

含贵金属固体废物资源化利用过程 职业病危害及防护设施分析

Investigation on occupational hazards in resource utilization process of solid waste materials containing precious metals and their protection facilities

刘森, 谭静怡, 南小影, 王斌, 王琪, 刘亚杰, 杜文霞

(兵器工业卫生研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 采用职业卫生现场调查和现场检测等方法, 对含贵金属固体废物再利用过程中产生的职业病危害因素进行检测、研究并分析危害程度, 确定该行业生产过程中的职业病危害关键控制点。结果显示, 预处理和电解为非噪声作业岗位, 除预处理工接触氮氧化物浓度超过限值以外, 其余岗位作业人员接触毒物浓度均符合限值要求。该项目职业病危害关键控制点为含银废料浸出工序。

关键词: 资源回收利用; 职业病危害; 职业病防护设施

中图分类号: R135 **文献标识码:** B

文章编号: 1002-221X(2020)05-0454-03

DOI: 10.13631/j.cnki.zgggryx.2020.05.022

现代信息技术的高速发展, 使得人们在享受高科技电子产品带来好处的同时, 也将面临电子垃圾导致的严重污染^[1]。化学方法对电子废弃物解离、分选、回收, 具有投资少、工艺较为成熟、效益高的优势, 是目前电子废弃物处理的主流工艺。但铜废酸和污泥具有毒性高、腐蚀性强、处理难的特点, 回收利用过程中职业病防护设施不全或工作人员个人防护用品未按标准配备, 极易导致化学中毒或酸碱灼伤^[2]。如何高效回收利用以上固(液)体废弃物并降低回收过程中产生的有毒有害物质对作业人员的影响已成为一个热点问题。本文通过对某贵金属固体废弃物回收企业生产过程中职业危害因素的识别与评价, 为制定职业病危害预防控制措施提供有效依据^[3]。

1 对象与方法

以某固体废弃物处理公司作为研究对象, 通过职业卫生现场调查和工程分析, 确定显像管贵金属回收过程中产生的职业病危害因素种类。在生产

设备和职业病防护设施正常运行下, 按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159—2004)《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素》(GBZ 2.1—2007)《工作场所有害因素职业接触限值 第2部分: 物理因素》(GBZ 2.2—2007)《工作场所空气有毒物质测定 氯化物》(GBZ/T 160.37—2004)《工作场所空气有毒物质测定 硫化物》(GBZ/T 160.33—2004)《工作场所空气有毒物质测定 第37部分: 一氧化碳和二氧化碳》(GBZ/T 300.37—2017)《工作场所空气有毒物质测定 第11部分: 铜尘及其化合物》(GBZ/T 300.11—2017)等国家标准对现场进行检测^[4]。碳酸钠、氢氧化钠、氮氧化物、氯化氢、铜尘采用短时间定点采样的方式。对职业接触限值为时间加权平均容许浓度的物质, 连续采样3个工作日, 样品数3个。对职业接触限值为短时间接触容许浓度或最高容许浓度的物质, 在1个工作日内空气中有害物质最高浓度进行采样, 连续采样3个工作日, 样品数3个。

根据前期现场调查, 采样点选择有代表性(人员停留时间较长)的工作地点, 包括加碱、溶解、萃取、电解、结晶岗位, 选择1个工作日内有害物质浓度最高的时段进行采样。

2 结果

2.1 职业卫生调查 该企业年产电积铜1000 t、电积银粉4.5 t, 包括预处理、萃取、电解、蒸发结晶及辅助生产共5大生产系统。使用的主要原料是含铜蚀刻液、含铜/银电镀污泥; 主要辅料有碳酸钠、氢氧化钠、硫酸、硝酸等。劳动定员13人, 采用1班制(8 h/班)。

2.2 工艺流程及职业病危害因素分布

2.2.1 萃取作业 采用三级萃取(电积工艺),

使用 Mextral 84H 进行萃取，一级萃取添加碳酸钠固体，二、三级萃取添加氢氧化钠饱和溶液，油水分离后进行电解得到阴极铜。含铜废液、污泥萃取工艺流程及职业病危害因素分布见图 1、表 1。

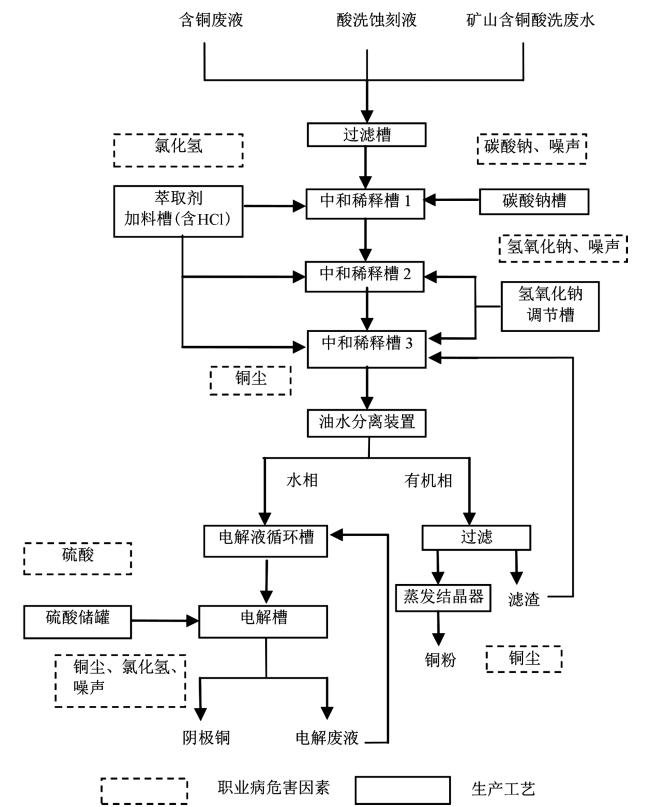


图 1 含铜废液、污泥萃取工艺流程及职业病危害因素分布

2.2.2 含银废料回收作业 将银基边角废料和废弃电子元器件分别放入不同的浸出槽中，用硝酸浸出，固液分离后进行电解得到银粉。含银废料回收工艺流程及职业病危害因素分布见图 2、表 1。

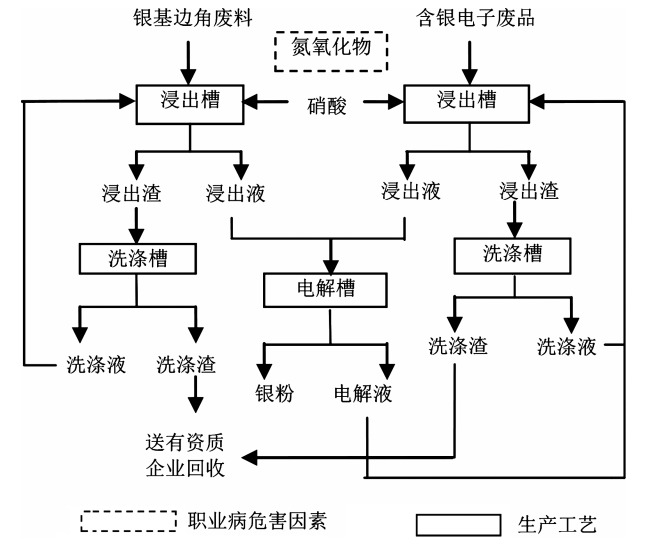


图 2 含银废料回收工艺流程及职业病危害因素分布

表 1 工作场所职业病危害因素分布

生产环节	职业病危害因素	来源	岗位
加碱平台	氢氧化钠、碳酸钠、噪声	蚀刻液、设备运转	预处理
溶解	氮氧化物	硝酸泵	
萃取	铜尘、噪声	浸出液、中和液	萃取
沉氯	氯化氢	浸出液	
电解	氯化氢、硫酸、噪声	电解	电解
蒸发结晶	铜尘、高温	蒸汽	结晶

2.3 职业病危害因素检测

2.3.1 化学物 结晶和萃取作业过程中接触铜尘，经检测萃取工和结晶工接触铜尘浓度均低于行动水平。预处理、萃取、电解、结晶作业人员接触氢氧化钠、碳酸钠、氯化氢和硫酸浓度低于行动水平，预处理工在含银废料加硝酸过程中接触氮氧化物浓度超过职业接触限值。见表 2。

表 2 工作场所空气中有毒物质检测结果											mg/m ³
工种	工序	危害因素	MAC (mg/m ³)		PC-STEL (mg/m ³)		PC-TWA (mg/m ³)		超限倍数		结果判定
			检测结果	限值	检测结果	限值	检测结果	限值	超限	限值	
预处理工	加碱	碳酸钠	—	—	0.2	3	0.03	6	0.03	2.5	合格
		氢氧化钠	0.1	2	—	—	—	—	—	—	合格
		氮氧化物	—	—	11.4	10	4.2	5	2.28	2.5	不合格
萃取工	沉氯	氯化氢	4.59	7.5	—	—	—	—	—	—	合格
	萃取	铜尘	—	—	—	—	0.001	1	—	—	合格
电解工	电解	氯化氢	4.63	7.5	—	—	—	—	—	—	合格
		硫酸	—	—	0.4	2	0.2	1	0.4	3	合格
结晶工	结晶	铜尘	—	—	—	—	0.001	1	—	—	合格

2.3.2 噪声 预处理工的碱液输送泵岗位和电解工电解装置岗位接触的 L_{EX,8h} < 80 dB (A)，属于非噪声作业岗位。类比企业噪声 8 h 等效连续 A 声级结果 < 80 dB (A)。

2.3.3 高温 结晶炉现场检测岗位结晶工接触时间为 10 min，WBGT 指数测量值为 28.2℃，高温作业为Ⅱ级，低于职业接触限值 (32℃)。

2.4 防护措施

2.4.1 防尘毒措施 生产车间侧墙设置轴流风机, 日常通风 6~8 次/h; 碳酸钠槽和氢氧化钠调节槽全密闭设计, 加料口设有活动盖板, 上方设有侧吸罩, 控制点风速为 0.38 m/s, 能够满足最小控制风速要求; 碳酸钠和氢氧化钠浓度未超过限值要求; 结晶炉处设有侧吸罩, 控制点风速为 0.32 m/s, 铜尘浓度未超过限值要求; 新建生产线自动化程度高, 全线通过 PLC 设定程序运行, 人员巡检作业。

2.4.2 防噪措施 选择低噪声设备, 配备安全防护罩; 液体输送泵集中布置于房间内, 各泵体设有减振底座。

2.4.3 防高温措施 联合厂房上方设有 8 组避风天窗 (1.6 m×1.6 m), 侧墙上方设有轴流风机, 能够排出厂房内部设备运行过程中产生的高温; 结晶炉外包覆有隔热材料, 作业人员通过远程控制炉体出料, 运行过程中巡检为主; 厂房内设有休息室, 配有饮水机和制冷空调, 可有效降低高温对作业人员的影响。

2.5 应急救援设(措)施 (1) 结晶炉、氢氧化钠调节槽、硫酸储罐附近设置有冲淋洗眼器, 满足服务距离 15 m, 冲淋洗眼器周围无遮挡, 冲淋后废水经收集处理后排放; (2) 氢氧化钠调节槽、硫酸储罐、中和稀释槽、过滤槽、电解槽、电解液循环槽设有围堰和泄险沟, 酸碱废水由应急池收集, 经处理后排放; (3) 工房内设有应急疏散门和疏散通道, 地面有相应标识线; (4) 现场休息室设置应急药箱; (5) 氢氧化钠调节槽和硫酸储罐处设有酸碱泄漏应急处置方案和氢氧化钠、硫酸的化学品安全说明书。

3 讨论

经现场检测, 该固体废弃物回收企业作业场所预处理工和电解工接触噪声 $L_{EX,8h} < 80$ dB (A), 属于非噪声作业岗位, 结晶工接触高温符合限值要求。预处理工进行溶解作业时接触氮氧化物浓度超过限值要

求, 其原因 (1) 浸出槽尺寸较大 (2 m×2 m), 溶解浸出作业使用浓硝酸且须进行加热搅拌, 逸散出大量气体, 浸出槽未设计局部排风装置; (2) 浸出槽设置于前处理间内, 房间内未设计轴流风机, 仅通过自然通风换气。

综上, 根据职业危害因素检测结果、危害因素性质, 确定该企业的关键控制点为含银废弃物浸出槽, 关键控制岗位为预处理。针对关键控制点/关键控制岗位提出相应措施: (1) 工艺条件允许的情况下, 浸出槽设计槽边通风罩, 确保控制点风速达到 0.5 m/s, 酸洗尾气经处理后排放; (2) 加强前处理间内的通风, 增加机械排风装置, 优化室内气流组织; (3) 预处理工应配发防毒面具 (黄色滤盒) 及耐酸碱服、手套、鞋和护目镜, 监督接触职业病危害因素的作业人员进行接害作业时, 必须配备符合要求的个人防护用品; (4) 确保现场应急救援设施 (冲淋洗眼器) 有效运行, 应急药箱内药品在保质期内, 作业现场配备酸灼伤应急处置方案; (5) 现场作业人员严格按照操作规程进行作业, 定期检、维修职业病防护设施; (6) 设置更衣室, 便服室、工作服室可按照同室分柜分层存放的原则设计, 更衣室与休息室可合并设置; (7) 做好预处理工岗前、在岗和离岗时的职业健康体检。

参考文献

- [1] 刘强, 李克秋, 苗绪红, 等. 电子废物回收处理污染对人类的遗传毒性 [J]. 中国工业医学杂志, 2008, 21 (2): 67-71.
- [2] 杨璇, 胡泊, 王小舫. 电子废弃物拆解处理过程职业危害因素分析与控制 [J]. 中国卫生工程学, 2014, 13 (6): 449-451, 455.
- [3] 徐凯丽, 杨红, 谢景欣, 等. 我国电子行业职业病危害与防护现状 [J]. 环境与职业医学, 2018, 35 (6): 572-577.
- [4] 徐东峰, 窦继波. 某企业铜冶炼过程稀贵金属综合回收项目职业病危害控制效果评价 [J]. 中国卫生工程学, 2015, 14 (3): 238-241.

(收稿日期: 2019-03-06; 修回日期: 2019-07-01)

(上接第 406 页)

- [6] Moser M, Chun O. Vitamin C and heart health: A review based on findings from epidemiologic studies [J]. Int J Mol Sci, 2016, 17 (8): 1328-1352.
- [7] Zhang L, He YL, Li QZ, et al. N-acetylcysteine alleviated silica-induced lung fibrosis in rats by down-regulation of ROS and mitochondrial apoptosis signaling [J]. Toxicol Mech Methods, 2014, 24 (3): 212-219.
- [8] 李晓艳, 吴菲, 赵红宇. IL-17A、TGF- β 在尘肺病患者血清中的表达及意义 [J]. 职业卫生与应急救援, 2017, 35 (1): 48-49, 78.
- [9] 潘炯伟. TGF- β 1、PDGF、CTGF 在矽肺患者血清中的表达水平及

意义 [J]. 放射免疫学杂志, 2010, 23 (4): 451-453.

- [10] 姬文婕, 杨磊, 丁嘉顺, 等. 染矽尘小鼠肺组织中转生长因子 β 1 表达的免疫组织化学检测 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2003, 21 (3): 182-184.
- [11] Flanders KC. Smad3 as a mediator of fibrotic response [J]. International Journal of Experimental Pathology, 2004, 85 (2): 47-64.
- [12] Cao B, Guo Z, Zhu Y, et al. The potential role of PDGF, IGF-1, TGF- β expression in idiopathic pulmonary fibrosis [J]. Chin Med J, 2000, 113 (9): 776-782.
- [13] 彭海兵, 储金秀, 曹福源, 等. 熊果酸对矽肺大鼠的早期抗氧化作用 [J]. 环境与职业医学, 2015, 32 (5): 476-480.

(收稿日期: 2020-05-24; 修回日期: 2020-07-08)