

# 硫酸镍系统设备改进及管理优化的实践

程 铭 徐 欢 曹昌盛 范 翔

(大冶有色金属集团控股有限公司有色冶炼厂, 湖北 黄石 435000)

[摘 要] 某有色冶炼厂电解车间包含一套硫酸镍净化生产系统,长期生产导致设备存在较多问题和较大优化空间。在原有的生产模式及基础上,对硫酸镍生产系统的浓缩反应釜修复工艺、浓缩系统真空泵、制冷结晶罐内夹套、盐水循环泵和浓缩搅拌系统等进行设备改造,并对检修时间周期、循环系统和管路过滤、高能耗设备等进行管理优化。通过设备改进和管理优化,降低设备故障频率,减少因管道及阀门腐蚀导致的系统停机及生产事故隐患,使硫酸镍系统稳定运行,且大幅降低硫酸镍能耗和备件成本。

[关键词] 硫酸镍系统;设备改进;节能优化;技术改造

[中图分类号] TF815 [文献标志码] B [文章编号] 1008-5122(2021)05-0069-03

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2021.05.015

## Practice of Equipment Improvement and Management Optimization of Nickel Sulfate System

CHENG Ming, XU Huan, CAO Chang-sheng, FAN Xiang

**Abstract:** The electrolysis workshop of a certain nonferrous smelter has a set of nickel sulfate cleaning production system, the long-term production results in many equipment problems, which has large room for optimization. On the basis of the existing production mode, the equipment modification was carried out for the concentration reactor repair process, vacuum pump of concentration system, inner jacket of cooling crystallization tank, brine circulating pump, concentration agitation system, etc., and management optimization was made for maintenance cycle, circulating system and pipeline filtration, high energy consumption equipment, among others. The equipment improvement and management optimization have lowered the equipment fault frequency, reduced the system shutdown and hidden troubles in production, which made the nickel sulfate system operate stably and significantly reduced the nickel sulfate energy consumption and spare parts costs.

**Key words:** nickel sulfate system; equipment improvement; energy-saving and optimization; technical modification

## 0 前言

某有色冶炼厂主要产品是高纯阴极铜和工业硫酸。硫酸镍系统是铜电解净液项目中的配套项目,

采用蒸发浓缩和冷冻结晶工艺联合生产粗制硫酸镍。

蒸发浓缩工艺采用蒸汽间接加热浓缩法来提高二段脱铜电积终液的镍浓度及酸度。在负压条件下,溶液的沸点降低,增大了被蒸发溶液与加热源之间的温差,强化了蒸发作用。冷冻结晶工艺是将浓缩后的溶液经过制冷工序进行冷冻结晶。制冷工序使用制冷机组对盐水进行冷冻降温,然后使盐水进入结晶槽的内、外两个夹套,对结晶槽内的浓缩后液进行冷冻降温,使其温度降低至比自然冷却或水冷

[收稿日期] 2021-06-10

[作者简介] 程铭(1988—),男,湖北黄石人,机械工程师,硕士,主要从事设备管理工作。

[引文格式] 程铭,徐欢,曹昌盛,等.硫酸镍系统设备改进及管理优化的实践[J].有色冶金节能,2021,37(5):69-71.

却更低的温度,使溶液中的硫酸镍在冷冻状态下成为硫酸镍结晶盐<sup>[1]</sup>。

在  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  实际生产过程中,长期生产导致设备存在较多问题及较大优化空间<sup>[2]</sup>。采取一系列的设备改进及管理优化措施后,降低了设备故障频率和能耗成本,消除了安全隐患。

## 1 设备存在问题及技术改造

### 1.1 浓缩反应釜修复工艺改进

使用的硫酸镍浓缩搪瓷反应釜总计 12 台。由于反应釜内物料成分及工况条件较复杂,反应釜使用 2~3 年后便频繁出现爆瓷及破损现象<sup>[3]</sup>。

修复工艺改进前,反应釜采用钼板修复。该方式主要由维修人员在罐体内对破损区域进行挖补或打磨,利用钼螺丝、钼板及树脂胶进行修补。该方式存在的主要问题是:1) 修补工艺复杂;2) 钼螺丝安装时需要钻孔,修补时间较长;3) 钼材质价格高,特别是大面积修补成本过高;4) 钼板贴合性不佳,修补质量达不到要求。

通过试验,改用新型柔性陶瓷修补技术进行修补可以获得更好的效果。对于爆瓷区域,直接打磨后,使用柔性陶瓷修补技术进行修补;对于穿孔破损区域,进行钢结构挖补后,再采用柔性陶瓷修补技术修补。通过改进,修补时间由原有的 2 人修补 3~4 d 缩短为 2 人修补 0.5 d。特别是较大面积的修补成本大幅降低,罐体使用寿命延长,钼材料费降低了 20 万元/a。

### 1.2 浓缩系统真空泵改进

原有的浓缩系统采用一台真空泵对一台  $16 \text{ m}^3$  反应釜抽负压,并达到负压 0.07 MPa 及以上。如果负压不足,会导致罐体内二次蒸汽的温度过高。而且酸雾中含有氟、氯等离子,对冷却浓缩蒸汽所用板式换热器的板片寿命也会造成较大影响。

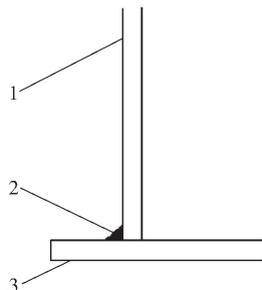
通过对真空系统进行优化,浓缩系统改为采用一台真空泵对两台浓缩反应釜抽负压,单台电机功率由原有的 15 kW 改为 18.5 kW,使原有的负压稳定在 0.07~0.09 MPa,达到生产要求<sup>[4]</sup>。通过改进,真空泵减少了 6 台,全年降低电耗及备件成本约 12 万元。

### 1.3 制冷结晶罐内夹套改进

原有的结晶罐采用内、外夹套冷冻盐水双循环式,外夹套使用多年未出现过破损或泄漏,但内夹套坏损率近年相对较高。由于冷冻盐水主要为氯化钙

溶液,内夹套破损后,冷冻盐水与硫酸镍产品会串液产生絮状沉淀,如果处理不当会造成生产事故。

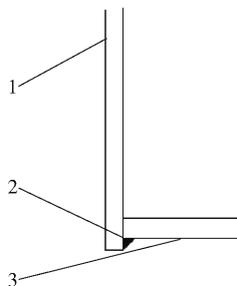
通过对结晶罐内夹套破损点进行检查,内夹套坏损主要为内夹套失压鼓包或焊缝及周围区域腐蚀破损。原有的端面焊接方式如图 1 所示。



1 - 内夹套侧壁;2 - 焊缝焊接点;3 - 内夹套端面底板

图 1 改造前内夹套端面焊接方式

对内夹套进行改进,将原有的内夹套厚度由 4 mm 改进为 6 mm,增大夹套材料厚度。此外,对焊接点也进行了改进,如图 2 所示。改进后,夹套抗压能力及抗腐蚀能力增强,内夹套自主制作成本降低了 5 万元,使用寿命预计由原有的 4~5 年提升至 8 年以上,而且降低了因内夹套破损导致的设备事故风险,备件成本降低了 35 万元。



1 - 内夹套侧壁;2 - 焊缝焊接点;3 - 内夹套端面底板

图 2 改造后内夹套端面焊接方式

### 1.4 盐水循环泵优化

盐水循环泵是冷冻盐水循环过程中的关键设备,24 小时开启,以确保冷冻盐水循环。该循环泵为立式盐水泵,设备选型为立式钛材质,在实际生产中,必须 4 台功率 18.5 kW 的盐水泵同时开启才能达到额定生产要求。多年使用导致盐水泵故障率高,且电耗成本高。检修过程中,工人通常站在盐水槽上方检修。由于槽体腐蚀严重,多人检修存在垮塌风险,且空间狭隘存在极大安全隐患。此外,盐水泵为钛材质,材质选型存在过度浪费。

采用额定功率为 75 kW 的工程塑料卧式离心泵,并配套选用变频器控制盐水泵的电机转速。改进后,单台泵开启即可满足工况。通过实际生产测

量,单日电耗降低约1 000 kW·h,年电耗降低成本约20万元,备件成本降低约10万元,而且改进大大消除了检修过程的安全隐患。

### 1.5 浓缩搅拌系统优化

因厂内部为余热锅炉供汽,蒸汽成本低,在不影响产品质量、生产效率及设备使用寿命的前提下,取消浓缩罐的搅拌桨,只采用蒸汽对浓缩反应釜升温进行浓缩蒸发。通过改进,取消了浓缩系统摆线针轮减速机及搅拌系统,设备使用寿命不受影响,年节约电耗约30万元。

## 2 管理优化

### 2.1 检修时间周期优化

由于硫酸镍现场酸雾及物料腐蚀性较强,除日常零星检修外,在电解液系统镍含量较低情况下每年新增两次为期15 d的停产检修,更换腐蚀损坏的盐水管、蒸汽管道、锈蚀的阀门等,并对设备及管道防腐刷漆。同时在此期间处理日常难以处理的设备故障等,避免维修工日常频繁抢修<sup>[5]</sup>。

### 2.2 水循环系统及管路过滤管理优化

对浓缩系统换热器冷却水循环系统的凉水塔管控进行优化:每周对凉水塔水温进行测量,每年对浓缩工序的600 t闭式凉水塔进行除垢清理,并对制冷工序的400 t开式凉水塔水质进行监测,定期更换填料,并清理其反冲洗过滤器,清洗制冷机,以提高水冷却效率,达到相关水质管理要求。

### 2.3 高能耗设备管控优化

硫酸镍系统主要能耗为蒸汽和电力。蒸汽由厂内余热锅炉供应。在整个生产过程中,结合硫酸镍产量,对蒸汽的使用采取定额管理,控制班组蒸汽用

量,并对浓缩反应釜夹套增加疏水阀,以降低蒸汽消耗量。

电耗的管控主要针对高耗能设备。因制冷机电耗约为整个硫酸镍系统的60%,因而对制冷机电耗进行重点管控,每日记录电耗。当制冷机电耗出现异常波动或有上升趋势时,立即进行相关检查及清洗,对制冷机及时加氟,同时根据产量对制冷机电耗实行定额管控。

## 3 结束语

在原有的生产模式及基础上,对硫酸镍生产系统中浓缩反应釜修复工艺、浓缩系统真空泵、制冷结晶罐内夹套、盐水循环泵和浓缩搅拌等进行设备改造,以及对检修时间周期、循环系统和管路过滤、高能耗设备等进行管理优化。通过设备改进和管理优化,降低设备故障频率,有效减少因管道及阀门腐蚀导致的系统停机及生产事故隐患,使硫酸镍系统稳定运行,且大幅降低硫酸镍能源成本和备件成本。

### [参考文献]

- [1] 虞晓航. 两种提取粗硫酸镍的工艺[J]. 广州化工, 2019, 47(12): 127-129.
- [2] 彭明. 硫酸镍生产系统的改造实践[J]. 有色冶金节能, 2018, 34(5): 35-36, 39.
- [3] 牛芳芳. 搪瓷反应釜破裂的粘接修复工艺[J]. 化学与粘合, 2020, 42(3): 231-233.
- [4] 苏峰, 王爱荣. 基于真空蒸发浓缩工艺提升硫酸镍产能技改实践[J]. 中国有色冶金, 2020, 49(4): 14-17.
- [5] 陈宏. 化工机械设备管理及维护保养技术探讨[J]. 化工管理, 2020, (5): 143-144.