

Industrial Practice of Technological Transformation of Zinc Secondary Resource Production Process for Electric Zinc Production

Fanshun Zeng Bingzhou Huang Weiping Jiang

Qinghai Huaxin Renewable Resources Co., Ltd., Xining, Qinghai, 811600, China

Abstract

An analysis was conducted on the imperfect leaching process, shortcomings in the leaching and purification processes, insufficient circulation in the electrolysis process, poor cooling ability of the waste liquid circulation, low electrolysis efficiency, low casting yield, and high chlorine content in the floating slag in the zinc secondary resource recovery production process of a certain company. These problems led to low output, poor economic and technical indicators, and high processing costs in the zinc production system; By improving the leaching process in the zinc production system, optimizing the chlorine and iron removal processes, adding purification solution cooling towers and purification slag washing processes, improving the inlet of the electrolytic circulation pump and transforming the waste liquid cooling tower, adding anode plate flatbed machines, improving the process equipment of melting and casting slag, strengthening operational training and other auxiliary measures, stable production operations have been achieved, and the problems of low output, poor technical indicators, and high processing costs in the zinc production system have been solved.

Keywords

Chlorine removal; oxidation and iron removal; waste liquid cooling tower; flat plate machine

锌二次资源生产电锌流程技术改造工业实践

曾繁顺 黄炳宙 蒋卫平

青海华鑫再生资源有限公司, 中国·青海 西宁 811600

摘 要

分析了某公司锌二次资源回收电锌生产工艺中存在的浸出工艺不完善、浸出除杂工序及净化工序存在短板、电解工序存在循环量不足、废液循环降温能力差、电解电效低、熔铸直收率低及浮渣含氯高等工艺、设备问题,导致电锌生产系统存在产量低,经济技术指标差,加工成本高等问题;通过对电锌生产系统中浸出工序进行工艺完善、优化除氯及除铁工艺、增加净化溶液冷却塔和净化渣洗涤工艺、改善电解循环泵进液和改造废液冷却塔、增加阳极板平板机,改良熔铸造渣等工艺设备优化,加强操作培训等辅助措施,稳定生产操作,解决了电锌生产系统产量低、技术指标差和加工成本高的问题。

关键词

除氯;氧化除铁;废液冷却塔;平板机

1 引言

某公司是以再生资源回收利用、技术研发、新材料技术研发为主,集生产、科研、销售于一体的再生资源回收企业,以锌二次资源为原料生产电锌,2017年现公司收购该项目后,重新进行规划,编制可研进行改造,改造后规模为5万吨/年,由于当初改造时设计存在不足,导致2021年投产后,实际产能一直徘徊在2万吨以下,导致生产成本居高不下,亏损严重,严重制约着企业的可持续发展。2022年底,根据公司湿法系统存在的瓶颈问题,系统杂质高,电锌生产

不能提高负荷,直接导致生产成本高的现状,公司提出了电锌湿法生产系统升级改造方案,决定对其进行升级改造^[1]。改造工作从2023年的6月18日开始,至9月15日结束,电锌湿法生产系统升级技改后投入使用,产能及各项经济技术指标取得了显著进步。

2 改造前存在的问题

2.1 改造前生产工艺介绍

某公司电锌生产系统主要原料是以次氧化锌粉为原料焙砂生产的二次焙砂,二次焙砂处理工艺为焙砂通过高位料仓进入中浸反应槽,中浸采用5个反应槽连续生产,中浸矿浆进入中浸浓密机进行澄清固液分离,底流压滤浆化后进入高浸反应槽,高浸采用3个反应槽间断生产,高浸反应压滤液返回中浸使用,高浸压滤渣经皮带输送至火法处理系统处

【作者简介】曾繁顺(1981-),男,中国广西桂林人,工程师,从事铅锌冶炼生产、环保管理研究。

理；中浸溢流和底流压滤液进入到氧化除铁工序，除铁采用 6 个反应槽间断生产，采用双氧水进行氧化除铁，石粉中和，除铁压滤渣压滤后经皮带输送到火法系统处理，除铁滤液进入除氯工序，除氯工序采用 3 个反应槽间断生产，除氯渣经碱洗再生后返回除氯使用，碱洗废水送污水站处理，除氯滤

液输送到净化工段间断生产，经过一段净化除铜镉、二段净化除砷锑、三段净化除钴镍、四段净化除有机物后进入到电解工段产出锌片，电解采用 3.2m² 大极板生产和自动行车出槽，为使用氧化锌为原料的行业内首家企业，锌片送到熔铸工段产出国标 1# 锌锭。工艺流程图如图 1 所示。

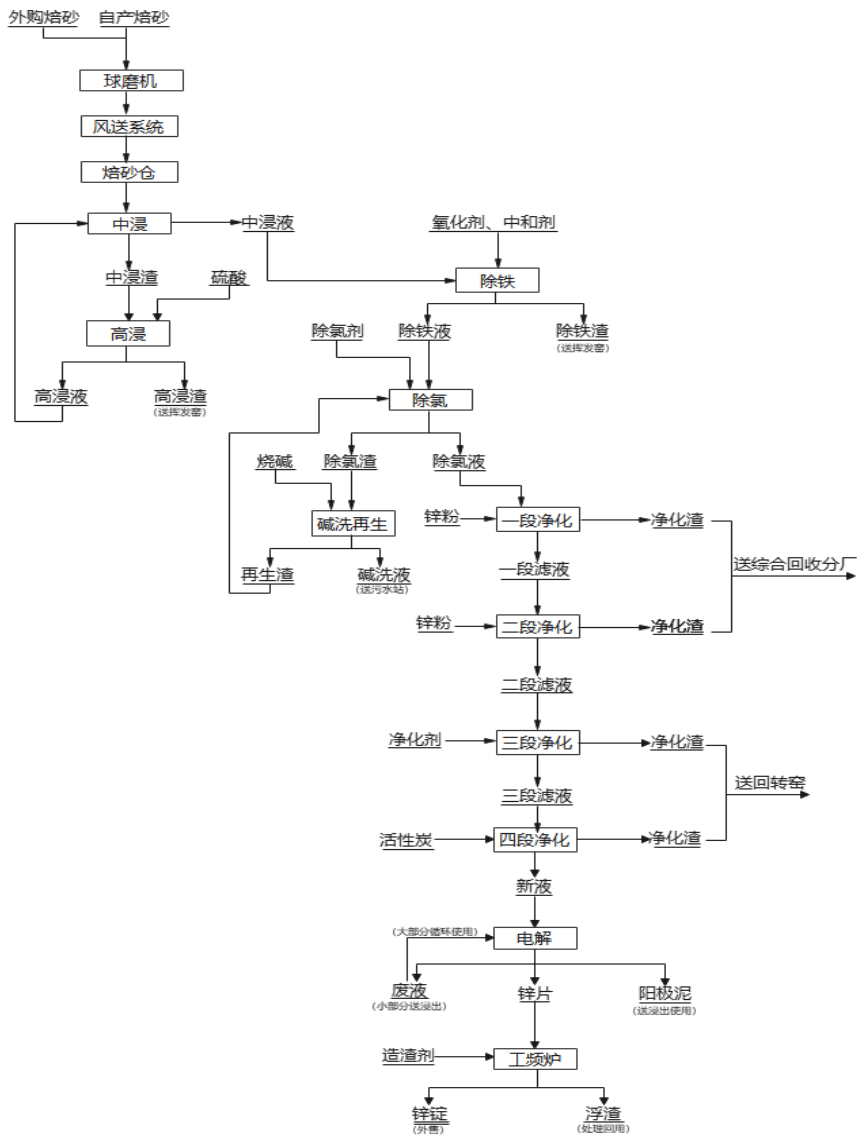


图 1 改造前工艺流程图

2.2 主要存在问题

改造前由于电锌生产存在浸出工艺不完善、净化工艺存在短板、电解电效低等问题，导致产量提不上去，生产加工成本居高不下。

2.2.1 二次焙砂浸出工艺不完善

改造前二次焙砂浸出工艺配置只能满足两段浸出需求，只有中浸和高浸，造成高浸渣渣率和渣含锌偏高，影响焙砂至锌片的锌金属直收率，改造前焙砂浸出指标见表 1。

表 1 改造前焙砂浸出指标

时间	高浸渣率 (%)	高浸渣含锌 (%)	焙砂至锌片回收率 (%)
2023 年 1 月	31.80	15.98	79.56
2023 年 2 月	28.69	16.11	80.14
2023 年 3 月	43.47	15.26	81.21
2023 年 4 月	46.09	16.66	79.43
2023 年 5 月	37.09	16.26	78.58
均值	37.43	16.05	79.78

2.2.2 浸出除杂工艺待优化

浸出工序的除杂工艺主要包括氧化除铁和除氯工序，改造前氧化除铁采用双氧水氧化、石粉中和进行间断生产操作，除铁渣未经洗涤直接进入回转窑，造成渣率高和渣含锌高，影响焙砂至锌片的锌金属直收率；除氯工序采用硫酸铜除氯工艺间断生产模式，除氯铜碱洗再生工艺因设备配置不足而共用压滤机和酸洗、碱洗反应槽，导致碱洗效果差，片碱消耗大，同时除氯效果差导致系统含氯高，对设备腐蚀和阴阳极板腐蚀严重^[2]。上述两个工艺采用间断生产模式，影响生产处理量，限制了产能的提升，改造前除氯、除铁指标见表 2。

表 2 改造前除氯、除铁指标

时间	除铁渣率 (%)	除铁渣含锌 (%)	除铁石灰单耗 (kg/t)	片碱单耗 (kg/t)	废液含氯 (g/L)
2023 年 1 月	40.70	12.24	150	27	2.5
2023 年 2 月	45.11	12.86	192	42	2.6
2023 年 3 月	40.70	12.44	182	35	2.8
2023 年 4 月	52.84	10.23	228	27	2.4
2023 年 5 月	45.23	11.07	210	20	2.7
均值	44.92	11.77	192	30	2.6

2.2.3 净化工艺不完善

改造前净化生产采用间断式四段净化工艺，生产中存在处理量不足、新液温度高、有机物吸附效果差、锌粉加入易被吸入烟管中、三四段净化渣直接送回转窑处理导致锌损失大灯问题，一、二段渣因设备配置不足长期堆存在仓库，不仅积压金属，还带来环保隐患，改造前三、四段渣含锌及有机物吸附效率见表 3。

表 3 改造前三、四段渣含锌及有机物吸附效率

时间	三段渣含锌 (%)	四段渣含锌 (%)	三、四段渣渣率 (%)	有机物吸附效率 (%)
2023 年 1 月	30.90	20.38	5.69	35
2023 年 2 月	28.28	16.95	5.84	40
2023 年 3 月	28.05	27.23	5.32	38
2023 年 4 月	28.38	22.32	5.26	36
2023 年 5 月	27.16	15.88	5.74	34
均值	28.55	20.55	5.57	36.6

2.2.4 电解废液循环方式不能满足流量要求

改造前电解循环泵进液端采用虹吸模式进液，由于虹吸模式溶液流动速度慢，导致虹吸桶和虹吸管结晶速度快，堵塞严重，导致电解循环量提不起来，严重影响电解产能提升，改造前的循环泵连接方式如图 2 所示。

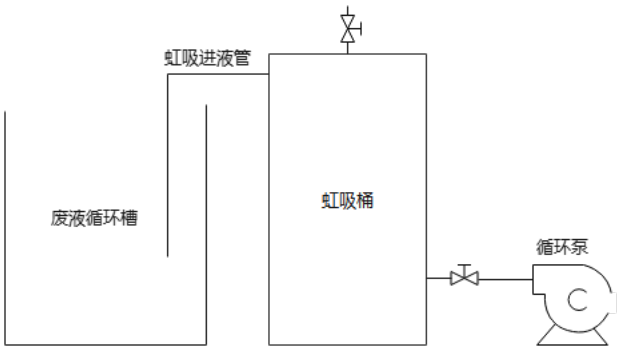


图 2 改造前的循环泵连接方式

2.2.5 电解废液循环冷却塔降温效果差

锌电解过程中槽温控制是确保电解系统平稳运行的重要条件，也是影响锌片质量、产能、成本的重要因素。在锌电解过程中，由于电热效应使电解液温度不断升高，根据锌电解液易腐蚀、结晶的特点，为了保证稳定的电解温度，一般采用具有较好捕滴能力的强制鼓风逆流喷液的空气冷却塔，即空冷塔。

改造前电解配置 4 台 F=50m² 的空气冷却塔，但是风机仅仅配置为 22×10⁴m³/h，风量严重不足，而且由于冷却塔的喷淋系统为老式树枝结构，喷淋喷头规格为 φ50mm，非常容易堵塞，清理周期为 15 天左右，导致电解槽温失控，严重影响电解生产组织，随着电解产能的提升，老式空冷塔的冷却能力已满足不了生产要求，特别是在夏季生产高峰期，随着环境气温的升高及系统负荷的增加，系统槽温控制愈加困难，限制了电解系统产能的提升，改造前电解指标见表 4。

表 4 改造前电解指标

时间	电解动力电单耗 (kWh/t)	电解直流电单耗 (kWh/t)	锌片产量 (t)
2023 年 1 月	253.11	4164.05	2218.09
2023 年 2 月	249.44	4257.26	2105.69
2023 年 3 月	245.23	4099.70	1962.50
2023 年 4 月	296.92	3801.62	2341.05
2023 年 5 月	225.31	3651.59	2242.24
均值	254.00	3994.85	2173.91

2.2.6 锌电解电效低

由于电解工序锌电积采用 3.2m² 大尺寸极板，未配置机械平板设施，人工平板难以满足生产要求，导致形成较多的接触板，致使电解电效降低，改造前电解电效见表 5。

表 5 改造前电解电效

项目	2023 年 1 月	2023 年 2 月	2023 年 3 月	2023 年 4 月	2023 年 5 月	均值
电效 (%)	74	75	74	75	75	74.6

2.2.7 熔铸锌浮渣含氯高

在锌片采用工频炉熔铸锌锭冶炼中，锌液铸成锌锭加入氯化铵进行造渣，氯化铵的作用在于与浮渣中的氧化锌发

生如下反应：



生成氯化锌熔点低（约 318℃），因而破坏了浮渣中的氧化锌薄膜，使浮渣颗粒中的锌露出新鲜表面而聚合成锌液，减少浮渣中带走的锌，从而提高直收率。但是由于浮渣层的温度比锌液层温度低，氯化铵造的浮渣含氯较高，对浮渣的后续返回湿法系统使用带来困难，含氯浮渣只能返回火法系统处理，改造前熔铸指标见表 6。

表 6 改造前熔铸指标

时间	熔铸直收率（%）	氯化铵单耗（kg/t）	浮渣含氯（%）
2023 年 1 月	90.77	1.5	1.54
2023 年 2 月	94.93	1.0	1.58
2023 年 3 月	95.00	1.2	1.48
2023 年 4 月	96.09	1.2	1.43
2023 年 5 月	94.78	1.3	1.36
均值	94.31	1.3	1.48

3 技术升级改造方案

本次技术升级改造主要围绕解决全氧化锌生产电锌中的三大难题展开，重点突破提高锌直收率、除氯效率、氧化除杂效率和除有机物效率等问题，实现产能的提升和生产成本的下降。

3.1 完善浸出工艺配置

焙砂浸出工艺由原来的中浸—高浸，改为中浸—低浸—高浸三段浸出^[1]，增加中浸 2 台 F=200m² 压滤机、φ3×3m 浆化槽 2 个及配套搅拌机、输送泵、电动葫芦 2 台；低浸压滤增加 2 台 F=160m² 压滤机，φ3×3m 浆化槽 2 个及新增 1 套配套搅拌机、输送泵，目的是为了降低高浸渣渣率和渣含锌，提高焙砂中锌的浸出率，改造后的浸出工艺流程为焙砂通过高位料仓进入中浸反应槽，中浸采用 5 个反应槽连续生产，中浸矿浆进入中浸浓密机进行澄清固液分离，底流压滤浆化后进入低浸反应槽，低浸采用 3 个反应槽间断生产，低浸滤液返回中浸使用，低浸渣压滤后经浆化送高浸反应槽，高浸采用 3 个反应槽间断生产，高浸反应压滤液返回低浸使用，高浸压滤渣经皮带输送至火法处理系统处理。

3.2 优化浸出除杂工艺

为提高除氯处理量和生产稳定性，除氯工序由间断改为连续，取消纯碱中和降酸，采用锌浮渣降酸；除氯渣新增水洗、碱洗后浆化系统改造（搅拌槽、搅拌机和泵均为利旧，新增了一台皮带输送机），新增一台 F=160m² 除氯渣碱洗压滤机；优化除氯操作，引入使用铜渣除氯^[3,4]，优化控制条件，提高除氯效率，降低除氯成本。

为提高除铁处理量、生产稳定性和降低除铁成本，除铁由间断改为连续除铁，新增高效氧气喷吹系统（见图 3），除铁工艺由双氧水除铁改为双氧水-液氧除铁^[5]，采用石粉中和，除铁渣新增 2 个 φ4×4m 浆化洗涤槽、2 台 22kW 搅

拌机和配套的泵及管道，新增一台 F=300m² 除铁渣洗涤后压滤机，并利旧 1 台洗涤滤液贮槽和输送泵。

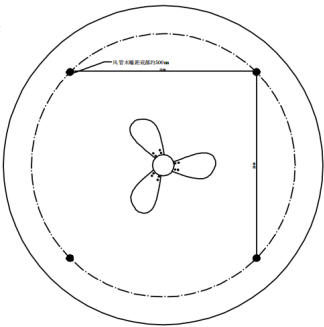


图 3 高效氧气喷吹系统布置图

3.3 优化净化工艺

针对净化间断生产导致产能小的问题，净化生产由原来的间断生产改为连续生产，连续生产模式的优点是生产处理量大，生产稳定；并在连续加入锌粉的第二个槽，把锌粉直接加入反应槽内改为加入溜槽中，解决直接加入反应槽中易被抽风抽到烟管中的问题，提高锌粉的使用效率。

为提高金属直收率，对三、四段渣采取增加洗涤工艺，把三、四段净化渣合并后进行洗涤，把渣中的水溶锌洗涤出来后再送到回转窑处理。

为提高活性炭吸附效率，结合活性炭使用效率最高的温度区间，新建一套 F=50m² 的空气冷却塔，用三段净化后滤液降温，三段净化后液温度由 70℃~75℃降低至 45℃~50℃后进入四段净化，不仅可以提高四段净化活性炭的吸附有机物效率，还可以实现钙镁结晶开路，改善电解液质量，降低槽电压，提高电效。

3.4 改善电解循环进液方式

利用停产技改的机会，改造循环泵进液系统，由原来的虹吸方式改为直连方式，提高泵的运行效率，解决原来虹吸方式进液不足导致循环液不足的问题^[6,7]，并增加 2 台循环泵，每套系统做到 2 开 1 备，确保电解循环液供应的同时保障生产稳定运行，改造后的连接方式如图 4 所示。

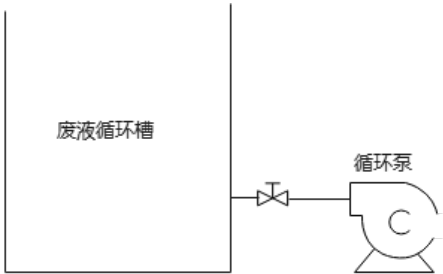


图 4 改造后的循环泵连接方式

3.5 改造电解废液冷却塔

空冷塔的运行效果受气液比、冷却时间（即液体在冷却通道中的停留时间）、冷却时换热面积（即在塔中为液

体的比表面积，即液体分散程度）、气液分布等因素影响较大^[6,7]。

原塔面板高度 13m 符合一般空冷塔面板高度要求，冷却液塔内停留时间满足设计，着重考虑空冷塔的气液比、换热面积（主要影响因素考虑液体分散程度和气液分布）和捕滴除雾三部分进行改造。

3.5.1 气液比

相关计算如下：

电解液循环量：500m³/Hr，p=1250~1300kg/m³，比热 C1=4300J/kg。

电解液温差：由 t1=43±2℃ 至 t2=33±2℃，温差 At1=7℃左右。

本地气象条件：大气压 77KPa，相对湿度 65%，夏季气温 26℃，按气体充分换热升温 10℃考虑（估算），根据热量守恒：Q1=Q2，即 C1m1 At1=Q 挥发吸热+Q 空气吸热，安全系数 10% 考虑，经核算风量约 40×10⁴m³/hr。一般空冷塔气/液比取 0.8~1.2：1，考虑到现场气候条件、泵效率等综合因素影响，风机风量选择 38.5~45×10⁴m³/hr 区间，风压约 200Pa，根据风机参数表建议选用 φ3600mm，风压 200Pa，为适应不同季节和气候条件下空气冷却塔的使用，通过变频调速保证风机在最佳工况点运行，同时节省电能。

3.5.2 布液方式

在气液比和冷却时间相同的情况下（即风机相同，塔规格相同，液量相同），影响冷效的关键因素为比表面积和气液分布。原塔布液为老式管道布液，喷头数量多，喷洒液滴大，塔内比表面积小，气液分布不均匀，冷却效果不理想。从空气塔的冷却效果出发，布液上老式布液优化为塔侧喷淋布液的方式（该喷头进口压力≥0.05MPa），使电解液通过大流量喷头的高效雾化，利用喷淋冲击力使浆液抱团下落，增加液体在塔内的雾化面积，使空气与电解液充分换热，将换热后的空气快速置换，以此提高降温效果。

3.5.3 捕滴除雾

由于提高了雾化效果，喷淋后的液滴捕滴难度加大，将提高喷淋层至捕滴层的间距，合理选择除雾器的类型和调整除雾器间距以及层数，增加气流的流动距离，从而使气流与捕滴器的接触面积增大，以此提高捕滴除雾效率。

改造中将原捕滴层支架改为钢包玻璃钢防腐支撑梁，增加捕滴层支撑玻璃钢格栅，选用双层高效弧形除雾器，单层高度 160mm，片间距 25mm。由于该类除雾器捕滴性能优异，可不用捕沫网，克服因捕沫网结晶堵塞造成的风阻增大、结晶堵塞造成换气缓慢冷效下降的缺陷，延长清理周期。考虑到 PVC 材质容易老化，清理时易破损，材质上选用强度和重复性更好的 PP 收水器。冷却塔改造后配置图见图 5。

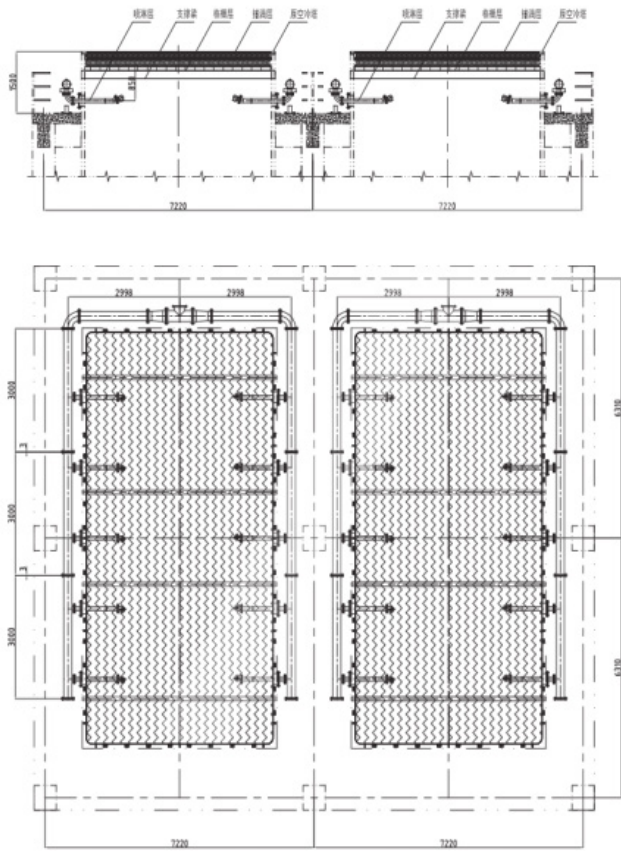


图 5 电解冷却塔改造图

3.6 增加阳极板平板装置

为解决电镀锌工厂人工校正过程中劳动强度大, 劳动力配备大, 工作质量及效率低下等问题, 在多次外出考察的基础上, 在电解工序新增一套电镀锌阳极板刮板校正机^[6,7], 对人工刮板校正工序进行自动化处理, 提高阳极板平板效果和效率。

整套设备主要由“上料装置、机械手垂直提升机构、链条拍打机构、阳极板面校正机构”及电气控制系统等组成。整套设备都配备故障报警功能, 哪里出现问题都会会在后台显示出故障点, 方便检查维修。

整条线采用 PLC 主控, 触摸屏监控, 具有高效、可靠、环保方便等优点。系统采用可编程控制器作为主控制器, 采集现场所有光电开关信号, 经过运算输出控制所有电机和气动原件的运行, 并实时监控设备的运行状态, 保护设备的安全运行。整机系统可联机自动运行, 也可单机自动运行, 操作简单, 有自动连锁互锁功能, 故障自动报警停机, 阳极板平板机配置图见图 6。

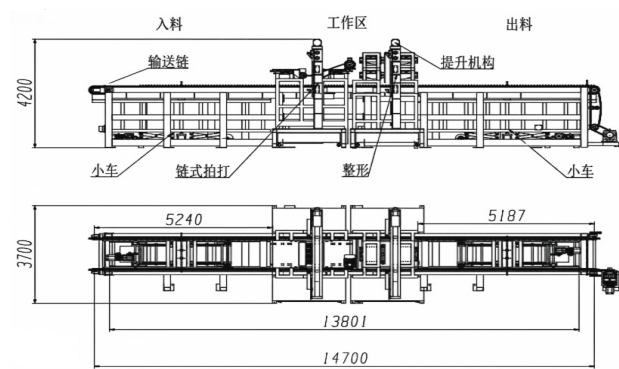


图 6 阳极板平板机配置图

3.7 降低浮渣含氯

在工频炉熔铸过程中从炉门进入炉内的空气燃烧产生废气 CO 以及阴极锌片带入少量的水分, 使炉内的锌液氧化生成氧化锌, 生成的氧化锌以一层薄膜状包住一些锌液滴, 形成小粒状的氧化锌与锌的混合物——浮渣, 浮渣越多, 熔铸时锌的直收率则越低。在阴极锌熔铸成锌锭过程加少量氯化铵搅拌, 扒出浮渣, 生成氯化锌熔点低 (约 318℃), 因而破坏了浮渣中的氧化锌薄膜, 使浮渣颗粒中的锌露出新鲜表面而聚合成锌液, 减少浮渣中带走的锌, 从而提高直收率, 但是浮渣中含氯较高。为进一步提高直收率和降低浮渣含氯, 创新运用某试剂作为熔铸辅助造渣剂对氯化铵造渣进行改良。使用方法为氯化铵和试剂按照一定比例进行破碎混合均匀, 然后投入工频炉中进行造渣生产操作, 主要利用该试剂沸点低 300℃、闪点 216℃等易燃的特点, 在浮渣造渣过程中发生燃烧, 燃烧温度达 500℃以上, 比氯化铵更有利于破坏锌浮渣中氧化锌包裹层, 释放其中的锌液滴, 使锌液滴

滴落汇聚成为锌液, 从降低浮渣带走的锌含量, 同时由于该试剂替代了原氯化铵的部分功能, 可降低氯化铵用量, 从而降低浮渣含氯, 新产出的浮渣通过球磨筛分后直接回用到湿法系统。

3.8 增加直投氧化锌生产, 优化生产组织管理

为拓展原料的采购范围, 增加企业的经济效益, 调整原料结构, 在以二次焙砂原料为主的基础上, 增加直投氧化锌作为生产原料, 直投氧化锌由于可溶锌率高以及含铅高, 浸出后可以直接产出高浸铅泥, 出售给铅冶炼厂, 有利于企业提高产品直收率和经济效益。

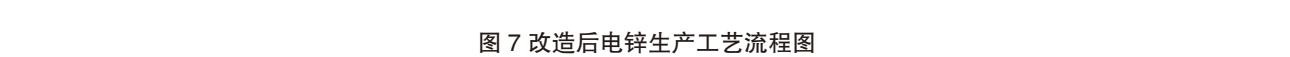
同时加强内部管理, 在加强员工工艺操作培训的同时, 制定定期管道、贮槽、冷却塔清理制度, 关键工序采用备用设备和管线, 并辅助经济责任制考核等手段, 确保生产组织稳定运行。

4 改造实施过程

2023 年 6 月 18 日至 7 月 15 日完成电锌系统主要硬件改造, 小部分于 9 月 15 日完成改造, 累计投入改造费用 1375 万元, 改造后的工艺流程为: 二次焙砂处理工艺为焙砂通过高位料仓进入中浸反应槽, 中浸采用 5 个反应槽连续生产, 中浸矿浆进入中浸浓密机进行澄清固液分离, 底流压滤浆化后进入低浸反应槽, 低浸采用 3 个反应槽间断生产, 低浸滤液返回中浸使用, 低浸渣压滤后经浆化送高浸反应槽, 高浸采用 3 个反应槽间断生产, 高浸反应压滤液返回低浸使用, 高浸压滤渣经皮带输送至火法处理系统处理; 中浸溢流和底流压滤液进入氧化除铁工序, 除铁采用 6 个反应槽连续生产, 采用双氧水 + 氧气组合进行氧化除铁, 石粉中和, 除铁压滤渣压滤后通过浆化洗涤压滤经皮带输送到火法系统处理, 除铁滤液进入除氯工序, 除氯工序采用 3 个反应槽连续生产, 除氯渣经碱洗再生后返回除氯使用, 除氯渣酸洗、碱洗分开进行, 碱洗废水送污水站处理, 除氯滤液输送到净化工段连续生产; 增加直投氧化锌生产工艺, 外购直投氧化锌采用中浸—低浸—高浸逆浸的工艺, 中浸滤液返回焙砂中浸, 高浸渣为铅泥直接外售; 除氯后液经过一段净化除铜镉、二段净化除砷锑、三段净化除钴镍、除钴镍滤液通过新建冷却塔降温后进入四段净化除有机物后进入电解工段产出锌片, 电解采用 3.2m² 大极板生产和自动行车出槽, 锌片送到熔铸工段产出国标 1# 锌锭, 改造后工艺流程图如图 7 所示。

5 改造效果

自全部改造项目完成投入使用后, 焙砂高浸渣渣率、渣含锌, 除铁渣渣率、渣含锌, 除氯效率、有机物吸附效率得到有效改善, 电锌产量不断提升, 生产成本逐渐下降, 改造取得明显的经济效益, 改造后的技术指标如表 7~ 表 10 所示, 改造前后技术指标对比如表 11~ 表 14 所示。



时间	高浸渣率 (%)	高浸渣含锌 (%)	除铁渣率 (%)	除铁渣含锌 (%)	石粉单耗 (kg/t)	片碱单耗 (kg/t)	焙砂主锌回收率 (%)
2023 年 10 月	31.24	11.25	15.20	7.05	63	24	87.25
2023 年 11 月	28.51	9.97	22.58	6.97	79	25	88.72
2023 年 12 月	27.28	10.78	23.05	8.00	68	27	86.30
2024 年 1 月	34.31	9.74	27.63	7.82	73	26	90.61
2024 年 2 月	33.72	11.97	30.90	8.84	65	25	88.65
2024 年 3 月	35.34	11.85	33.20	8.32	85	23	87.68
2024 年 4 月	33.39	11.20	31.02	8.15	72	24	89.56
均值	31.97	10.97	26.23	7.88	72	25	88.40

表 8 改造后净化工序指标

时间	三四段渣含锌（%）	三四段渣渣率（%）	有机物吸附效率（%）
2023 年 10 月	9.23	3.05	65
2023 年 11 月	12.86	2.89	68
2023 年 12 月	14.77	3.48	63
2024 年 1 月	15.13	2.60	64
2024 年 2 月	14.41	4.19	69
2024 年 3 月	16.65	5.43	70
2024 年 4 月	13.59	4.46	68
均值	13.80	3.73	66.71

表 9 改造后电解工序指标

时间	电解动力电单耗（kWh/t）	电解直流电单耗（kWh/t）	锌片产量（t）	电解电效（%）	废液含氯（g/L）
2023 年 10 月	168.25	3425.00	2713.32	85	0.85
2023 年 11 月	174.31	3389.00	2720.21	86	0.92
2023 年 12 月	169.54	3395.00	2991.73	86	0.88
2024 年 1 月	172.13	3368.00	3437.63	85	0.94
2024 年 2 月	175.25	3408.00	2214.36	87	0.93
2024 年 3 月	169.35	3420.00	3001.51	86	0.89
2024 年 4 月	170.65	3376.00	3136.40	87	0.92
均值	171.35	3397.29	2887.88	86	0.90

表 10 改造后熔铸工序指标

时间	熔铸直收率（%）	氯化铵单耗（kg/t）	浮渣含氯（%）
2023 年 10 月	97.92	0.7	0.88
2023 年 11 月	97.69	0.6	0.86
2023 年 12 月	97.04	0.4	0.64
2024 年 1 月	97.19	0.6	0.42
2024 年 2 月	97.56	0.4	0.75
2024 年 3 月	97.46	0.5	0.61
2024 年 4 月	97.56	0.6	0.84
均值	97.49	0.5	0.71

表 11 浸出工序改造前后指标对比

项目	高浸渣率（%）	高浸渣含锌（%）	除铁渣率（%）	除铁渣含锌（%）	石粉单耗（kg/t）	片碱单耗（kg/t）	焙砂至锌片回收率（%）
改造前均值	37.43	16.05	44.92	11.77	192	30	79.78
改造后均值	31.97	10.97	26.23	7.88	72	25	88.40
变化幅度	-5.46	-5.08	-18.69	-3.89	-120	-5	8.62
变化比例（%）	14.59	31.65	41.61	33.05	62.50	16.67	10.80

表 12 净化工序改造前后指标对比

时间	三四段渣含锌（%）	三四段渣渣率（%）	有机物吸附效率（%）
改造前均值	24.55	5.57	36.6
改造后均值	13.80	3.73	66.71
变化幅度	-10.75	-1.84	30.11
变化比例（%）	43.79	33.03	82.27

表 13 电解工序改造前后指标对比

时间	电解动力电单耗 (kWh/t)	电解直流电单耗 (kWh/t)	锌片产量(t)	电解电效 (%)	废液含氯 (g/L)
改造前均值	254.00	3994.85	2173.91	74.6	2.6
改造后均值	171.35	3397.29	2887.88	86	0.9
变化幅度	-82.65	-597.56	713.97	11.4	-1.7
变化比例 (%)	32.54	14.96	32.84	15.28	65.38

表 14 熔铸工序改造前后指标对比

时间	熔铸直收率 (%)	氯化铵单耗 (kg/t)	浮渣含氯 (%)
改造前均值	94.31	1.3	1.48
改造后均值	97.49	0.5	0.71
变化幅度	3.18	-0.8	-0.77
变化比例 (%)	3.37	61.54	52.03

6 结语

通过对整个锌二次焙砂生产电锌流程进行优化升级改造,完善浸出工艺,优化除杂及净化工艺、改造电解循环系统和废液冷却系统,改良熔铸造渣工艺,实现生产产量的提升、指标的提升和生产加工成本的下降,给企业增加盈利增添了新的助力。

①通过完善浸出工艺,焙砂高浸渣率由 37.43% 下降到 31.97%,渣含锌由 16.05% 下降到 10.97%,有助于提高焙砂浸出直收率。②通过优化除杂及净化工艺,除铁渣率由 44.92% 下降到 26.23%,除铁渣含锌由 11.77% 下降到 7.88%,浸出除杂系统处理量提升 65%;净化系统处理量提升 80%;净化三、四段净化渣渣率下降 33.03%,渣含锌下降 43.79%;新液有机物含量由 125mg/L 下降到 84mg/L,不仅降低除铁渣和三四段净化渣带走的金属量,还提升了系统的处理量。③通过对电解工段循环泵系统和废液冷却塔的改造,循环量提升 75%,电解动力电单耗下降 32.54%,直流电单耗下降 14.96%,废液循环液降温效果由原来的降温幅度 2℃~3℃提高到 5℃~7℃,实现电解槽温可控,电效由

78% 提升到 85%,锌片产量提升 32.84%。

④通过对熔铸造渣过程的改造,实现浮渣含氯由 1.48% 下降到 0.71%,氯化铵单耗由 1.3kg/t 下降到 0.5kg/t,锌浮渣实现在湿法系统直接回用。

参考文献

[1] 冯继平.8.5万吨/年锌厂工艺改造生产实践[J].云南冶金,2019 (4):57-61.

[2] 王文录.湿法炼锌中氯的危害与控制[J].湖南有色金属,2007(2): 22-24.

[3] 郑莉莉.脱氯技术在湿法炼锌流程的研究和应用[J].世界有色金属,2017(8):23-24.

[4] 李春,李白强.氯化亚铜沉淀脱氯反应平衡的研究[J].湿法冶金,2001,20(3):152-155.

[5] 姚应雄,陈先友,朱北平,等.高氟氯次氧化锌烟尘的湿法炼锌生产实践[J].中国有色冶金,2019(4):24-27.

[6] 付运康.锌电积电效率低的原因与对策[J].有色金属,2002 (5):21-24.

[7] 周炜.降低锌电积电耗的探讨[J].铜业工程,2013(3):21-25.