

电镀含镍废水的产生情况分析 & 检测方法优化

鲁 晖*

(江西省上饶生态环境监测中心, 上饶 334000)

摘要: 电镀含镍废水的处理与检测是环境保护领域的重要课题。本文分析了电镀工艺中含镍废水的产生情况及其成分, 探讨了含镍废水对环境和人体健康的影响。为提升检测精度和效率, 本文对现有检测方法进行了优化, 包括前处理技术的改进、检测设备及方法的优化, 以及自动化和智能化检测系统的应用。通过实验研究验证了优化后的检测方法在提高灵敏度、缩短检测时间、降低检测成本方面的有效性, 为电镀废水的有效管理和治理提供了技术支持。

关键词: 电镀废水; 含镍废水; 检测工艺优化; 环境影响; 自动化检测

Analysis of the generation of nickel-containing electroplating wastewater and optimization of detection methods

LU Hui*

(Jiangxi Shangrao Ecological Environment Monitoring Center, Shangrao 334000, China)

ABSTRACT: The treatment and detection of nickel-containing electroplating wastewater is an important topic in the field of environmental protection. This paper analyzes the generation and composition of nickel-containing wastewater in the electroplating process, and discusses the impact of nickel-containing wastewater on the environment and human health. In order to improve the detection accuracy and efficiency, this paper optimizes the existing detection methods, including the improvement of pre-treatment technology, the optimization of detection equipment and methods, and the application of automated and intelligent detection systems. The experimental study verified the effectiveness of the optimized detection method in improving sensitivity, shortening detection time, and reducing detection costs, providing technical support for the effective management and treatment of electroplating wastewater.

KEY WORDS: electroplating wastewater; nickel containing wastewater; optimization of testing process; environmental impact; automated detection

0 引言

电镀工艺广泛应用于汽车、电子、航空航天等行业, 电镀工艺的废水处理问题日益受到关注。含镍废水是电镀废水的主要污染源之一, 因其高毒性和难处理性, 对生态环境和人体健康构成严重威胁。镍作为重金属元素, 在自然界中难以降解, 容易通过食物链进入人体, 导致慢性中毒、致癌等健康问题。

随着环境保护法规的日益严格, 如何有效检测和治理电镀含镍废水成为亟待解决的难题。

1 电镀含镍废水的产生情况分析

1.1 电镀工艺概述

电镀工艺是一种将金属或非金属表面覆盖一层金属或合金的工艺过程, 以改善材料表面性能、美化外观或提高耐腐蚀性

* 通信作者: 鲁晖, 高级工程师, 研究方向为环境监测、环境保护。E-mail: 523779446@qq.com

*Corresponding author: LU Hui, Senior Engineer, Jiangxi Shangrao Ecological Environment Monitoring Center, Shangrao 334000, China. E-mail: 523779446@qq.com

能,具体流程如图1所示。通过磨光和抛光处理,去除工件表面的氧化物、锈蚀和瑕疵,使工件表面光洁。接着进行上挂,将工件挂入电镀槽中准备进行电镀处理。接着进行脱脂除油工序,去除表面的油脂和污物,以保证电镀层的附着力^[1]。随后进行水洗,将脱脂除油后的工件进行清洗,去除残留的脱脂剂和污物。接下来是电解抛光或化学抛光,通过抛光处理使工件

表面更加光滑。然后进行酸洗活化,使工件表面具有良好的活化性,有利于后续的预镀和电镀。在预镀工序中,将工件浸入预镀液中形成一层预镀层,有助于增强电镀层与基材的附着力。随后进行电镀,将工件浸入电镀槽中进行金属沉积。完成电镀后,进行后处理,如清洗去除残余电镀液等^[2]。最后进行水洗、干燥、下挂、检验和包装,以确保成品质量和完整性。

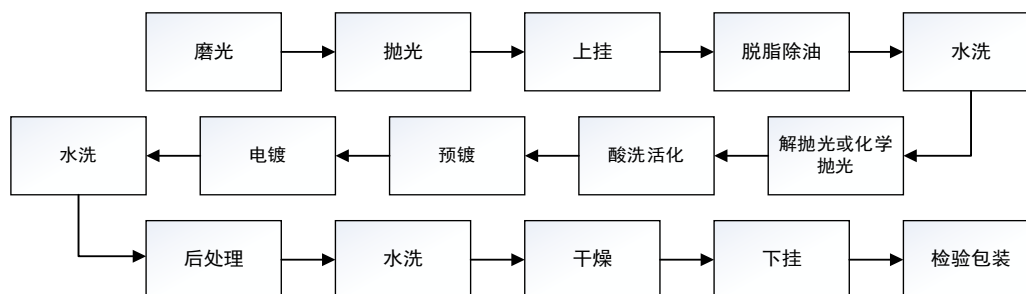


图1 电镀工艺流程

Fig.1 Electroplating process

1.2 含镍废水的产生

在电镀过程中,主要是在电镀过程中进行镀镍作业,以及清洗、冲洗过程中,都会产生含镍废水。在镀镍操作中,含有镍离子等添加剂的镍盐溶液是常见的电镀液。在电镀过程中,工件被电解,阳极处镍离子被氧化,同时镍层也被原析出金属表面。在此过程中,在电镀液中溶解成含镍废水的同时,部分镍离子未能得到还原。在清洗和冲洗过程中,去除电镀过程中的残留物和表面污染的水,也会将其中的一些镍离子带走,从而造成废水中镍含量的上升^[3]。因此,电镀含镍废水的产生,主要是因为在工作表面没有完全沉积电镀液中的镍离子,以及在清洗过程中,镍离子的大量流失造成的。

2 含镍废水的影响

2.1 含镍废水对生态环境的影响

含镍废水对生态环境造成的影响主要表现在以下几方面:(1) 镍离子的释放会对水生生物产生毒性影响,破坏水生生物的生态平衡,导致水生生物种群的减少和生态系统结构的破坏。(2) 镍离子会在水体中积累并进入陆地生态系统,对陆地生态环境造成危害。(3) 含镍废水排放还会导致水体富营养化、水质恶化等问题,对水生生物的生存环境产生不利影响^[4-7]。

2.2 含镍废水对人体健康的影响

人体摄入含镍废水中的镍离子后,会引起急性或慢性中毒反应,表现为消化系统、呼吸系统、神经系统等多个系统的不良症状,如恶心、呕吐、头痛、神经系统失调等。含镍废水中的镍离子可通过食物链逐级富集,进入人体,长期接触会导致慢性镍中毒,严重时可能引发癌症、肝肾功能损害等疾病^[8]。含镍废水中还含有其他污染物质,如重金属离子和有机物,这些物质也会对人体健康造成危害。

3 电镀含镍废水检测方法优化

3.1 检测工艺优化目标

检测工艺优化的主要目标是使检测工艺的精确度更高更可靠地测定电镀含镍废水中镍离子浓度的准确值和可靠性。优化后的检测工艺在提高检测的精确性和可靠性的同时,还能在减少检测过程中的时间和费用的情况下,对实际生产环境中的各种复杂因素进行综合考量,从而适应不同情况的应用需求并在实际生产中得到有效运用。

3.2 检测样品的前处理技术

电镀含镍废水检测工艺中,前处理技术是保证检测结果准确可靠的关键步骤,具体流程见图2所示。在样品收集后要进行处理,包括样品的混合搅拌以确保样品均匀性,并去除可能对后续检测造成干扰的杂质,一般有沉淀过滤浓缩等步骤,使镍离子浓度增加减少干扰物质的影响^[8]。在沉淀过程中,通常使用碱性沉淀剂如氢氧化钠来使镍离子沉淀成氢氧化镍,通过过滤将沉淀物分离出来。最终,采用硫酸或硝酸将沉淀物中的镍离子转化为可测量的形式,使通过这种方法得到的镍离子有可读数值。在前处理样品时,要控制好温度时间PH值等诸多参数,以保证前处理的效果和稳定性^[9]。处理后的样品可用于分析检测,其中常用的分析方法包括原子吸收火焰法(Flame Atomic Absorption Spectroscopy, FAAS)和电感耦合等离子体质谱法(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry, ICP-MS)。FAAS利用火焰的高温使样品中的镍离子蒸发并激发发射特征波长的光,通过测量吸收光的强度来定量分析镍离子的浓度。ICP-MS则通过电感耦合等离子体源将样品原子化并电离,质谱仪对离子进行质量分析,提供高灵敏度和高精度的镍离子检测^[10]。

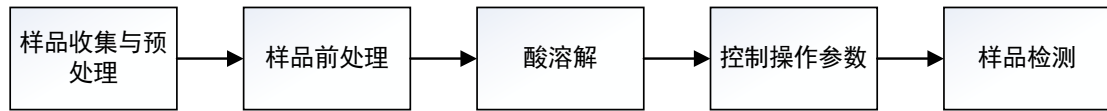


图2 检测样品的前处理流程

Fig.2 Test sample pre-processing process

3.3 优化检测设备及方法

提高检测设备和方法的精准性、灵敏度和效率，确保对含镍废水的精确监控和分析，是优化电镀含镍废水检测工艺的关键。在优化检测设备方面，原子吸收火焰法（FAAS）和电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）等先进分析仪器和设备均可应用。FAAS 利用火焰的高温使样品中的镍离子蒸发并激发发射特征波长的光，通过测量吸收光的强度来定量分析镍离子的浓度^[11]。ICP-MS 则通过电感耦合等离子体源将样品原子化并电离，质谱仪对离子进行质量分析，提供高灵敏度和高精度的镍离子检测。为进一步提高检测效率和灵敏度，可以引进流动注射分析仪等自动化检测设备，能够实现快速连续检测样品。在方法上，对样品前处理步骤进行优化，采用更高效的沉淀、过滤和酸溶解法，以提高镍离子浓度和降低干扰物质影响^[12-15]。具体而言，使用氢氧化钠等碱性沉淀剂使镍离子沉淀成氢氧化镍，再通过过滤将沉淀物分离出来，并采用硫酸或硝酸将沉淀物中的镍离子溶

解为可测量形式。

3.4 优化效果

优化后的电镀含镍废水检测方法在多个方面都取得了显著进展，具体如表 1 所示。在检测时间和成本方面，优化方法分别减少了 25% 和 33.3%，显著提升了效率和经济性。检测精度和可靠性得到了显著提升，精度从传统方法的 ± 5 ppb 提高至 ± 2 ppb，可靠性从 95% 提升至 98%，使得测量结果更加精准和可信。优化后的方法在抗干扰能力上显著增强，能够更有效地处理复杂样品中可能存在的干扰物质，同时简化了样品处理步骤，提高了实际生产中的操作效率和环境适应性。优化方法扩大了检测范围，从传统方法的 10~5000 ppb 扩展至 5~10000 ppb，适用于更广泛的样品复杂度，从而更好地满足不同应用场景的需求。综合上述数据，优化后的电镀含镍废水检测工艺在提高效率、降低成本的同时，显著提升了检测精度、可靠性和适用性，具有较高的实际应用价值和推广潜力。

表 1 优化效果

Table 1 Optimization effect

检测方法	传统方法	优化方法	优化效果
检测时间（分钟）	60	45	减少 25%
检测成本（元 / 样品）	150	100	降低 33.3%
检测精度（ppb）	± 5	± 2	提高 60%
检测可靠性（%）	95	98	提升 3.2%
抗干扰能力	一般	强	-
样品处理步骤	多	简化	-
环境适应性	有限	广泛	-
检测范围（ppb）	10-5000	5-10000	扩大 100%
适用样品复杂度	低	高	-

4 实验研究

4.1 实验设计

为了深入研究电镀含镍废水检测工艺优化方案的优化效果，收集了来自不同来源的电镀含镍废水样品。在样品准备阶段，进行了前处理，包括混合搅拌、沉淀、过滤和酸溶解等步骤，以确保样品的均匀性和去除可能影响后续检测精度的杂质。应用原子吸收火焰法和电感耦合等离子体质谱法作为主要的检测方法，分别测定样品中镍离子的浓度。通过对比实验结果，评估各个方案在提高检测精确度、提升检测可靠性以及降低检测成本和时间消耗方面的表现。实验重点关注优化后方法在处理复杂废水样品时的适用性和效果，以期为实际生产中的废水监

测提供科学依据和技术支持。

4.2 实验步骤

在电镀含镍废水检测工艺优化研究中，需要从不同来源收集电镀含镍废水样品，确保样品的多样性和代表性。在样品准备阶段，进行严格的前处理，包括混合搅拌以确保样品均匀性，沉淀过滤以去除杂质，并采用酸溶解使镍离子转化为可测量的形式。应用原子吸收火焰法（FAAS）和电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）作为主要的检测方法，分别对样品中的镍离子浓度进行精确测定。在实验过程中，严格控制各项操作参数，如温度、PH 值等，以确保实验的准确性和可重复性。实验的关键在于比较优化后和传统方法在检测精确度、可靠性、成本和时间消耗等方面的差异。特别关注优化方法在处理复杂废水样品

时的适用性和效果，以评估其在实际工业生产中的应用潜力。

4.3 实验结果分析

通过深入分析不同前处理方法和检测技术对电镀含镍废水样品中镍离子浓度检测的影响，具体结果如表2所示。通过比较原子吸收火焰法和电感耦合等离子体质谱法的应用，发现在混合搅拌+沉淀处理后，两种方法均能有效测定镍离子浓度，但电感耦合等离子体质谱法的检测精度更高。对比不同沉淀剂

种类，氢氧化钠的使用在混合搅拌和沉淀过程中表现出更优异的检测结果，显示出其在提升检测可靠性和精确度方面的潜力。检测时间随着处理步骤的增加有所增长，但相对于传统方法，仍然实现了一定程度的时间节约。综合来看，优化后的实验方案不仅在技术上显著提高了检测精度和可靠性，还优化了检测过程中的时间和成本效益，为电镀含镍废水监测及处理提供了重要的实验基础和理论指导。

表2 实验结果
Table 2 Experimental results

前处理方法	检测方法	镍离子浓度 (mg/L)	沉淀剂种类	检测时间 (分钟)	检测可靠性 (%)	检测精度 (ppb)
混合搅拌	原子吸收火焰法	5.2	硫酸钙	30	97	±3
沉淀	原子吸收火焰法	4.9	硫酸钙	25	95	±4
混合搅拌+沉淀	原子吸收火焰法	4.7	硫酸钙	35	98	±2
混合搅拌	电感耦合等离子体质谱法	4.5	氢氧化钠	40	96	±5
沉淀	电感耦合等离子体质谱法	4.6	氢氧化钠	38	94	±6
混合搅拌+沉淀	电感耦合等离子体质谱法	4.4	氢氧化钠	42	99	±3

5 结束语

通过对电镀含镍废水的产生情况分析 & 检测工艺优化的研究，本文致力于提高电镀行业废水处理和监测的效率和准确性，从而减少对环境的负面影响，促进生态环境的保护和人体健康的维护。通过优化检测工艺，明显提升了镍离子浓度检测的精确度和可靠性，同时降低了检测过程中的时间和成本消耗。这些成果不仅可以帮助电镀企业更好地监控和管理废水排放，还为相关政策制定和环境保护措施提供了科学依据和技术支持。通过不断改进检测工艺和设备，可以更有效地应对电镀行业所带来的环境挑战，推动电镀行业向更加清洁和可持续发展方向迈进。本文的研究对于促进环境保护和可持续发展具有重要意义，为构建生态友好型社会作出了积极贡献。

参考文献

- [1] 王翔, 郑莹莹, 许青枝. 电镀含镍废水处理工艺分析 [J]. 中国资源综合利用, 2021, 39(12): 191-193.
- [2] 王川, 吴昊, 赵英武. 电镀废水处理改造工程实例 [J]. 中国标准化, 2017, (24): 97-98.
- [3] 赵艳霞. 电镀废水中络合剂的检测分析研究 [J]. 山西冶金, 2018, 41(06): 81-83.
- [4] 鲁蕴甜. 离子色谱-电化学检测器测定电镀废水中的氰化物 [J]. 广州化工, 2014, 42(12): 156-158.
- [5] 吉展阳, 王淑娜. 基于拟合函数的电镀废水铬含量实时检测系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2019, (07): 73-76.
- [6] 李兴. 金属冶炼废水中多金属离子的同时检测 [J]. 化学工程与装备, 2023, (11): 213-215.

- [7] 赵荣龙, 陈俊华, 谢晓鑫, 等. 工业废水中重金属铜、铅、锌、镉、镍等含量检测研究 [J]. 中国资源综合利用, 2022, 40(07): 25-27.
- [8] 罗超, 石国臣, 杨志军. 化学废水中重金属离子浓度软测量方法研究 [J]. 能源与环保, 2022, 44(06): 78-82.
- [9] 李志明. 水中重金属光谱检测技术略论 [J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(23): 17-18, 31.
- [10] 魏华, 张祥华. 试析工业清洗废水中微量金属离子的检测方法 [J]. 清洗世界, 2023, 39(10): 49-51.
- [11] 李季东, 温冬花. 水环境中重金属的污染及其检测技术研究 [J]. 中国金属通报, 2020, (05): 214-215.
- [12] 薛成玉, 王庆文. 贵金属精炼厂废水中金属离子的离子色谱检测研究 [J]. 中国金属通报, 2020, (02): 70-71.
- [13] 王庆文, 薛成玉. 金属冶炼排放废水中多金属离子同时检测方法研究 [J]. 世界有色金属, 2020, (01): 147-148.
- [14] 雷永乾, 管鹏, 刘宁, 等. 印染废水中重金属检测的连续消解方法研究 [J]. 分析试验室, 2019, 38(04): 428-433.
- [15] 杨春丽, 尤万龙, 王双库. 火焰原子吸收法在火电厂废水重金属离子检测中的应用 [J]. 科技创新与应用, 2018, (29): 174-176.

作者简介



鲁晖，高级工程师，研究方向为环境监测、环境保护。