矿氧压浸出工艺是将硫化锌精矿不经焙烧直接加入氧压釜中, 在一定温度(145 ~ 155 °C)和压力(1 100 kPa)下, 用氧气作氧化剂、废电解液作浸出剂、铁作催化剂, 直接把硫化锌氧化成硫酸锌溶液, 部分铁进入硫酸锌溶液, 经中和除铁后进入后续工序处理。锌精矿中硫化物型的硫被氧化成元素硫留在浸出渣中^[1], 分离后的浸出渣经浮选、带式过滤、熔硫、热过滤、制粒等工序产出硫磺, 以回收元素硫。

锌氧压浸出工艺最大的特点在于副产品是便于储存和输送的固体硫磺而非传统工艺的副产品硫酸, 可以从根本上解决传统工艺带来的硫酸滞销问题和 SO_2 污染, 同时副产品硫磺可以为企业带来可观的经济效益^[2]。行业中锌精矿氧压浸出渣一般采用火法处理富集回收其中的有价金属^[3], 硫回收率过低将造成尾矿渣和硫渣含硫高, 在火法处理过程中渣中硫升华后冷凝在熔炼炉烟道内易堵塞烟道; 另一方面, 渣中过高的硫将在熔炼过程产生过多

的 SO_2 , 增加环保难度, 增加制酸生产负荷。

某锌冶炼企业在初期进行硫回收工序时, 硫磺产量低, 大部分的硫未得到有效回收, 进入尾矿渣中, 造成尾矿渣含硫高, 尾矿渣渣量大, 渣处理难度加大, 渣处理能力受限, 严重制约主系统产能的提升。该企业针对锌冶炼硫回收率低的问题, 对氧压浸出工艺进行了系统分析, 找出影响硫转化率和回收率的影响因素, 并采取了改进措施, 系统进行改进后, 硫回收率可达到设计标准, 硫磺产量达到 140 t/d。

1 锌氧压浸出工艺

锌氧压浸出工艺是将硫化锌精矿不经焙烧直接加入氧压釜中, 在一定温度和压力下, 用氧气作氧化剂、废电解液作浸出剂、铁作催化剂, 直接把硫化锌氧化成硫酸锌溶液和硫单质的工艺。硫酸锌溶液经中和除铁、三段净化、电积和熔铸工序产出锌锭。原料中的硫、铅等则留在渣中。分离后的渣经浮选、熔硫、热滤回收元素硫, 产出副产品硫磺。目前锌氧压浸出工艺因其流程短、对环境友好, 已得到行业的广泛认可和应用。

2 硫回收率影响因素分析及提升措施

在锌氧压浸出工艺中, 影响硫回收率的因素有

[收稿日期] 2021-11-02

[作者简介] 杨泽(1989—), 男, 甘肃武威人, 冶金工程师, 主要从事湿法炼锌生产技术管理工作。

[引用格式] 杨泽, 解万文, 沈强, 等. 锌氧压浸出硫回收率影响因素分析及提升措施[J]. 中国有色冶金, 2022, 51(2): 50-53, 60.

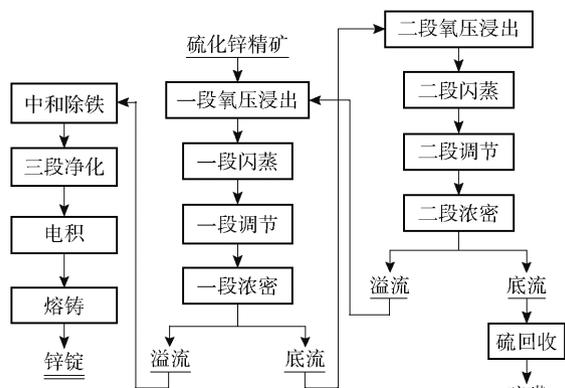


图1 锌氧压浸出工艺流程

Fig.1 Process flow of zinc-oxygen pressure leaching

很多,除了氧压浸出过程中的硫转化率外,还有硫回收工序中的浮选回收率、带式过滤过程损失、熔硫环节损失、热滤渣损失等。

2.1 氧压浸出过程中硫的转化率

氧压浸出过程中硫化锌精矿中大部分硫转化为硫单质进入浸出渣中,通常只有少量的硫被氧化成硫酸盐^[4]。在高温、高氧分压、长反应时间、低酸度、细硫颗粒粒度的条件下有助于硫转化成硫酸盐^[5],从而降低硫单质的转化率,降低硫回收率。

为了提升硫回收率,需要抑制精矿中的硫转化成硫酸盐。生产实践中,为兼顾合适的锌浸出率和较低的硫酸化率,将氧压浸出反应温度控制在 150 ℃,反应釜的压力控制在 1 100 kPa,一段反应时长控制在 90 min,二段反应时长控制在 130 min,一段终酸浓度控制在 3 g/L,二段终酸浓度控制在 20 g/L。

二段浸出渣中硫精矿的粒度对锌浸出率影响较小,故生产实践中通过调整氧压浸出工艺参数将二段浸出渣中硫精矿颗粒的粒度由 90 μm 提升至 130 μm,但粒度超过 120 μm 后,在浮选过程中粗颗粒硫会下沉,造成浮选回收率大幅降低,这就需要在硫回收工序浮选后增加一台高频振动筛,用于补收浮选尾矿中粒度较粗的硫精矿。通过上述调整和改造,硫转化为硫单质的效率明显提高,硫精矿颗粒粒度与硫回收率的关系见图 2。由图 2 可知,总硫回收率由 55% 提高至 65%。

2.2 浮选过程中硫的回收率

浮选过程是一个复杂的多相、多态、多输入输出、耦合关联的系统。影响最终产品质量的参数因素有很多,包括:原矿品位、磨矿方法、磨矿细度、矿

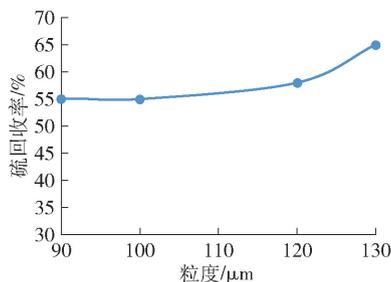


图2 硫回收率与硫精矿粒度关系

Fig.2 Relationship between sulfur recovery rate and sulfur concentrate particle size

浆浓度、矿浆粒度、给矿速率、浮选液位、温度、pH 值、药剂类型、药剂量、反应时间、风量、风压等^[6]。在实际浮选过程中,矿浆的性质、搅拌速度、矿浆浓度、粒度及浮选过程的药剂、pH 值等直接影响浮选效果^[7]。因硫疏水性较好,一般不需要添加药剂就可实现较高的浮选回收率。试验研究选择硫浮选过程中可以调控的参数如浮选矿浆浓度、矿浆粒度、浮选风量、浮选槽泡沫层厚度等,并做了现场操作经验总结,分析这些因素对硫回收率的影响。

2.2.1 浮选矿浆浓度

浮选矿浆浓度对硫回收率的影响较大,试验结果见图 3。由图 3 可知,浮选矿浆质量浓度在 25% ~ 35% 时,浮选硫回收率最佳,浮选矿浆浓度过高或过低均不利于提高硫回收率。

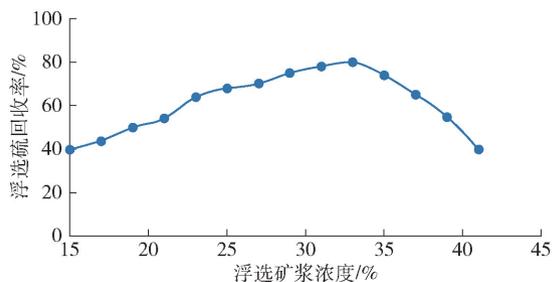


图3 浮选回收率与浮选矿浆浓度关系

Fig.3 Relationship between flotation recovery rate and floated ore slurry concentration

改进措施:将浸出渣直接浮选工艺流程进行了改造:二段浸出渣不再直接进入浮选槽浮选,增加了 3 台 400 m² 的压滤机将二段浸出渣通过压滤,滤饼在浆化槽加入洗滤布水进行浆化调浆,将进浮选槽的矿浆质量浓度控制在 25% ~ 35%。改造后,浮选硫回收率由 55% 提高至 72%。

2.2.2 浮选矿浆粒度

浮选矿浆粒度对硫回收率的影响较大,试验结果见图4。

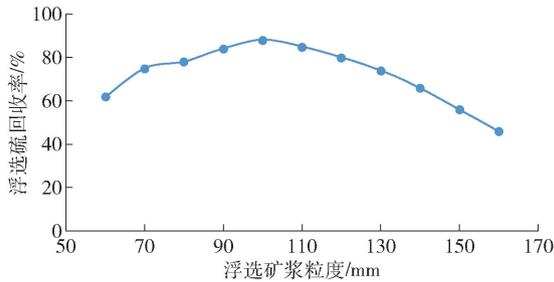


图4 浮选回收率与浮选矿浆粒度关系

Fig. 4 Relationship between flotation recovery rate and ore slurry particle size

由图4可知,硫精矿的粒度在90~120 μm时,浮选环节硫回收率最佳。浮选矿浆粒度过大,造成硫精矿在浮选槽内沉积,难以附着在浮选气泡表面浮出;硫精矿粒度过细,造成矿浆泥化,硫精矿和尾矿难以分离。合适的粒度硫精矿的存在使得粗粒硫具有载体作用,背负细粒上浮,增大了细粒的可浮性^[8],提高了硫的回收率。

改进措施:将浸出渣中硫精矿的粒度控制在90~120 μm。措施实施后浮选硫回收率由72%提升至83%。

2.2.3 浮选槽风量

生产实践经验表明,浮选风量过大会造成浮选槽内翻浆,硫精矿与氧化物渣难以分离,浮选精矿品位降低,影响带式过滤机处理量;浮选风量过小,没有足够多的气泡浮出,硫精矿颗粒难以附着在气泡表面浮出,引起硫精矿在浮选槽内沉积,与浮选尾矿一同排出浮选槽,降低了硫回收率。通过生产实践,总结出浮选单槽风量在170~180 Nm³/h最佳,可保证有足够的气泡满足硫精矿附着浮出又不至于造成浮选槽内液面翻腾而降低硫精矿品位。

2.2.4 浮选泡沫层

生产实践经验表明,浮选泡沫层过厚,浮选刮板只能刮掉泡沫表层颗粒较细的硫精矿,难以触及随气泡一起浮出的粗粒级硫精矿,造成在浮选槽内硫精矿富集,浮选泡沫层逐步消失,影响硫回收率;浮选泡沫层过薄,硫精矿和氧化物渣一同被刮除,降低了硫精矿的品位。通过生产实践,将粗选和精选泡沫层控制在20~40 cm,扫选泡沫层厚度在10 cm左

右,得到了较高的硫回收率和品位较高的硫精矿。浮选硫回收率从83%提高至85.5%,硫精矿硫含量由80%提升至85%以上。

2.3 带式过滤过程中的硫损失

在硫精矿带式过滤中,滤饼通过带式过滤机末端的刮刀剥离,粘在滤布上的硫精矿经水洗后进入洗滤布水中,洗滤布水量为600 m³/d,洗滤布水中含硫精矿4%左右,洗滤布水处置不当将会造成硫损失。为避免带式过滤过程中的硫损失,同时避免系统体积增加,通过采用硫回收系统内的浓密机上清液替代工艺水来清洗滤布,洗完滤布后的洗水用于调节浮选矿浆的浓度。洗滤布水在硫回收系统内部循环,很好地避免了因带式过滤机洗滤布水处理不当而造成的硫损失,此部分对总硫回收率的影响在14%左右。此外,硫精矿带式过滤机滤布的选择对硫回收率很关键,带式滤布透气率越差,液固分离效果越差,直接影响硫精矿液固分离的效率和硫精矿的处理能力,也会影响硫回收率。

2.4 熔硫池温度

熔硫池的温度能否满足前道工序产出的硫精矿的融化需求,直接决定硫精矿能否转化为硫磺的能力。熔硫池温度过低将导致熔硫池内结块,致使产出的硫精矿不能全部加入熔硫池,只能输送至渣场堆存。此外,熔硫池温度过高或过低均会导致熔融硫流动性变差,致使热过滤过程中熔融硫附着在滤渣中的量增加。因此熔硫池最佳温度应控制在135~145℃。硫精矿的水分、熔硫池内换热器合理的换热面积、换热器内过热冷凝水是否能够有效排出等对保障熔硫池温度均至关重要。

生产实践中,通过定期清理带式过滤机洗滤布水喷头以保证滤布清洁、透气率良好;通过调整带式过滤机滤饼厚度在1.5 cm左右,同时采用合适的真空度,以保证硫精矿水分控制在12%以内;增加熔硫池盘管换热器的数量,同时将换热蒸汽压力提升至700 kPa;定期排出盘管中的冷凝水等,使得熔硫池的温度得到较好的控制,满足了产出的硫精矿全部进入熔硫池。总硫回收率从65%提升至69%左右。

此外,某企业通过下沉换热器以减少其底部至池底的距离50~1000 mm的方法增加了换热器有效换热面积,同样也达到了提升熔硫池温度的效果^[9]。

2.5 热滤渣的量和渣含硫

热滤过程中热滤渣的渣量和含硫量是影响硫回收率的重要因素。某企业通过分析解决硫精矿硫品位低、硫化渣渣量高及硫精矿酸及硫酸盐含量高等问题提高了熔硫产能^[10]。

为提高硫精矿品位,企业通过调整浮选工艺使产出的硫精矿品位保持在85%以上。另外,用液碱替代石灰中和硫精矿中的酸,在带式过滤机入料端2 m处加装液碱洗涤喷淋头,将硫精矿中的酸中和,使硫精矿中的可溶锌尽可能多地进入滤液,有效降低了热滤渣的量。

针对热滤渣含硫高的问题,通过在热滤机入料口加装蒸汽吹扫管,在热过滤机过滤结束后用蒸汽吹扫滤饼中的熔融态硫,将热滤渣硫含量从60%降低至50%,有效降低了热滤渣引起的硫损失,提高了硫回收率,总硫回收率提升了2.5%。

3 结语

通过将二段浸出渣中硫精矿颗粒的粒度由90 μm提升至130 μm,同时引进高频振动筛对浮选尾矿中的粗颗粒硫精矿进行捕收;通过压滤浆化将浮选矿浆浓度控制在25%~35%;浮选单槽风量控制在170~180 Nm³/h;粗选和精选泡沫层控制在20~40 cm,扫选泡沫层厚度在10 cm左右;通过改造实现洗滤布水在硫回收系统内部循环;降低硫精矿含水量,增加盘管换热面积,提高换热蒸汽压力至700 kPa,将熔硫池温度控制在135~145℃;硫精矿碱洗和滤饼吹扫等措施,提高了锌精矿氧压浸出中的硫回收率,总硫回收率从45%提高至71%。本文为锌精矿氧压浸出中提高硫回收率提供参考。

[参考文献]

- [1] COLLINS M J, KALANCHEY R J, MASTERS I M, 等. 高海拔下锌的高浸出率——谢里特为中国西部矿业公司进行的锌氧压浸出研究[J]. 中国有色冶金, 2009, 38(3): 16-21.
- COLLINS M J, KALANCHEY R J, MASTERS I M, et al. Sherritt zinc pressure leach study for China Western Mining Company: high zinc extraction at high altitude [J]. China Nonferrous Metallurgy, 2009, 38(3): 16-21.
- [2] 全一喆, 严浩, 袁启奇. 湿法炼锌工程方案比选[J]. 有色冶金设计与研究, 2018(2): 16-18.
- TONG Yizhe, YAN Hao, YUAN Qiqi. Scheme comparison and se-

lection for zinc hydrometallurgy projects[J]. Nonferrous Metallurgy Design and Research, 2018(2): 16-18.

- [3] 王振银, 高文成, 温建康, 等. 锌浸出渣有价金属回收及全质化利用研究进展[J]. 工程科学学报, 2020, 42(11): 1400-1410.
- WANG Zhenyin, GAO Wencheng, WEN Jiankang, et al. Research progress in the recovery of valuable metals from zinc leaching residue and its total material utilization [J]. Journal of Engineering Science, 2020, 42(11): 1400-1410.
- [4] 邓孟俐. 硫化锌精矿加压浸出元素硫的形成机理及硫回收工艺的研究[J]. 工程设计与研究, 2008(2): 19.
- DENG Mengli. Formation mechanism of elemental sulfur in pressure leaching of zinc sulfide concentrate and research on sulfur recovery process [J]. Engineering Design and Research, 2008(2): 19.
- [5] 全一喆, 陈龙义. 硫化锌精矿加压氧浸工艺的酸平衡分析[J]. 湖南有色金属, 2012(2): 38-39.
- TONG Yizhe, CHEN Longyi. Analyses of acid balance in the oxygen pressure leaching of ZnS concentrate [J]. Hunan Nonferrous Metals, 2012(2): 38-39.
- [6] 秦靖柯. 基于多源数据的矿物浮选过程预测模型的研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2019.
- QIN Jingke. Research on prediction model of mineral flotation process based on multi-source data [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2019.
- [7] 王驰. 矿浆流变特性对铝土矿浮选脱硫的影响研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2020.
- WANG Chi. Effect of pulp rheology on desulfurization of bauxite flotation [D]. Guiyang: Guizhou University, 2020.
- [8] 邱冠周, 胡岳华, 王淀佐. 微细粒赤铁矿载体浮选机理研究[J]. 有色金属, 1994(4): 23-28.
- QIU Guanzhou, HU Yuehua, WANG Dianzuo. Mechanism of carrier flotation of ultrafine hematite [J]. Nonferrous Metals, 1994(4): 23-28.
- [9] 刘新元, 胡东风. 锌精矿氧压浸出渣熔硫工业生产改造实践[J]. 中国有色冶金, 2013, 42(4): 29-30.
- LIU Xinyuan, HU Dongfeng. Transformation practice of melting sulfur industrial production of oxygen pressure leaching residue of zinc concentrate [J]. China Nonferrous Metallurgy, 2013, 42(4): 29-30.
- [10] 陈吉阳. 锌氧压浸出浮选硫精矿熔硫产能提升的实践[J]. 有色冶金设计与研究, 2017, 38(6): 18-20.
- CHEN Jiyang. Operation practice of sulfur melting capacity increase in oxygen pressure leaching process of flotation sulfur concentrate [J]. Nonferrous Metallurgy Design and Research, 2017, 38(6): 18-20.