

复杂粗铜电解回收铜及贵金属的试验研究

刘胜宏¹, 鲁艺珍², 刘金生², 杨文魁²

(1. 江西金德铝业股份有限公司, 江西 德兴 334202; 2. 江西铜业技术研究院有限公司, 江西 南昌 330500)

[摘要] 本文针对某贵金属含量较高、铜含量较低的复杂粗铜进行电解试验研究,实现铜与贵金属及其他有价元素的高效回收。试验结果表明,在铜离子浓度 45 g/L、电流密度为 200 ~ 250 A/m²、温度为 45 °C、循环速度为 20 ~ 40 mL/min 的条件下,阴极铜形貌致密光滑,电流效率 > 97%;当控制电解液中 Ag⁺ < 0.03 g/L、Cl⁻ < 0.01 g/L 时,可有效避免阴极铜的银夹杂和表面粗糙;电解液中添加 0.01 g/L 骨胶,可使阴极铜纯度提升至 99.95%。试验所得阴极铜纯度达 99.95%,Au 及 Ag 含量较低,分别为 0.000 2% 和 0.001 2%;粗铜中的贵金属高效富集于阳极泥中,Au 品位提升至 8.43%,较原料富集 8.3 倍,Ag 品位提升至 0.35%,较原料富集 11.6 倍。

[关键词] 低品位粗铜; 铜电解精炼; 铜阳极泥; 添加剂; 贵金属回收

[中图分类号] TF803.23; TF811 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 2097-2423(2025)06-0035-07

DOI: 10.19610/j.cnki.cn10-1873/tf.2025.06.006

0 引言

铜电解精炼是铜冶炼的核心工艺之一,不仅能够生产高纯阴极铜,还可高效富集金、银等贵金属以及铋、铊等有价元素,显著提升铜矿资源的综合利用价值^[1-4]。随着铜矿原料日趋复杂化,高杂质含量、低品位粗铜的处理成为行业技术难点^[5-6]。某公司现有铜含量 60% ~ 90%、同时富含金、银及铋等元素的粗铜库存,传统火法精炼难以实现其经济高效的分离回收。电解精炼是一种高效的金属提纯工艺,电解过程中稀贵金属富集于阳极泥,可进一步提取回收以提升经济效益;此外,电解精炼适用于不同品位的阳极铜^[7-8]。电解精炼因其选择性溶解与沉积的特性,成为处理复杂物料的理想方法,但需优化

工艺参数以平衡阴极铜质量与贵金属回收率^[9-11]。

粗铜电解工艺的研究进展表明,多个关键工艺参数共同决定了电解过程的成败。电解液通常为硫酸铜-硫酸体系^[6],电解液温度和电流密度是主要参数,直接影响生产效率和阴极质量。随着电解液温度升高,其电导率逐渐提高,有助于降低能耗;但温度过高会导致电解液挥发加剧,对生产设备造成损害^[6]。提高电流密度可以在基本不增加设备的情况下提升阴极铜产量,但过高的电流密度容易引起阳极钝化、短路增多和电流效率下降等问题^[12]。此外,电解液循环速度对控制阴极扩散层厚度、减少浓差极化、保证阴极附近离子均匀供应至关重要。

电解液中杂质离子(如 Ni²⁺、Fe²⁺/Fe³⁺、As、Sb、Bi)的积累也是研究的重点。有害杂质会溶解进入电解液,并不断富集^[6,13]。高浓度的 Ni²⁺ 和 Fe²⁺ 会降低电解液导电度,增加能耗^[14];而 As、Sb、Bi 等“飘浮阳极泥”杂质易吸附于阴极表面,导致阴极铜表面长粒子、结晶粗糙甚至杂质含量超标,严重影响阴极铜品级率,同时还会造成电解液中铜离子贫化以及阳极钝化^[15]。银离子浓度过高时也会在阴极沉积,造成经济损失。通过加入氯离子可以使银离子形成氯化银沉淀,但是氯离子过多也会对阴极板的形貌造成较大影响^[10]。添加剂(如骨胶、硫脲等)的使用同样是调控阴极结晶形态、获得光滑致密阴极铜的关键手段,可有效改善阴极铜的表面结构^[6]。

目前关于低品位粗铜电解的工艺研究鲜有报

[收稿日期] 2025-07-24

[作者简介] 刘胜宏(1969—),男,本科,高级工程师,研究方向为有色金属冶金。

[通信作者] 杨文魁(1985—),男,工学博士,高级工程师,主要从事有色金属矿渣资源分离与回收工作。

[引用格式] 刘胜宏,鲁艺珍,刘金生,等.复杂粗铜电解回收铜及贵金属的试验研究[J].绿色矿冶,2025,41(6):35-41.

LIU Shenghong, LU Yizhen, LIU Jinsheng, et al. Experimental study on the recovery of copper and precious metals by complex coarse copper electrolysis[J]. Sustainable Mining and Metallurgy, 2025, 41(6): 35-41.

道,系统开展低品位粗铜电解工艺优化研究对于回收铜品位较低的废杂铜具有一定的意义。本文针对该公司的低品位粗铜,采用电解工艺实现铜及金、银等贵金属的分离回收,研究了电解液铜离子浓度、电流强度、电解液循环速度、电解液杂质含量及骨胶添加剂等工艺条件对低品位粗铜电解的影响,实现粗铜中贵金属含量基本进入阳极泥而进一步回收、阴极铜直接外售的目的。

表1 粗铜的化学成分

元素	Au	Ag	Cu	Pd	Pt	Sb	Bi	Te	Ni	Fe	As	Pb
含量	1.01	0.03	88.13	0.025	0.01	5.59	0.04	0.006	2.51	2.61	0.02	0.02

表2 电解液中主要元素含量

元素	Au	Ag	Cu	Sb	Bi	Te	Ni	Fe	As	Pb	Cl
含量	痕	0.03	45.7	1.74	3.06	0.43	0.48	2.03	0.62	0.04	0.01

1.2 试验方法

本文在 5 L 电解槽中开展电解试验,同时配备了一个 2.5 L 的高位槽及 2.5 L 的低位槽用于电解液循环,试验装置示意图如图 1 所示。试验过程中,电解液的流速通过蠕动泵控制,并在低位槽与高位槽之间配备自动过滤装置以净化电解液。电解液温度由外置水浴锅精确控制。此外,采用直流电源系统,全程以恒电流模式进行电解。

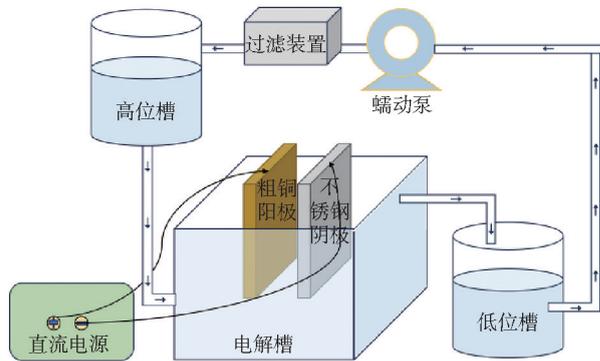


图1 试验装置示意图

铜电解过程中电流效率的计算见式(1)。

$$\eta = m / (kIt) \times 100\% \quad (1)$$

式中, η 为电流效率, m 为阴极铜实际产量, k 为铜的电化学当量,其值为 1.186, I 为电流强度, t 为电解时间。

2 结果分析与讨论

2.1 电解时间对电解液中铜离子及其他元素含量的影响

为探究粗铜电解过程中铜离子浓度及其他元素

1 试验

1.1 试验原料

本文以低品位粗铜为阳极,以不锈钢为阴极,以硫酸铜溶液为电解质,探究粗铜电解的最佳工艺条件。所用粗铜样品来自库存中某粗铜块的长方形切割样,其主要化学成分见表 1。硫酸铜溶液直接采用生产过程中的含铜电解液,其成分见表 2。

含量的变化规律,开展了长时间电解试验。试验条件为:电流密度 200 A/m^2 、电解液温度 $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 、极间距 5 cm 、电解液游离酸浓度 180 g/L 。如图 2 所示,在 89 h 的电解过程中,电解液铜离子浓度刚开始维持在 45 g/L 附近波动;随着电解时间延长至 60 h 后,电解液铜离子浓度开始小幅下降至约 40 g/L 。这表明电解开始阶段,电解液中铜离子浓度基本比较稳定,随着电解时间的进一步延长,电解液中的部分铜离子会消耗,电沉积至阴极铜中。这可能是由于粗铜阳极中除了铜发生溶解反应外,铈、铋、镍及铁等杂质元素也会逐渐溶解,随着电解时间的延长,杂质溶解量逐渐增加,形成致密的钝化层覆盖在阳极表面而降低铜的溶解速率,从而使阳极铜进入电解液的铜离子补充量减少,导致电解液中部分铜离子净消耗。因此,后续工业生产中,在粗铜长时间电解情况下,需要考虑电解液中铜离子的及时补充,以

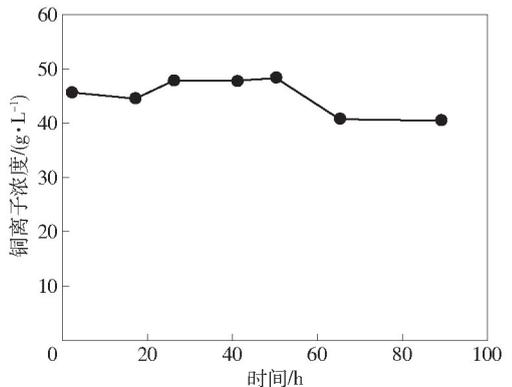


图2 电解液中铜离子浓度随电解时间的变化

维持电解系统稳定、高效的运行。

电解 60 h 后电解液中主要元素含量见表 3。通过对比表 2 和表 3, 发现 Ag 含量降低, 预示其在阴极铜中富集, 因此需要加入添加剂去除电解液中的银, 使其在阳极泥富集, 以避免造成经济损失; 与之

相反, Sb、Ni 浓度升高, 表明这些有害杂质在电解液中发生了积累, 严重影响阴极铜质量, 需不断对电解液进行净化处理; Cl 的消失表明其可能参与了反应或被消耗。

表 3 电解 60 h 后电解液中主要元素含量

元素	Au	Ag	Cu	Sb	Bi	Te	Ni	Fe	As	Pb	Cl
含量	痕	痕	40.76	2.54	2.67	0.4	0.65	2.02	0.63	0.01	痕

2.2 电流密度对电解过程的影响

电流密度是铜电解精炼中最主要的技术指标之一, 电流密度和阴极铜产量成线性关系, 提高电流密度可以在基本不增加设备的情况下, 提高阴极铜产量、劳动生产率和经济效益。但是电流密度过高, 会使阴极沉积速度过快, 以致铜离子还原不充分, 阴极可能会发生析氢的副反应, 易形成疏松、粗糙的枝晶结构, 降低铜的致密性和纯度, 且 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 等杂质离子可能因反应速率过快而发生共沉积, 导致阴极铜纯度下降^[15]。

图 3 分别为 200 A/m²、250 A/m² 和 300 A/m² 三种电流密度条件下阴极铜的微观形貌及宏观形貌图。表 4 分别为 200 A/m²、250 A/m² 和 300 A/m²

三种电流密度条件下的阴极电流效率。在铜电解精炼过程中, 电流效率是衡量电能有效利用的关键指标, 表示实际用于目标反应的电量与总耗电量的比值。由图 3 可知, 在 200 A/m² 和 250 A/m² 的电流密度下, 阴极铜表面光滑致密, SEM 图像显示其表面无颗粒状杂质。当电流密度升至 300 A/m² 时, 阴极铜表面出现明显凸起颗粒, SEM 图像显示其表面粗糙度增加并伴有裂纹。由表 4 可知, 随着电流密度从 200 A/m² 增加到 250 A/m², 电流效率从 97.6% 升至 99.0%, 提高 1.4%; 随着电流密度从 250 A/m² 增加到 300 A/m², 电流效率降低到 97.7%, 这可能是过高的电流密度导致副反应加剧。

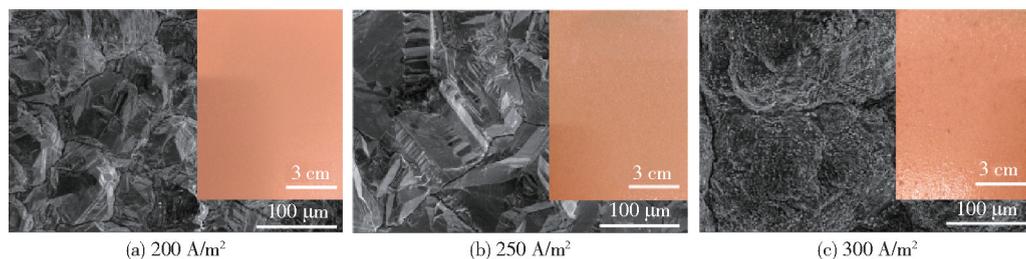


图 3 不同电流密度下阴极铜的微观形貌及宏观形貌(右上角插图)

表 4 不同电流密度下的阴极电流效率

电流密度/A·m ⁻²	电流效率/%
200	97.6
250	99.0
300	97.7

2.3 电解液温度的影响

电解液温度是铜电解精炼的关键参数。适当升温可提高电解液电导率、降低槽电压, 从而减少能耗, 同时还可增加硫酸铜溶解度, 加快离子迁移速度, 改善阴极铜结晶质量, 获得更致密的沉积层。但温度过高会导致电解液挥发, 产生具腐蚀性的酸性气体, 对设备造成损害。为探究温度对电解过程的影响, 在其他工艺条件保持一致的情况下, 分别研究

了 25 ℃、45 ℃ 和 65 ℃ 下粗铜电解的效果, 试验结果如图 4 所示。由图 4 可知, 电解液温度为 25 ℃ 时, 阴极铜晶粒较小, 表面粗糙, 阴极电流效率为 96.71%; 随着电解液温度升高至 45 ℃ 时, 晶粒变细, 阴极铜表面较为光滑, 电流效率升至 99.69%; 当电解液温度为 65 ℃ 时, 电流效率进一步升至 99.95%, 但阴极铜表面形成粗大晶粒, 可能是由于结晶生长速率过快。因此, 温度为 45 ℃ 时阴极铜电流效率及形貌较好。

2.4 电解液循环速度的影响

电解液循环速度对电解过程具有重要影响。适当的循环速度可以确保阴极附近铜离子浓度均匀分布, 有效消除阴阳极间的浓差极化现象, 同时维持电

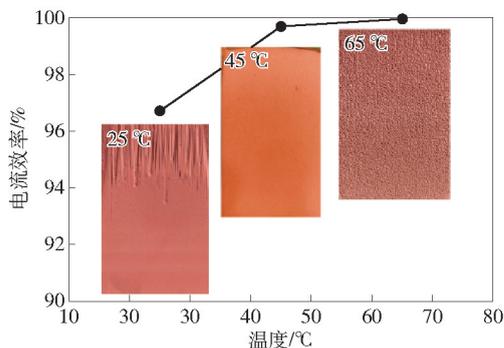
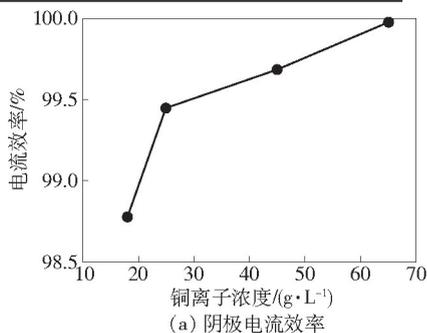


图4 不同温度下阴极铜的电流效率及其宏观形貌

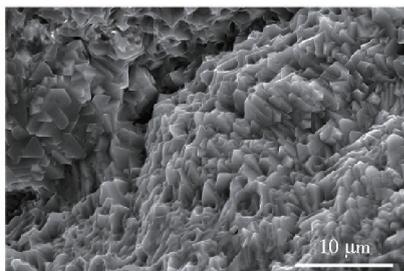
解液温度均匀性,并促进添加剂的均匀分布。然而,过高的循环速度会导致电解液中的悬浮颗粒和气泡在阴极表面吸附,从而影响阴极铜的沉积质量。为确定最佳循环速度,本文在 200 A/m^2 的电流密度条件下,考察了 0 mL/min 、 20 mL/min 和 40 mL/min 三种不同循环速度对阴极铜质量的影响,试验结果见表5。由表5可知,当循环速度为 0 mL/min 时,阴极铜表面出现大量颗粒和明显竖条纹;当循环速度为 20 mL/min 时,获得光滑平整的沉积表面;而当循环速度进一步提高至 40 mL/min 时,则会导致细小灰白色颗粒的出现。因此,在 200 A/m^2 的电流密度

表5 不同循环速度下的阴极铜质量

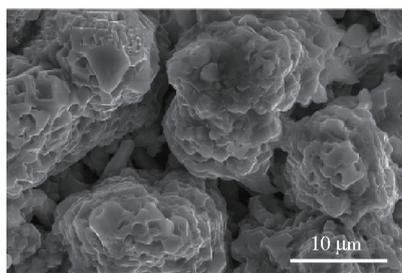
循环速度/ $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$	0	20	40
阴极铜形貌	表面长出大量颗粒,存在竖条纹	光滑平整	表面出现细小灰白色颗粒



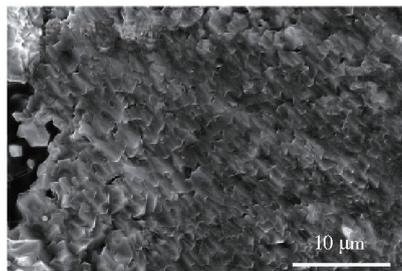
(a) 阴极电流效率



(c) 45 g/L 微观形貌图



(b) 25 g/L 微观形貌图



(d) 65 g/L 微观形貌图

图5 铜离子浓度对铜电解精炼的影响

条件下,电解液循环速度控制在 $20 \sim 40 \text{ mL/min}$ 范围可获得最佳的阴极铜表面质量。

2.5 铜离子浓度的影响

铜离子浓度是影响粗铜电解精炼过程的关键参数之一。适宜的铜离子浓度能够促进阴极形成致密光滑的沉积层,同时抑制其他金属离子的共沉积,保证阴极铜的纯度。当铜离子浓度不足时,氢离子的竞争性还原反应增强,导致阴极析氢现象,形成疏松多孔的沉积结构并增加杂质吸附风险。而过高的铜离子浓度则会导致电解液黏度上升,阻碍离子迁移,可能形成瘤状或粗糙的沉积层。

在保持其他条件一致的情况下,将电解液中铜离子浓度从 18 g/L 提高至 65 g/L 进行粗铜电解,实验结果如图5所示。由图5(a)可知,随着铜离子浓度的增加,电流效率从 98.78% 显著提升至 99.98% 。由图5(b)至图5(d)可知,在铜离子浓度为 25 g/L 的低浓度条件下,阴极铜表面的晶粒生长不均匀,晶粒尺寸为 $10 \sim 50 \mu\text{m}$,并伴有瘤状突起和大量孔洞裂纹;当铜离子浓度提升至 45 g/L 时,沉积层转变为均匀的层状生长模式,晶粒尺寸显著减小至 $1 \sim 5 \mu\text{m}$,表面光滑致密;当铜离子浓度进一步提高至 65 g/L 时,晶粒尺寸进一步细化,展现出更优的微观结构特征。铜离子浓度过高时,电解液黏度上升,因此,铜离子浓度控制在 45 g/L 较适宜。

2.6 银离子浓度的影响

由于 Ag^+ 的标准电极电位 ($+0.799 \text{ V}$) 高于

Cu^{2+} (+0.337 V), 在电解过程中, 部分 Ag^+ 会在阴极与 Cu^{2+} 共沉积, 导致阴极铜含银量升高, 影响铜的纯度并造成银的损失^[16]。为探究电解液中银离子浓度对阴极铜形貌、纯度以及电流效率的影响, 在保持其他条件不变的情况下, 将电解液中银离子浓度由 0.03 g/L 变化至 0.55 g/L 分别进行电解, 结果如图 6、图 7 所示。

由图 6 可知, 随着银离子浓度升高, 阴极铜表面

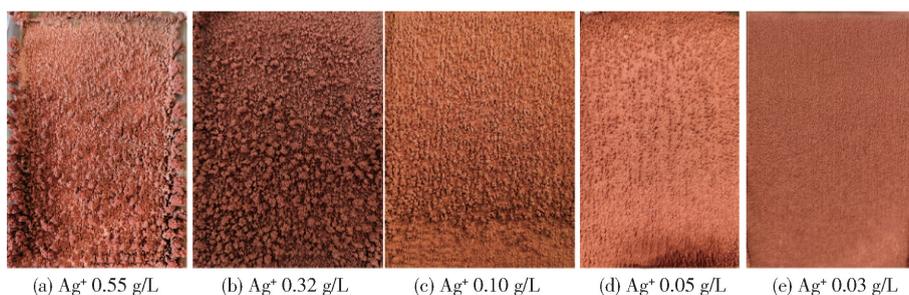


图 6 不同银离子浓度下阴极铜宏观形貌

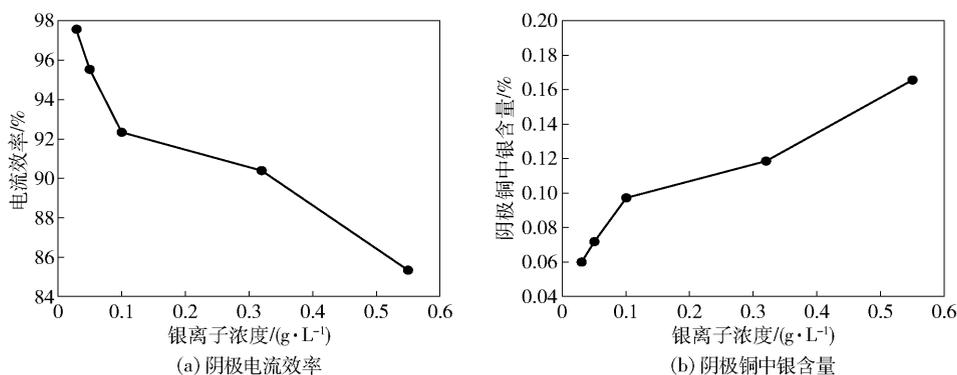


图 7 银离子浓度对铜电解电流效率、阴极铜银含量的影响

2.7 氯离子浓度的影响

氯离子能与电解液中的银离子形成氯化银沉淀而进入阳极泥, 从而减少银在阴极的析出, 降低阴极铜中银含量的同时促进电解液中其他杂质的沉淀, 使阴极表面更光滑。然而, 氯离子浓度过高会导致阴极质量恶化, 形成树枝状结晶^[17]。

在电流密度为 200 A/m²、电解液温度为 45 ℃、极板间距为 5 cm、电解液中游离酸浓度为 180 g/L、铜离子浓度为 25 g/L、电解周期为 24 h 的条件下, 研究了盐酸用量对电流效率和阴极铜表面质量的影响, 试验结果如图 8 所示。由图 8 可知, 随着氯离子浓度的增加, 电流效率逐渐降低; 当氯离子浓度从 10 mg/L 增至 100 mg/L 时, 电流效率从 97.1% 降至 88.5%。

阴极铜表面形貌也随氯离子浓度变化而改变(图 9)。当氯离子浓度为 0.01 g/L 时, 阴极铜表面光滑且呈现玫瑰红色光泽; 当氯离子浓度升至 0.03 g/L

疏松现象加剧, 瘤状颗粒明显变大, 轻触即掉。当银离子浓度降至 0.1 g/L 以下时, 表面疏松现象明显减弱, 但仍存在颗粒状结构。进一步将银离子浓度控制在 0.03 g/L 以下时, 阴极铜表面恢复平整坚硬。由图 7(a) 可知, 随着银离子浓度增加, 电流效率由 97.56% 显著下降至 85.31%。因此, 电解液中银离子浓度需严格控制在 0.03 g/L 以下, 可以控制阴极铜中银含量低于 0.06%, 结果如图 7(b) 所示。

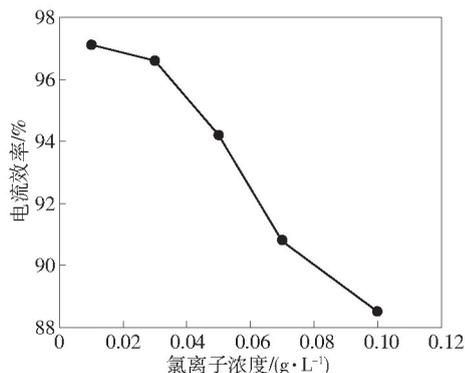


图 8 氯离子浓度对电流效率的影响

时, 阴极铜表面结晶致密并出现微小粒子; 当氯离子浓度达到 0.1 g/L 时, 阴极铜表面严重粗糙, 并布满黑色密集大颗粒。因此, 电解液中氯离子浓度需控制小于 0.01 g/L 范围内, 以平衡阴极质量和电流效率。

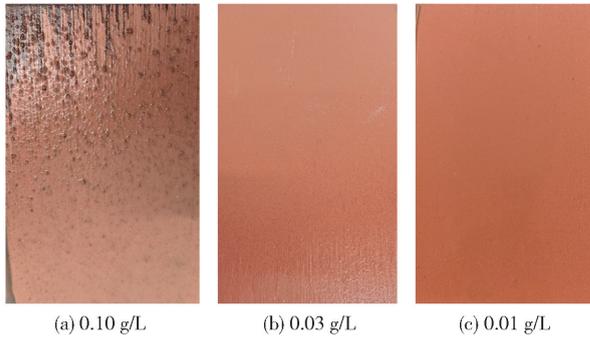


图9 不同氯离子浓度下阴极铜宏观形貌

2.8 添加剂骨胶用量的影响

骨胶作为一种表面活性剂,能吸附在阴极表面,抑制铜离子的快速还原,使阴极铜沉积更致密和平整,减少瘤状物或树枝状结晶的形成,提高结晶致密性。此外,骨胶还能优化电解液的电化学环境,减少极化现象,降低槽电压,进而节省能耗。然而,若骨胶添加过量,阴极表面吸附层过厚,可能阻碍铜离子的扩散,导致沉积速率下降,甚至形成疏松、多孔的阴极铜,影响产品纯度。同时,过量骨胶可能引发副反应,导致槽电压升高、电流效率下降及能耗增加。

在电流密度为 200 A/m^2 、电解液温度为 $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 、极板间距为 5 cm 、游离酸浓度为 180 g/L 、铜离子浓度为 30 g/L 、电解周期为 24 h 的条件下,研究了骨

胶用量对电流效率和阴极铜表观质量的影响,实验结果见表6。由表6可知,当骨胶用量从 0.001 g/L 增至 0.01 g/L 时,电流效率由 97.9% 略微提升至 98.2% ,变化趋势不明显,所生成的阴极铜纯度均较高。说明该范围骨胶的加入量较为适宜。

表6 骨胶用量对电流效率、阴极铜纯度和表面形貌的影响

骨胶量/ $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	电流效 率/ $\%$	阴极铜 纯度/ $\%$	表面形貌
0.001	97.9	99.60	表面光滑,呈玫红色,粒子较少
0.005	97.6	99.53	表面光滑,颜色均匀,呈玫红色, 结晶致密
0.010	98.2	99.95	表面光滑,呈玫红色,极板容易剥离

2.9 产物分析

在电解液中铜离子浓度 30 g/L 、电流密度 200 A/m^2 、电解液温度 $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 、循环速度 40 mL/min 的条件下进行电解,阴极铜和阳极泥的元素分析见表7。由表7可知,电解工艺实现了铜与贵金属的高效分离。阴极铜纯度达 99.95% , Au 及 Ag 含量较低,分别为 0.0002% 和 0.0012% 。阳极泥显著富集贵金属: Au 品位提升至 8.43% , 较原料富集 8.3 倍, Ag 品位提升至 0.35% , 较原料富集 11.6 倍,同时富集 Sb、Ni 等有价元素。

表7 阴极铜和阳极泥的元素含量

元素	Au	Ag	Cu	Pd	Pt	Sb	Bi	Te	Ni	Fe	As	%
阴极铜	0.0002	0.0012	99.95	0.02	0.0002	0.004	—	0.003	0.003	0.012	0.0002	
阳极泥	8.43	0.35	10.64	0.07	0.09	35.2	0.56	0.003	1.76	0.72	1.3	

3 结论

本文针对含铜量 88.13% 及含有少量贵金属的复杂粗铜开展电解工艺优化研究,主要结论如下:

1) 最佳工艺参数为:铜离子浓度 45 g/L 、电流密度 $200 \sim 250 \text{ A/m}^2$ 、温度 $45 \text{ }^\circ\text{C}$ 、循环速度 $20 \sim 40 \text{ mL/min}$ 。在此条件下阴极铜形貌致密光滑,电流效率 $>97\%$ 。

2) 杂质控制标准: $\text{Ag}^+ < 0.03 \text{ g/L}$ 、 $\text{Cl}^- < 0.01 \text{ g/L}$ 可有效避免阴极银夹杂和表面粗糙。添加 0.01 g/L 骨胶可使阴极铜纯度提升至 99.95% 。

3) 贵金属高效富集:阳极泥中 Au 品位提升至 8.43% , 较原料富集 8.3 倍, Ag 品位提升至 0.35% , 较原料富集 11.6 倍,验证了该工艺的经

济可行性。

[参考文献]

- [1] 陈晨,程楚,刘海涛,等. 铜电解精炼技术研究现状及展望[J]. 绿色矿冶,2024,40(3):41-49.
- [2] 许玉东,张雅琼,黄启成,等. 线路板污泥酸浸液中铜的置换回收[J]. 环境工程学报,2012,6(11):4083-4088.
- [3] 解正军. 用粗铜分析废液加不同粒度铁屑制取海绵铜研究[J]. 四川有色金属,2014(2):35-36,54.
- [4] 张旭泳,李露,谌思露,等. 低砷铜阳极电解钝化机理及控制技术[J]. 中国有色冶金,2022,51(6):12-17.
- [5] 王占昊,刘硕,杨思原,等. 中国废杂铜回收工艺现状及研究进展[J]. 中国冶金,2025,35(3):34-43.
- [6] 谭芳香,黄以伟. 废杂铜电解杂质控制的研究及生产

- 实践[J]. 云南化工, 2020, 47(4): 71-72.
- [7] 刘承飞, 刘大方, 舒波, 等. 废杂铜熔炼粗铜的电解精炼技术研究进展[J]. 有色金属工程, 2024(5): 56-65.
- [8] 范翔, 余志山, 熊爱臣. 从高银粗铜中回收铜、银的电解实践[J]. 湖南有色金属, 2007, 23(2): 21-23.
- [9] 方亚超, 潘明熙, 黄惠. 铜电解沉积过程中添加剂的影响研究现状及展望[J]. 矿冶, 2021, 30(5): 61-69.
- [10] 彭珊, 石瑀, 章佳豪. 铜电解过程阴极铜表面观形貌优化技术研究[J]. 福建冶金, 2024, 5: 10-13.
- [11] 沐亚玲. 影响电解阴极铜质量的因素研究[J]. 世界有色金属, 2024, 24-0022-3.
- [12] 张焯, 南君芳, 孙朋, 等. 基于人工大猩猩部队优化算法的铜电解工艺优化[J]. 绿色矿冶, 2024, 40(3): 71-75, 82.
- [13] 何恩, 王雨, 朱鹏春, 等. 杂质砷、锑、铋对铜电解精炼的影响及净化脱除技术进展[J]. 有色金属(冶炼部分), 2025(6): 83-93.
- [14] 倪志聪, 陈丽杰, 张喆秋, 等. 铜电解液中主要杂质净化脱除研究现状[J]. 湿法冶金, 2018, 37(5): 337-341.
- [15] CHEN Guangbo, ZHANG Tierui. Distorted nanotwins unlock the catalytic potential of copper for hydrogen evolution[J]. cMat, 2024, 2(1): e70004.
- [16] 闫洪, 曹瑞珂. Cu-0.1% Ag合金的晶粒显示和分析[J]. 铜业工程, 2021(4): 11-13.
- [17] 朱若林, 宋言, 代泽宇. 氯离子对锂电铜箔组织性能的影响[J]. 铜业工程, 2023(2): 81-85.

Experimental Study on the Recovery of Copper and Precious Metals by Complex Coarse Copper Electrolisis

LIU Shenghong¹, LU Yizhen², LIU Jinsheng², YANG Wenkui²

(1. Jiangxi Jinde Lead Industry Co., Ltd., Dexing 334202, China;

2. Jiangxi Copper Technology Research Institute Co., Ltd., Nanchang 330500, China)

Abstract: In this paper, the electrolytic experiment of a complex crude copper with high precious metal content and low copper content was carried out to realize the efficient recovery of copper and precious metals and other valuable elements. The results show that under the conditions of copper ion concentration of 45 g/L, current density of 200 ~ 250 A/m², temperature of 45 °C and cycle speed of 20 ~ 40 mL/min, the morphology of cathode copper is dense and smooth, and the current efficiency is more than 97%. When Ag⁺ < 0.03 g/L and Cl⁻ < 0.01 g/L in the electrolyte are controlled, the silver inclusion and surface roughness of cathode copper can be effectively avoided. Adding 0.01 g/L bone glue to the electrolyte can increase the purity of cathode copper to 99.95%. The purity of cathode copper was 99.95%, and the contents of Au and Ag were 0.000 2% and 0.001 2%, respectively. The precious metals in the crude copper are efficiently enriched in the anode slime. The Au grade is increased to 8.43%, which is 8.3 times higher than that of the raw material, and the Ag grade is increased to 0.35%, which is 11.6 times higher than that of the raw material.

Key words: low grade crude copper; copper electrorefining; copper anode slime; additives; precious metal recovery