

$$AEQ_0 = P_1 + 0.96P_2 + 0.37P_3$$

AEQ₀: 约 96% 的人判断能力下降; 37% 的人体质虚弱。

$$AEQ_m = P_1 + 0.98P_2 + 0.47P_3$$

AEQ_m: 约 98% 的人判断能力下降; 47% 的人体质虚弱。

四、结 论

区域大气污染长期评价, 关键在于确定污染物的时空分布规律。在第一节, 我们给出了计算式 (1-4)、(1-5), 并以日均浓度为输入数据。前已述及, 大气污染是污染物非均匀作用于人体的过程。在此, 我们强调了两点: 一是“非均匀”。污染物并非以恒值作用于人体, 它不仅有日变化, 而且有年变

化、输入数据代表的时间越小, 就越能反映实际污染。二是“过程”, 污染物对人体的危害需要一定的作用时间。即使一个体质虚弱的人, 也能在较短的时间内忍受较高浓度污染物的侵害^[1]。因此, 输入数据代表的时间过小, 无法确定污染物浓度与环境效应的关系。采用日均浓度为输入数据, 既能反映实际污染状况, 又便于确定污染物浓度与环境效应的关系。

参 考 文 献

- [1] 中山大学数学力学系, 概率论与数理统计, 人民教育出版社, 1981 年。
- [2] 中国环境科学学会环境教育委员会, 环境保护概论, 1980 年。
- [3] 上海第一医学院卫生系, 工业毒理学, 上海人民出版社, 1976 年。

采用流态化床电极处理镀铜废水

尤彩真 林秋其 薛建军

(南京航空学院化学教研室)

采用流态化床电极处理和回收金属表面处理废水中的铜^[1], 一般是将含铜为 20ppm 左右的漂洗水, 加入少量的导电盐, 然后通入流态化床的电解槽进行电解处理。近来金属表面处理工艺趋于采用逆流漂洗, 镀件从镀槽中带出的 Cu²⁺ 绝大部份富集在第一道漂洗水中。如果采取电解处理第一道漂洗水, 既可回收其中的 Cu²⁺, 漂洗水又可重复使用, 那么处理水量必定大为减少, 而 Cu²⁺ 浓度相应地增大, 显然是更为可取。本文是采用流态化床电极^[1,2,3] 处理酸性镀铜第一道漂洗水的结果。

尼龙筛网组成的多孔板夹层分布器。电解槽

一、电 解 槽

电解槽为内径 55 毫米、高 1500 毫米的有机玻璃管状电解槽 (见图 1)。槽底为两层

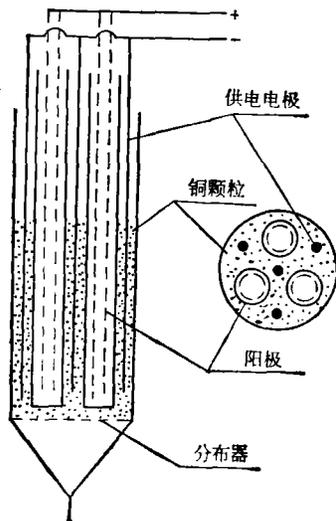


图 1 电解槽

内有三支钛阳极，每支钛阳极套在一根作为阳极室的多孔管内，与阴极室隔开。电解槽内壁与阳极室外壁之间为阴极室，其中填充金属铜颗粒，构成阴极床。阴极床的填充高度(即静态高度)为 860 毫米或 700 毫米。铜颗粒大小为：粒径 >40 目占 33% (重)；40 目 > 粒径 >60 目占 66% (重)；60 目 > 粒径占 1% (重)。用四根直径为 4 毫米的紫铜棒为供电电极，供电电极垂直插入阴极床和铜颗粒接触，另一端与电源负极联接。

二、实验方法

本实验以酸性硫酸铜的镀铜漂洗水为对象。实验时，取少量镀铜液放在漂洗槽内，用自来水稀释，即相当于镀铜漂洗水。Cu²⁺ 浓度和酸度随自来水的稀释倍数而异，稀释倍数越大，Cu²⁺ 浓度越低，pH 值越高。当 Cu²⁺ 浓度为 87ppm 时，pH 值为 2.8 左右。为了便于比较，通电前用 NaOH 溶液把漂洗水的 pH 值调到一定值。

每升废水中加入 2 克 Na₂SO₄ 作为导电盐(只有初次电解时，才加 Na₂SO₄)，以提高漂洗水的导电能力。

由于电解除铜的过程是产酸的过程^[4]，在电解过程中不断滴入 NaOH 稀溶液，由漂洗水的循环而搅拌均匀，以使电解过程中循环漂洗水的 pH 值稳定。

电压为 6.5 伏时恒压电解，电解过程中电流基本稳定。

每隔 15 分钟，从漂洗槽内取样分析 Cu²⁺ 浓度，采用铜试剂比色法，由 72-型分光光度计测定。

三、结果与讨论

1. 除铜速度与浓度的关系

在漂洗水中加入 Na₂SO₄ 2 克/升 (pH = 4.0)，然后通入静态高度为 880 毫米的电解槽。在流量为 160 升/时的条件下，膨胀到 1100 毫米。随着电解时间的延续，漂洗水槽中 Cu²⁺ 浓度逐渐降低。如果以除铜百分率表示，则随着电解的进行除铜率逐渐上升，详见表 1。换句话说，随着 Cu²⁺ 浓度的降低，析 H₂ 逐渐显著，除铜速度逐渐减少。在电压电流基本稳定的条件下，铜离子浓度越低，除铜速度越小，几乎是直线关系，因此，电解漂洗水中 Cu²⁺ 浓度应尽可能高些。

2. 漂洗水循环电解的 pH 值

酸性镀铜漂洗水，Cu²⁺ 浓度越高，pH 值越低。对于电解除铜来说，应该在什么样的 pH 值的条件下进行呢？图 2 的结果表明，

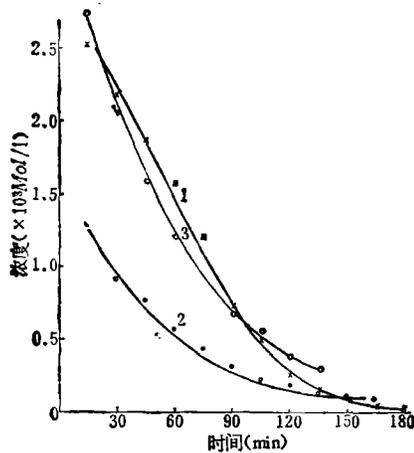


图 2 漂洗水 pH 值的选择

(1) pH = 3.5 (2) pH = 4.0 (3) pH = 5.0

表 1 浓度、除铜速度与时间的关系

时间 (min)		0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165
浓度	(mol/l × 10 ⁻³)	1.51	1.29	0.91	0.76	0.55	0.43	0.30	0.22	0.17	0.14	0.10	0.09
	(ppm)	96	82	58	48	35	27	19.3	13.7	10.6	8.6	6.2	5.7
除铜率(%)		0	14.6	39.6	50.0	63.5	71.9	79.9	85.7	89.4	91.0	93.5	94.1
除铜速度 mol/l · min × 10 ⁻⁵		—	2.00	1.77	1.20	1.10	0.83	0.70	0.43	0.27	0.23	0.17	—

表 2 浓度和电流效率、能耗的关系*

时间 (min)		15	30	45	60	75	90	105
浓度	mol/l $\times 10^{-3}$	1.32	0.81	0.54	0.33	0.20	0.14	0.12
	ppm	84	52	34	21	12.5	9.0	7.6
表观电流效率(%)		76.4	71.1	48.7	34.4	19.3	8.2	2.8
能耗**(kwh/g 铜)		0.0071	0.0077	0.0113	0.0161	0.0286	0.0673	0.196

* pH = 4.0, 静态床高度=720 毫米, 膨胀后高度=850 毫米, 电压=6.5 伏

** 通常用每立方米废水所消耗的电度数来表示。

pH 值在 3.5—5.0 范围内没有明显的差异, 即随着电解时间的延续, Cu^{2+} 浓度逐渐降低, 而且除铜速率逐渐减小, Cu^{2+} 浓度越低, 除铜速度越小。为了使漂洗水在电解循环过程中维持一定的 pH 值, 应不断滴加少量 NaOH 稀溶液。图 2 还表明, pH 值为 3.5 时, 其浓度时间曲线比较陡, 也就是说, 在 Cu^{2+} 浓度范围相近的情况下, pH 值为 3.5, 除铜速度要大些, 因此, pH 值低些是有利的。

3. 表观电流效率和电能消耗

表观电流效率是指在某浓度下单位时间内的除铜量和按电流计算的理论除铜量之比的百分率。表 2 表明, 除铜的表观电流效率随 Cu^{2+} 浓度的降低而减少, 与 Walker^[3] 的分析是一致的。

电解除铜的能耗 (U) 是以除每克铜耗电度数表示的。能量消耗 U 按下式计算:

$$U = \frac{I \cdot V}{G \times 1000}$$

式中 U 电解除每克铜的耗电度数(度/克铜); I 为电流(安培); V 为电压(伏); G 为某浓度下每小时的除铜量(克铜/时)。从表 2 数据可知, Cu^{2+} 浓度越低, 能耗越大。为了经济有效地电解处理回收漂洗水中的铜离子, 电解的漂洗水起始 Cu^{2+} 浓度应尽可能高些。

4. 漂洗水的排放

(上接第 19 页)

和农产品不会出现镉的重污染。

参 考 资 料

[1] 董克虞等, 环境科学, 2(3), 6(1981).

当电解漂洗水中 Cu^{2+} 浓度降到一定值时, 例如 20—30ppm, 可以停止电解, 漂洗水供下次漂洗用, 待 Cu^{2+} 又富集到一定浓度时再进行电解, 没有必要为处理微量的 Cu^{2+} 而耗费大量的能量。只有当漂洗水需要更换时, 才需要延续电解时间, 直至 Cu^{2+} 浓度低于 1ppm 而排放。

四、结 论

采用流态化床电极循环处理镀铜漂洗水, 并回收其中的铜离子, 结果表明, 在电压电流基本稳定的条件下, 电解含 Na_2SO_4 2 克/升的镀铜漂洗水, 铜离子浓度越高, 除铜速度越快, 表观电流效率越大, 能耗越小。为此, 电解前漂洗水的铜离子浓度应尽可能富集高些。漂洗水经多次漂洗多次电解, Cu^{2+} 浓度降到 1ppm 以下然后排放。

参 考 文 献

- [1] 南京航空学院化学教研室废水处理组, 流态化床电极在废水处理中的应用, 南京航空学院学报, 2(1982).
- [2] 诸岡成治, 流動層電極における粒子相の有効比抵抗, 化学工学論文集, 6(1), 40—50(1980).
- [3] Walker, A.T.S. et al., Chem. Eng. Sci., 35, 405—412(1980).
- [4] Kuhn, A.T. Chem. Ind., 18, 473—476(1971).
- [2] 董克虞等, 环境科学, 3(4), 31(1982).
- [3] 陈家梅等, 农业环境保护, 1, 19(1982).
- [4] 任继凯等, 植物生态学与植物学丛刊, 6(2), 131(1982).
- [5] 吴燕玉等, 土壤通报, 1, 4(1980).