

# MVR高效蒸发器在浓缩硫酸铜结晶中的应用及生产实践

杨锦波

江西铜业股份有限公司 贵溪冶炼厂 江西贵溪 335424

**摘要:** 某厂采用MVR高效蒸发器对电解废液进行蒸发浓缩生产硫酸铜。相较于传统单效蒸发器, MVR高效蒸发器操作简单, 同效率情况下能大幅降低能耗, 降低企业大量生产成本。同时高集成化智能化的设备以及最新智能控制系统的引入, 针对行业内同流程设备设施老旧痛点打出了一套精细化生产组合拳, 实现了设备与操作人员之间的价值耦合, 减少设备故障情况的同时又能减少人力资源投入。同时, 对实现废水零排放具有显著效果。本文主要介绍了MVR高效蒸发器在电解废液蒸发浓缩硫酸铜工序应用中, 出现的一些问题和改进。

**关键词:** MVR; 蒸发; 硫酸铜; 压缩机; 节能

## Application and production practice of MVR high efficiency evaporator in crystallization of concentrated copper sulfate

Jinbo Yang

Guixi Smelter, Jiangxi Copper Corporation Limited, Guixi 335424, Jiangxi, China

**Abstract:** A factory uses MVR high-efficiency evaporator to vaporize and concentrate electrolytic waste liquid to produce copper sulfate. Compared with the traditional single-effect evaporator, MVR high-efficiency evaporator is simple to operate, and can greatly reduce energy consumption and mass production cost under the same efficiency. At the same time, the introduction of highly integrated intelligent equipment and the latest intelligent control system, aiming at the old pain points of equipment and facilities in the same process in the industry, plays a combination of fine production, realizes the value coupling between equipment and operators, reduces the equipment failure situation and reduces the input of human resources. At the same time, it has a remarkable effect on realizing zero discharge of wastewater. This paper mainly introduces some problems and improvements in the application of MVR high-efficiency evaporators in the process of electrolytic waste liquid evaporation concentrated copper sulfate.

**Keywords:** MVR; Evaporation; Cupric sulfate; compressor; energy-saving

### 引言:

铜电解精炼过程中, 随着电解时间的推进, 电解液成分不断发生变化: 铜离子浓度升高, 杂质元素逐步累积, 硫酸浓度逐渐下降。为维持循环电解液中铜、酸和杂质含量在一定范围内, 必须对电解液进行净化和调整, 保证电解过程稳定进行。在电解液中, 一般铜浓度的上升是最快的, 所以控制电解液铜浓度稳定是铜电解精炼的关键步骤。

目前电解液降铜方法主要有浓缩结晶法和惰性阳极电积析铜法。浓缩结晶法通过抽取一部分电解液进行蒸发浓缩使硫酸铜饱和, 然后经冷却结晶析出大部分的硫酸铜, 达到降低铜的目的; 其次是通过惰性阳极电积沉

积法, 将废电解液或硫酸铜结晶母液中的铜析出沉积, 本文主要介绍硫酸铜溶液高酸结晶法浓缩蒸发工序的节能新技术和生产实践。

铜电解行业电解液净化系统多数采用传统单效蒸发器蒸发浓缩硫酸铜, 传统工艺蒸汽消耗大、能耗高, 同时蒸发过程产生大量蒸汽冷凝水和高温蒸发水, 使得水循环系统无法平衡, 需开路大量废水, 造成水资源浪费。

某厂采用MVR高效蒸发器对电解废液进行蒸发浓缩生产硫酸铜, 虽然新技术使用初期出现故障频率高, 备件更换频繁, 运行率低等问题, 但经过长期的试验调试及工艺参数修正, 最终各类问题得到逐步解决, 实现了能耗大幅度降低、水循环系统平衡稳定, 并最终达到了

废水零排放。

### 一、MVR蒸发浓缩硫酸铜工艺简介

相对于传统单效蒸发器，MVR高效蒸发器操作简单，自动化程度高，能大幅缩减人力成本。MVR高效蒸发器有多个换热装置，既可以将电解废液蒸发出的二次蒸汽重复利用，又可以把二次利用后的余热收集再利用；既能有效避免热能浪费，又能平衡水循环系统，实现废水零排放。

MVR蒸发系统核心设备是罗茨蒸汽压缩机，罗茨压缩机的作用是利用高速旋转（可达20000转/min以上）的压缩机叶轮，将蒸发釜体内电解液蒸发出的水蒸汽进行压缩，水蒸汽压缩后温度升高、压力变大、热焓增加，可输送至换热器再次加热电解废液。罗茨压缩机操作方便，动力平衡性好，可靠性高，在实际运行中发现对高浓度硫酸铜电解液适应性良好，因此，罗茨压缩机运行频率的稳定性直接影响蒸发结晶效果<sup>[1]</sup>。

MVR硫酸铜蒸发装置包括输送泵、换热器、压缩机、预热换热器、真空机组、蒸发器本体、分离器、PLC系统等组成（工艺流程见图1）。

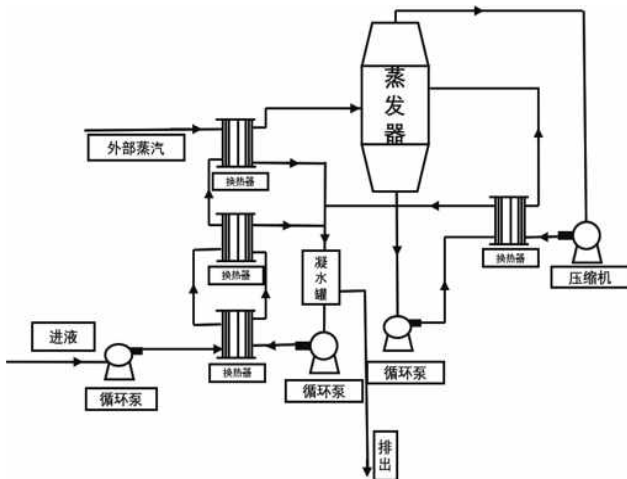


图1 MVR工艺流程图

MVR系统各控制点位均配备相应压力表、温度传感器、流量计、控制阀等装置，经PLC控制系统连接至PC端，达到连续控制、顺序控制、逻辑控制、数据采集等目的；通过控制界面对系统输入各控制点调控范围，系统各控制点位在运行中自动调节，保证物料、蒸汽、冷凝水等流量控制在一定范围，实现温度、压力自动调节，最终实现主控室PC机远程控制MVR蒸发器开、停机的目的<sup>[2]</sup>。

### 二、MVR硫酸铜蒸发系统中存在的问题和改进

#### 1. 设备方面

#### 1.1 叶轮汽蚀引起的问题

MVR压缩机叶轮原使用316L不锈钢，运行3个月通过拆检发现，压缩机蜗壳积水，叶轮气蚀严重，导流罩脱落变形，压缩机轴承轻微变形，油封磨损，轴承压盖连接位置变形，皆因叶轮汽蚀失衡所致（如图2）。



图2 叶轮、油封、轴承压盖情况

#### 1.2 叶轮汽蚀问题解决方案

将MVR压缩机叶轮材料改为钛材，更换压缩机轴承、油封磨损、轴承压盖，变速箱改装最高27000r/min的齿轮，进气口前端增加二次分离器，收集蜗壳下方凝结水分，修复后运行3个月，MVR蒸发系统运行稳定，叶轮能满足工艺需求。

### 2. 技术工艺保障方面

#### 2.1 技术工艺保障问题

设备运行过程中发现，机组现场每小时约发出轻故障报警信号>20次，由于设备故障报警系统不能具体区分报警点位，需操作人员频繁去现场确认，增大人员的劳动强度。

现场的DCS中控界面上，机组的三个轴承温度参数没有显示，无法完善机组相应的逻辑保护程序，主要包括机组喘振、温度以及振动的逻辑程序：①机组的三个轴承温度在DCS中控界面上没有显示；②无机组喘振保护逻辑。

当设备振动超过一定范围或各循环泵发生故障时，作业人员无法及时发现和处理，会导致设备部件损伤或管道堵塞甚至破坏压缩机内部结构<sup>[3]</sup>。直接造成MVR运行率低，备件更换频繁，导致成本上升，处理量下降（1-3月份MVR月均运行情况如表1）。

表1 1-3月份MVR月均运行情况

平均处理量 (m <sup>3</sup> /月)	故障频率 (次/月)	硫酸铜产量 (吨/月)	运行率	硫酸铜蒸汽 单耗(吨)
270	4	745.47	86.73%	0.417

#### 2.2 技术问题解决方

经研究，技术人员为MVR系统设计安装了自动报警、自动停机和强制停机程序。各控制点波动超出设定范围，系统会及时报警显示，异常波动过大或异常时间过长MVR系统会自动降频、停机，为系统设备的稳定顺

行提供保障。并在现场DCS中控界面增加轴承温度显示和轴承温度过高报警,及报警停车的设置;增加机组喘振保护逻辑,在机组发出喘振信号后,机组自动打开旁通阀进行连锁保护或者停机保护<sup>[4]</sup>。

MVR系统程序改进后运行稳定,故障次数和备件更换次数明显降低,硫酸铜蒸汽单耗下降,电解液处理量和MVR运行率明显上升(5-7月份MVR月均运行情况如表2)。

表2 5-7月份MVR月均运行情况

平均处理量 (m <sup>3</sup> /月)	故障频率 (次/月)	硫酸铜产量 (吨/月)	运行率	硫酸铜蒸汽 单耗(吨)
360	1	1058.49	98.57%	0.335

### 三、结论与展望

MVR高效蒸发系统较传统蒸发器更有利于电解废液蒸发浓缩硫酸铜,它既能降低了能耗,节约大量生产成本,又能减少人工成本,实现智能化作业。同时,对实现废水零排放具有显著效果<sup>[5]</sup>。

MVR高效蒸发系统成功应用于电解净液工序,迈出行业发展的一大步,它吸收其他行业经验,优化硫酸

铜制取工艺,可大幅节约生产成本,有较高的推广价值。随着科技的不断进步,MVR高效硫酸铜蒸发系统会更加完善,相信不久的将来,会成为行业内不可或缺的一部分<sup>[6]</sup>。

### 参考文献:

[1]尹海蛟,夏君君,全晓宇,等.钛液MVR蒸发浓缩技术的压缩与换热问题探讨[J].化工装备技术,2021,42(2):16-19.

[2]孙瑞瑞.MIMO-PLC系统空时编码相关技术研究[D].2020.

[3]金城.MVR蒸汽压缩机振动控制器故障分析与改造[J].化工自动化及仪表,2021,48(2):197-200.

[4]王英.MVR单效强制循环蒸发器的设计及注意事项研究[J].石化技术,2021,28(7):192-193.

[5]王银河,丁晓丽,毛霖,等.MVR晶种法蒸发技术在电解铝厂脱硫废水零排放中的应用[J].工程技术研究,2021,6(1):225-226.

[6]杨锦波.MVR浓缩硫酸铜技术在实际生产中的优势[J].铜业工程,2022,(3):70-73.