

高效银电解设备在铅阳极泥回收银中的应用

解维平 代昕璐

(山东恒邦冶炼股份有限公司, 山东烟台 264109)

[摘要] 某冶炼厂采用人工水平方式浇铸银阳极板和利用传统船型银电解槽电解银阳极板,从而回收铅阳极泥中的银,存在占地面积大、占压资金多、生产成本低、操作环境差等诸多问题,急需引进新的高效银电解设备。本文介绍了立模人工浇铸阳极板、自动水平连铸阳极板、立式高效电解槽、无残极电解槽等设备的原理、优点及其应用。采用自动水平连铸阳极板配套立式高效电解槽及无残极电解槽的工艺回收银,残极率为5%~10%,比传统电解设备降低了15%,电流密度提高约70 A/m²,电流效率提高了约35%,节约了生产成本,产出的银粉品质符合国标要求,银粉含金量由16.5 g/t降至0.5 g/t,具有显著的经济效益。

[关键词] 银电解; 银阳极板; 立式电解槽; 电流效率; 水平浇铸; 无残极电解槽; 直收率

[中图分类号] TF832 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1008-5122(2022)01-0014-04

DOI:10.19610/j.cnki.cn11-4011/tf.2022.01.004

0 前言

山东某冶炼厂年产铅阳极泥约8 000 t,通过贵铅炉还原熔炼、分银炉氧化吹炼后,使用平模人工方式将银浇铸成35 kg银阳极板;银阳极板利用传统船型电解槽电解生产银粉,银粉洗涤烘干后熔化铸锭,阳极泥进一步处理提取其中的金、铂、钯等贵金属元素。平模人工浇铸银阳极板存在板厚度不均匀、飞边毛刺多、不规则、易短路、残极率高等问题;传统船型电解槽存在电流效率低、人工刮板劳动强度大、银粉含金量高、操作环境差、占地面积大、电解液占用多等问题^[1-3]。针对以上问题,山东某冶炼厂采用自动水平连铸小板、立式高效银电解槽电解,提高电流效率、降低劳动强度和银粉含金量,取得了良好的经济效益和环境效益。

1 传统银电解设备

1.1 人工浇铸银阳极板

铅阳极泥经贵铅炉还原熔炼、分银炉氧化吹炼后得到银合金,使用平模人工方式浇铸成尺寸为500 mm×372 mm的银阳极板,每块银阳极板重约

35 kg。由于平模人工浇铸无法做到定量控制,银阳极板厚度不均匀,投入银电解槽后,造成极间距不固定;且由于阳极板厚度不均匀,电解周期受最薄的极板制约,残极率高。平模浇铸的银阳极板为大耳阳极,电解过程中残极率达20%~25%,残极需返回分银炉重新铸板,直收率低,生产成本低。此外,平模浇铸的银阳极板飞边毛刺多,倒模时不易脱模,需人工使用撬棍辅助脱模,银阳极板易变形,导致电解时银阳极板与导电铜排间接接触面积小,易出现短路烧板现象。同时由于银阳极板表面毛刺、颗粒较多,电解过程中易引起局部放电,造成阳极袋被击穿,黑金粉混入银粉中,造成银粉中金品位升高,金损失量大,回收率低。

人工浇铸的银阳极板品质见表1。

1.2 传统船型银电解槽

人工浇铸好的银阳极板在传统船型银电解槽中电解,传统船型银电解槽外形尺寸为6 110 mm×1 000 mm×750 mm,占地面积较大。每个大槽包含7个小槽,每个小槽内放置6块阴极板和5块阳极板。电流密度一般为600 A/m²,电流效率约为55%,每个大槽每天可产银粉约300 kg。由于电解槽较大,所需电解液较多,每槽电解液约4 m³,贵金属在制品增多,资金占用较多。传统船型银电解槽采用人工方式刮银粉,劳动强度大^[4],且易造成短路现象。电解产生的酸性烟气利用电解槽上部敞口的伞形烟罩收集,需经过操作空间,导致操作环境恶

[收稿日期] 2021-09-22

[作者简介] 解维平(1988—),男,辽宁抚顺人,本科,工程师,主要从事有色冶炼技术研发及技术管理工作。

[引用格式] 解维平,代昕璐. 高效银电解设备从铅阳极泥中回收银的应用[J]. 有色冶金节能,2022,38(1):14-17.

表1 人工平模浇铸银阳极板品质

%

元素	Ag	Au*	Cu	Pb	Fe	Sb	Se	Te	Bi	Pd
含量	99.985 00	54.000 00	0.007 92	0.000 06	0.000 60	未检出	0.000 01	未检出	0.000 81	0.000 10

注: * 单位为 g/t

劣,对周围设备腐蚀严重。产出的银粉通过电解槽底部的传送带传输至电解槽外收集,再进行洗涤烘干、铸锭。银粉中的金品位较高,铸成银锭后外售,

金不计价,造成贵金属损失。传统船型银电解槽产出的银粉品质见表2。

表2 传统船型银电解槽产出银粉品质

%

元素	Ag	Au*	Cu	Pb	Fe	Sb	Se	Te	Bi	Pd
含量	99.996 00	16.500 00	0.002 00	0.000 05	0.000 09	未检出	0.000 06	未检出	0.000 09	0.000 06

注: * 单位为 g/t

因此,急需引进新型银电解设备,提高金回收率、降低劳动强度和生产成本、改善工作环境。

2 新型银电解设备的应用

2.1 立模人工浇铸银阳极板

为解决人工平模浇铸银阳极板存在的问题,选用立模人工方式浇铸银阳极板,阳极板尺寸为220 mm×375 mm,厚度约16 mm,重量约14 kg/块,冷却凝固后拆开模具进行脱模,铸成的阳极板利用冲孔机打孔。

立模人工浇铸的银阳极板,易于脱模,几乎无飞边、毛刺,形状规则,表面光滑平整。浇铸成型的银阳极板利用银质挂钩悬挂于银导电棒上,放置于立式高效银电解槽中。采用银导电棒,导电效果好,导电棒与铜排间接接触面积大,电解过程中不易短路。

采用小阳极板加挂钩的形式电解,极板几乎全部浸没于电解液中,同时由于阳极板厚度均匀,各阳极板之间电解周期可保持同步,残极率低,基本在5%~10%,提高了银的直收率。

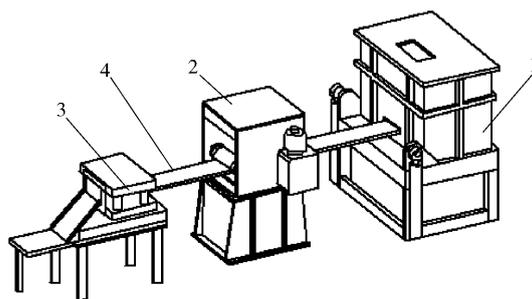
2.2 自动水平连铸银阳极板

立模人工浇铸阳极板,虽然解决了脱模困难、飞边毛刺多等问题,但人工劳动强度大,且存在操作安全风险,因此选择自动水平连铸方式。

选用自动水平方式连铸银阳极板,分银炉产出的银合金倒入工频保温炉,通过工频保温炉出料口的水冷模具,利用牵引机将合金连续拉成375 mm宽的银板,再利用液压切断机将银板切成375 mm×500 mm、重量约35 kg/块的无耳阳极板,最后阳极板利用冲孔机打孔(图1)。

采用水平连铸银阳极板,可实现自动浇铸,劳动

强度低,且液压切断机采用在线跟踪切断的设计,可由程序控制,根据需求直接在触摸屏内设置阳极板的长度;如需调整阳极板宽度,仅需更换工频炉出料口的水冷模具。此外,自动水平连铸工频保温炉内熔体液面可覆盖石墨颗粒,避免熔体被氧化,使产出的银阳极板表面光滑,截面无气孔,更有利于电解。与人工浇铸的银阳极板相比,自动水平连铸的银阳极板残极率相同,但板幅较宽,可提高电解工序生产效率,从而提高产能。



1 - 工频炉; 2 - 牵引机; 3 - 液压切断机; 4 - 银阳极板

图1 自动水平连铸机

2.3 立式高效银电解槽

立式高效银电解槽外形尺寸为2 290 mm×1 080 mm×960 mm,占地面积小,每槽需电解液约1.5 m³,贵金属在制品较少,资金占用少。每个大槽包含3个小槽,每个小槽装入7块阳极和6块阴极。电流强度控制在1 600 A左右,电流密度为730 A/m²,电流效率可达到90%,每个高效银电解槽每天可产银粉300~350 kg。

电解过程中,电解液通过槽底阀门放入电解液循环槽,阀门前段设有滤网,可防止银粉流入循环槽中。循环槽中的电解液通过电解液循环泵打入电解槽中,通过电解液分布器均匀分布在各个

极板之间,然后通过回流管自流入电解液循环槽(图2)。电解周期为24 h,电解完成后,通过电解槽底部放料阀将槽内银粉及电解液放入接料小车;接料小车设有带孔隔板,隔板上铺有滤布,银粉经滤布过滤,滤液通过小车底部放液口通过隔膜泵打至电解液循环槽。银粉全部过滤完成后,将接料小车推出,取出滤布内银粉洗涤烘干,熔融铸锭。电解液循环槽内设置水冷盘管,循环水利用冷水机组冷却,通入水冷盘管后给电解液降温,控制电解槽内电解液温度为40~45℃。

电解槽内部设有烟气管路,上部设有透明的塑

料材质顶盖,通过尾气风机抽力使电解槽内保持负压状态。电解过程产生的烟气经烟气管道排入尾气吸收系统,使整个电解过程处于密闭环境中,烟气不经过操作区域,大大改善了操作环境。

电解过程中,利用电机及导向轴带动PP板制作的刮板,实现阴极板自动刮板,降低了工人的劳动强度。阴极析出的银粉及时被刮入阳极袋中,有利于电解的进行,且可有效防止短路及阳极袋击穿的发生。高效银电解槽产出的银粉品质见表3。银粉铸锭品质均符合国标《银锭》(GB/T 4135—2016)中IC-Ag 99.99的要求。

表3 高效银电解槽产出的银粉品质

名称	Ag	Au*	Cu	Pb	Fe	Sb	Se	Te	Bi	Pd	%
产品1	99.999 15	0.53	0.000 7	0.000 02	0.000 06	未检出	0.000 05	未检出	0.000 03	0.000 04	
产品2	99.999 02	0.50	0.000 6	0.000 02	0.000 05	未检出	0.000 06	未检出	0.000 03	0.000 06	
产品3	99.999 07	0.51	0.000 7	0.000 03	0.000 07	未检出	0.000 06	未检出	0.000 02	0.000 04	
产品4	99.999 13	0.47	0.000 6	0.000 03	0.000 05	未检出	0.000 04	未检出	0.000 03	0.000 04	
产品5	99.999 11	0.50	0.000 6	0.000 02	0.000 06	未检出	0.000 05	未检出	0.000 04	0.000 05	
IC-Ag99.99	99.990 00	—	0.002 5	0.001 00	0.001 00	0.001 0	0.000 50	0.000 80	0.000 80	0.001 00	

注:*单位 g/t

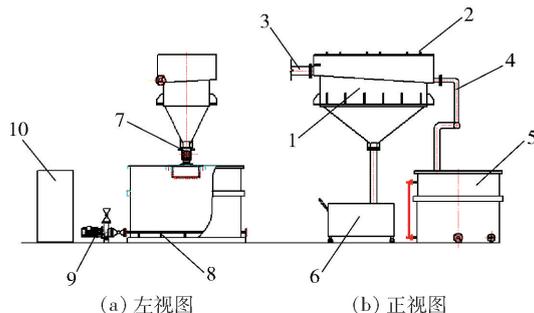


图2 高效银电解槽

2.4 无残极电解槽

在立式高效银电解槽的基础上,增加无残极电解槽。立式高效银电解槽产生的残极以及传统船型银电解槽产生的残极,装入钛篮中,挂入电解槽内作为阳极,以不锈钢板作为阴极。无残极电解槽与立式高效银电解槽形式相同,每个大槽包含3个小槽,每个小槽装入7块阳极和6块阴极,在电流密度 $1\ 600\ \text{A}/\text{m}^2$ 下电解,产出银粉。采用无残极电解槽处理残极,残极可直接电解转化为银粉,无需再返回分银炉内进行熔融铸锭,简化了工艺流程,减少资金占用^[5],提高残极中银的直收

率,降低生产成本。

3 技术经济分析

传统银电解设备与新型银电解设备经济效益比对见表4。从表4可以看出,传统银电解设备残极率为20%~25%,残极需返回分银炉重新铸板,直收率低,生产成本高;而新型银电解设备残极率为5%~10%,比传统银电解设备残极率降低约15%,生产成本降低。利用自动水平连铸银阳极板+高效银电解槽+无残极电解槽,电流密度提高约 $70\ \text{A}/\text{m}^2$,电流效率提高了约35%,节约了生产成本。银粉品质可达到99.999%以上,银粉中含银量由 $16.5\ \text{g}/\text{t}$ 降低至 $0.5\ \text{g}/\text{t}$,按照年产800 t银锭计,每年可减少金损失量约12.8 kg,具有显著的经济效益。

表4 传统银电解设备与新型银电解设备经济效益分析

名称	残极率/ %	电流效 率/%	电流密度/ $\text{A}\cdot\text{m}^{-2}$	银粉含银量/ $\text{g}\cdot\text{t}^{-1}$
传统银电解设备	20~25	55	600	16.5
新型银电解设备	5~10	90	730	0.50

4 结论

1)人工平模方式浇铸阳极板存在板厚度不均

匀、飞边毛刺多、易短路等问题;采用自动水平连铸阳极板实现自动浇铸,劳动强度低,产能提高。传统船型银电解槽电流效率低,劳动强度大;采用立式高效银电解槽,不仅电流效率提高约35%,还可以提高银粉品质,大幅降低生产成本。

2)采用自动水平连铸银阳极板+立式高效银电解槽+无残极电解槽,残极率降低约15%,产出的银粉铸锭均符合国标GB/T 4135—2016中IC-Ag 99.99的要求,银粉品质上升,金损失量减少。

综上,采用高效银电解设备从铅阳极泥中回收银,方法简单易行,具有显著的经济效益和社会效益。

[参考文献]

- [1] 侯绍彬,杨强,周君祺,等. 提高银电解生产效率的技术研究及实践应用[J]. 世界有色金属, 2020, 543(3): 8,10.
- [2] 张晓涛. 银电解槽的设计改进及优化[J]. 有色设备, 2012,26(2):22-24.
- [3] 郑州金泉矿冶设备有限公司. 用于银电解的电解槽: 207685356U[P]. 2018-08-03.
- [4] 侯帮炬,吴建华,程铭. 基于PLC控制的银电解刮板机的改造[J]. 有色设备, 2016,30(2): 42-45.
- [5] 陈芳斌,刘勇,杨天足,等. 从富贵锑合金中提取金的工艺改造[C]//2007年全国黄金(有色金属)矿山生产新技术、新产品学术交流会议论文集. 长春, 2007.

Application of High-efficiency Silver Electrolysis Equipment in Silver Recovery from Lead Anode Slime

XIE Wei-ping, DAI Xin-lu

Abstract: Manually horizontal casted silver anode plates and traditional ship-type silver electrolytic cells are adopted by a certain smelter to recover silver from lead anode slime by electrolysis, presenting multiple issues such as large footprint, large amounts of capital tied up, high production costs and poor operating environment, so it's urgent to introduce new high efficiency silver electrolysis equipments. The principles, advantages and application of anode plates produced by manually vertical mould casting and automatically horizontal continuous casting, vertical high-efficiency electrolytic cells and no residuals anode electrolytic cells were introduced in this paper. The silver recovery process of automatically horizontal continuous casted anode plates together with vertical high-efficiency electrolytic cells and no residuals anode electrolytic cells, results in an anode scrap ratio of 5% ~ 10%, down by 15% compared with traditional electrolysis equipment, an increase in current density by about 70 A/m² and a rise in current efficiency by around 35%, saving production costs. The produced silver powder is up to the national standards and the gold content in it drops from 16.5 g/t to 0.5 g/t, leading to remarkable economic benefits.

Key words: silver electrolyte; silver anode plate; vertical electrolytic cell; current efficiency; horizontal casting; no residuals anode electrolytic cell; direct recovery