

逆流漂洗法实现镀硬铬漂洗水封闭循环

北京市小型动力机械厂
中国科学院环境化学研究所

电镀行业通常采用的漂洗工艺是逆流漂洗^[1,2],由若干级漂洗槽组成。

最后一漂洗槽以速率为 w (升/小时)的纯水连续进水,依次通过各槽溢流而从第一槽流出。镀件从第一槽向最后一槽逆水流方向依次漂洗,称为连续式逆流漂洗。

若第一周期 m 个洗槽都从纯水开始,镀件依次漂洗,当最后一槽达到指定浓度后(以镀件洗净为准),全部回收第一槽漂洗液。将第二槽洗水全部移入第一槽,依次将第 m 槽洗水全部移入第 $m-1$ 槽,最后一槽用纯水,开始第二周期,再依次漂洗。当最后一槽浓度又达到指定浓度时,再重复以上换水和漂洗过程,循环利用,称为间歇式逆流漂洗。

在逆流漂洗过程中, u 为镀槽平均蒸发量(升/小时), w 为漂洗槽平均换水量(升/小时),如果 $w > u$,为实现系统封闭,则 w 要浓缩后才能完全回入镀槽。浓缩的方法有:离子交换法、蒸发浓缩法,反渗透法等为强制封闭系统。而当 $w \leq u$ 时,漂洗水可直接回入镀槽,称为自然封闭系统。

北京市小型动力机械厂生产汽油机,为了提高汽缸耐磨强度,在汽缸内壁镀一层 100μ 厚的硬铬。镀槽温度 $58-60^\circ\text{C}$,镀槽表面积为 1.1米^2 ,蒸发量实测值为 $6.5-7.9$ 升/小时,电镀周期为 $6-8$ 小时,每周期最多镀 25 个缸体。根据理论计算,该电镀系统有实现自然封闭的可能性,我们进行了实验,实验结果表明可以形成自然封闭系统。

一、间歇式逆流漂洗^[3]

设漂洗槽体积为 V ,镀槽浓度 C_0 ,第 m 槽浓度为 C_m ,镀件单位时间带出量为 Q ,时间为 t ,令 $x = \frac{Qt}{V}$,则第一周期第 m 槽浓度为:

$$\begin{aligned} C_{m1} &= C_0 \left[1 - e^{-x} - x e^{-x} - \frac{x^2}{2} e^{-x} \right. \\ &\quad \left. \dots - \frac{x^{m-1}}{(m-1)!} e^{-x} \right] \\ &= C_0 \cdot f(m, 1) \end{aligned} \quad (1)$$

第 N 周期第 m 槽浓度为:

$$C_{mN} = C_0 f(m, N)$$

可以推导出:

$$\begin{aligned} f(m, N) &= 1 - e^{-x} - [1 - f(m-1, \\ &\quad N-1)] x e^{-x} - [1 - f(m-2, \\ &\quad N-1)] \frac{x^2}{2} e^{-x} - \dots - [1 - f(2, \\ &\quad N-1)] \frac{x^{N-1}}{(N-1)!} e^{-x} \\ C_{mN} &= C_0 \left\{ 1 - e^{-x} - [1 - f(m-1, \right. \\ &\quad N-1)] x e^{-x} - [1 - f(m-2, \\ &\quad N-1)] \frac{x^2}{2} e^{-x} - \dots - [1 - f(2, \\ &\quad N-1)] \frac{x^{N-1}}{(N-1)!} e^{-x} \left. \right\} \end{aligned} \quad (2)$$

为了便于计算,将 e^{-x} 展开成:

$$e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2} - \dots - \frac{(-x)^m}{m!} \dots$$

当 $x < 1$ 时收敛是很快的。代入(1)式,对每

一槽浓度取二项时则有:

$$\left. \begin{aligned} C_{1i} &= C_0 \left[x - \frac{x^2}{2} \right] \\ C_{2i} &= C_0 \left[\frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{3} \right] \\ C_{3i} &= C_0 \left[\frac{x^3}{6} - \frac{x^4}{8} \right] \\ C_{4i} &= C_0 \left[\frac{x^4}{24} - \frac{x^5}{30} \right] \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

用同样方法,当 $x \ll 1$ 时,原则上也可取一级近似有:

$$\frac{C_{mi}}{C_0} \sim x^m = \left(\frac{tQ}{V} \right)^m$$

除一常数外和一般的漂洗公式一致。

我们在容量 V 为 8 升的四级洗槽中进行了第一周期间歇式漂洗,用下式求每个缸体带出量 θ (毫升):

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^m V_i \Delta C_i}{\Delta q C_0} \quad (4)$$

其中, q 为漂洗缸体数, C_i 为 i 槽浓度 (毫克/升)。

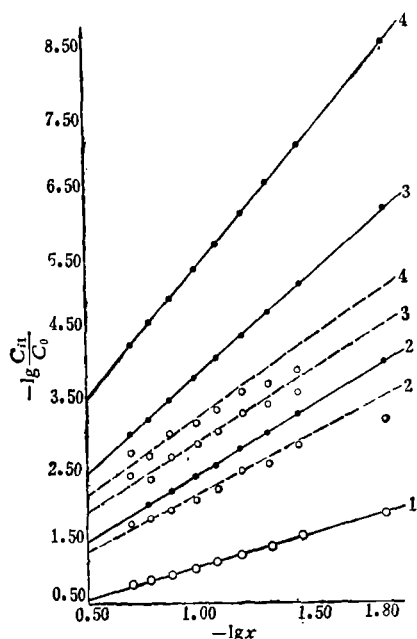


图1 间隙式逆流漂洗
(实线为理论值,虚线为实验值)

漂洗 120 个缸体,测得平均值: $\theta = 8.3$ 毫升。按 (3) 式计算各槽浓度的理论值和实验值的比较 (见图 1), 第一槽实验值和理论值较为相近。第二、三、四槽浓度比理论值偏高,而且随槽数增加,偏差越来越大。斎藤困等^[3]用电子计算机将 (1)、(2) 式进行计算,并和实验值比较。由于他们所用镀件几何形状简单,实验值和理论值接近。并证明用间歇式逆流漂洗比连续式逆流漂洗效率高。而我们漂洗的缸体几何形状复杂,实验值和理论值的偏差,反映出由于几何结构复杂而不易漂洗干净。

二、连续式逆流漂洗

若 C_0 为镀槽浓度 (克/升), C_m 为 m 槽浓度 (克/升),其公式如下:

$$\frac{C_0}{C_m} = 1 + A + A^2 \cdots A^m = \frac{A^{m+1} - 1}{A - 1} \quad (5)$$

其中 $A = \frac{W}{Q}$, W 为单位时间进水量 (升/小时), Q 为单位时间镀件带出量 (升/小时)。

若 $W \gg Q$, 则 $A \gg 1$, 该式:

$$\frac{C_0}{C_m} = \frac{A^{m+1} - 1}{A - 1} = A^m = \left(\frac{W}{Q} \right)^m \quad (6)$$

车间在漂洗镀件时,清洗电极的用水量,加上漂洗时的逆流量,此两项之和若小于镀槽蒸发量,则就能成为自然封闭循环。

镀槽 8 小时蒸发量为 52—63 升,取下限 52 升,电镀结束从镀槽中取出镀件,以及清洗电极用水量为 8—15 升,取上限 15 升,差 37 升。每批镀 25 个缸体。逆流量为 1.2 升/缸体。另两组进一步减少平均逆流漂洗水量分别为 0.4 升/缸体和 0.2 升/缸体。按 (6) 式计算出各槽的理论浓度值,在 8.5 升的三级槽中连续逆流漂洗,各槽理论浓度和漂洗 120 个缸体的实测平均浓度见表 1。

由表 1 中看出,第一槽浓度和理论浓度相差无几。其他各槽浓度比理论浓度高,而且随槽数增加而增大。这一点和间歇式逆流漂洗结论一致。

表 1 理论浓度与实验平均浓度比较

进水量 (斤/ 缸体)	第一槽		第二槽		第三槽	
	理论浓度*(克/升)	平均浓度(克/升)	理论浓度*(毫克/升)	平均浓度(毫克/升)	理论浓度*(毫克/升)	平均浓度(毫克/升)
1.2	1.12	0.98	9.36	20	0.0787	3.9
0.4	3.32	3.45	82.9	157	2.08	8.6
0.2	6.48	6.09	324	402	16.2	33.5

* 计算理论浓度时, θ 值以 10 毫升/缸体计。

按照我们测得的蒸发量,在保守的情况下,用两槽连续式逆流漂洗,可以达到工厂认为“洗净”的程度。第 2 槽浓度在 13.8 毫克/升到 22.1 毫克/升之间波动。若再减少一些水量,只要增加一级或两级漂洗槽,也能“洗净”。这样,将来车间日常生产,设计三级逆流漂洗应能形成自然封闭系统。

三、结 论

(上接第 18 页)

2. 磁盘法的处理能力大

上述这台小型磁盘机,在首钢试验时,处理能力为 40 吨/时,处理效果同桂钢。而桂钢由于采用半干半湿的转炉除尘系统,最大废水量仅为 20 吨/时左右。如以处理能力 40 吨/时计,单盘负荷已达 10 吨/时。如果采用直径为 2 米的 10 盘机组,每小时处理废水量可达 400—500 吨。

3. 磁盘法处理效果好

磁盘法不用沉淀池而能获得沉淀池难以达到的处理效果(150 ppm 以下)。小型磁盘机每小时处理 40 吨废水时,废水通过整个流程不足 2 分钟,废水在磁盘机内的停留时间仅数秒。然而在这短促的几秒钟内,可将含悬浮物数千 ppm 的废水净化到 150 ppm 以下。

4. 磁盘法占地面积小

桂钢磁盘法整个处理流程净占地面积不足 5 平方米。磁盘机处理能力越大,相对占地面积更小。如处理水量为 500 吨/时的磁盘机,其宽度不足 2 米,长度不超过 3 米,加

采用逆流漂洗法治理电镀废水,除补充纯水外,不需任何化学药品,也不需要专人管理。对长时间镀硬铬的车间,是行之有效的办法。若用于装饰性镀铬,也可减少废水量,从而减轻后面的处理工作。

此法用于北京市小型动力机械厂,由于汽缸几何形状复杂,漂洗理论值和实验值相差较大。因此,设计漂洗工艺时,重点应放在如何使汽缸镀件在每一槽中洗净。

由于镀汽缸温度高,时间长,因而蒸发量大,所以可用三级逆流漂洗形成自然封闭系统,成为无排放系统。

参 考 资 料

- [1] Kushner, J. B., Metal Finishing 69 (7) 36, (8) 54, (1971).
- [2] 加藤进金属表面技术(日), 27 (2), 70 (1976).
- [3] 斎藤围,中村実,金属表面技术(日) 27, 403(1976).

上加药、预磁、反应桶的占地面积,也不过 20 平方米左右。磁盘法的优点,对于我国大力发展钢铁工业,对于老企业的挖潜、革新、改造以及新的钢铁基地的建设都有参考价值。

5. 磁盘法设备简单、运行可靠、维护方便

磁盘法除了一个缓慢转动(0.5—2 转/分)的磁盘传动装置和反应桶上的搅拌器之外,没有其它传动设备。排泥也是通过转动盘面和感应刮泥板之间的相对运动自动地连续进行的。只有刮泥板需要定期地更换。其他不需要专门的维护。

主要参考资料

- [1] Хабаров О. С, Очистка стоиных вод в металлургии, 26 (1976).
- [2] 钢铁工业中大气和水质污染(冶金工业出版社), 85 (1977).
- [3] Peck D. F., Iron and Steel Engineer, 46, 83 (1969).
- [4] 东北工学院选矿教研室编,《电磁选矿》冶金工业出版社, 91 页(1977).
- [5] Iron and Steel Engineer, 51 (8), 80 (1974).
- [6] Water Services, 80 637 (1976).
- [7] 濱野 治等,公害对策と技术开发, 7, 51 (1976).