

# 电镀废水浓缩分离回收工艺与经济效益分析

周理君, 徐 杰

(南京广森环境工程有限公司, 江苏 南京 210028)

**摘 要:**该工程设计方案采用超滤、纳滤和反渗透(UF/NF/RO)组合工艺技术,解决了电镀漂洗废水中金属离子的浓缩分离和回用问题,基本消除电镀行业的重金属污染,从而真正意义上实现了电镀行业的清洁生产、节能减排和资源的循环利用。

**关键词:**膜浓缩分离;镍离子回收;水回用;清洁生产

**中图分类号:**X505      **文献标识码:**A

## Recovery Process of Heavy Metal in Electroplating Rinsing Wastewater by Using Membrane Separation And Analysis its Economic Benefits

ZHOU Li - jun, XU Jie

(Nanjing Guangmiao Environmental Engineering Co., Ltd. Nanjing, Jiangsu 210028, China)

**Abstract:**In the recovery process, using membrane combination that is, UF/NF/RO was employed to treat electroplating rinsing wastewater. Nickels existing in the wastewater were separated and concentrated, simultaneously returned to plating tanks on line, so that the heavy metal pollution of plating industry was nearly eliminated. For the reuse of water and the recovery of nickels, the true sense of cleaner production, energy saving and emission reduction and circular economy were achieved.

**Key words:**membrane concentration and separation; nickel ion recovery; water reusing; cleaner production

电镀是通过电解,在工件表面覆盖一层金属或合金,从而起到防腐、装饰等作用。常见的镀种有铜、镍、铬、锌、铜锌合金、铜锡合金等。生产过程中镀件将镀液带出镀槽,通过逆流漂洗,镀液被冲洗下来产生工业废水,漂洗水中相应镀种的金属离子平均浓度可以达到 20 - 450 mg/m<sup>3</sup>,大量贵金属如铜、镍离子随漂洗水流失,造成资源的极大浪费和环境污染。经传统的物理、化学废水处理后的排放水中重金属离子按国家标准达标排放,但长期高强度排放,重金属在土壤、地下水、河道底泥中累积,成为重金属污染的重要源头,重金属被水生生物和植物吸收、积累,并通过食物链转移到高等动物和人类,严重危害生态安全和人类健康。漂洗废水的排放,不仅产生环境污染,而且排放了不可再生的资源,环境和经济双双受损。

电镀废水的膜浓缩分离处理技术<sup>[1]</sup>,是一种新型工业应用技术,符合现代环保技术中清洁生产和循环经济要求,是一种环境友好的创新工艺技术<sup>[2]</sup>。该技术以精细的物理筛分原理进行物理分

离,实现物料与能量消耗的最小化、工艺过程效率最大化,针对不同溶质溶剂的物理化学性质,实现混合物分离与浓缩,达到废物资源化与循环利用的目标<sup>[3]</sup>。

### 1 企业概况:

苏州五金制品(太仓)有限公司占地面积约 5 000 m<sup>2</sup>,拥有电镀生产线 2 条。主要产品为高档门锁零件、一般门锁零件、卫浴件和厨卫件四类,产品畅销欧美各国。企业大部分指标可以达到《清洁生产标准 电镀行业》HJ/T314 - 2006 中二级标准,但排放的重金属离子,尤其是有较高经济价值的镍离子,达不到该标准中的三级标准,镍资源浪费严重,同时镍作为第一类污染物指标,不能达标排放。为此,我们设计了膜浓缩分离镍资源回收、水资源回收利用方案,并组装成镍回收一体化设

收稿日期:2012 - 05 - 29;修订日期:2012 - 07 - 12

作者简介:周理君(1962—),男,陕西西安人,工程师,学士学位,主要研究方向为污水处理研究与处理工程运行。

备,安装到企业生产线上。

该工程方案旨在通过膜分离浓缩技术<sup>[4]</sup>,将镀镍漂洗废水中金属离子镍和水分离,金属离子浓缩到一定浓度后,以镀液补充液的形式直接返回镀槽,分离出来的净水作为冲洗水,也相应返回到逆流漂洗用水中,实现资源回收利用的最大化、污染的最小化和经济效益的最大化。

## 2 工艺设计

### 2.1 工艺原理

镀件带出液成分与电镀液相同,用纯净水冲洗镀件,漂洗水可视为稀释了数百倍的镀液,采用超滤/纳滤/反渗透组合工艺,通过膜浓缩分离,漂洗水中的铜离子、镍离子、锌离子和  $\text{Cr}^{3+}$  等多价金属离子被截留在浓缩液中,截留率可以达到 99%; 透过水在反渗透膜组件的作用下,出水水质接近纯净水。因此在膜分离浓缩工艺方案中,被带出的镀液虽被稀释,但最终实现了浓缩,过程中没有化学变化,未发生相变,金属离子与助剂基本回收并返回镀槽,可基本实现电镀废水的零排放或者微排放。

### 2.2 工艺流程

工艺流程示于图 1。

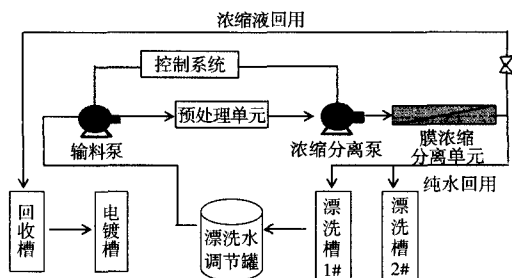


图 1 膜浓缩分离技术回收金属离子工艺流程

### 2.3 系统结构和工艺说明

本膜浓缩分离在线回收设备结构上由预处理单元、一级浓缩分离单元、二级浓缩分离单元、控制系统组成。设备占地面积  $6 \text{ m}^2$ 。

2.3.1 预处理单元 预处理单元核心组件为超滤膜,膜材料为改性 PVC,尺寸为  $\Phi 250 \times 1\ 600$ ,过滤精度小于  $0.1 \mu\text{m}$ ,设计流量  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,工作压力  $0 - 1.5 \text{ Mpa}$ 。

电镀漂洗废水中含有悬浮杂质、微生物、胶体等,为确保膜免受机械损伤、膜污染及结垢,需对分质收集的电镀漂洗废水,进行预处理除去杂质,保

护后续的膜浓缩分离组件。

2.3.2 一级膜浓缩分离单元 一级膜浓缩分离单元为纳滤膜,规格为 NF4040,截留分子量不小于 300 道尔顿的物质,对多价金属离子的截留率不小于 96%。设计流量  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,操作压力为  $0.3 - 1.5 \text{ Mpa}$ ,浓缩倍数 10 - 100 倍。

预处理后电镀漂洗废水用浓缩分离泵输入纳滤膜组件<sup>[5]</sup>和反渗透膜组件进行浓缩分离,由于纳滤膜对多价金属离子截留率能够达到 96%,从而实现漂洗废水中金属离子、助剂和水的分离,达到浓缩分离的目标。

2.3.3 二级膜浓缩分离单元 二级膜浓缩分离单元为反渗透,规格为 RO4040,对多价金属离子的截留率大于 99%。设计流量  $1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ,操作压力  $0.6 - 2.0 \text{ Mpa}$ ,浓缩倍数 50 - 200 倍。

纳滤和反渗透的结合,提高了透水效率,浓缩倍数可以迅速提高<sup>[6]</sup>,浓缩液浓度达到镀液浓度要求后返回镀槽作为补充液,同时其透过水水质可以满足电镀生产线漂洗水的水质要求,返回到生产线作为漂洗用水。整个工艺流程形成了闭路循环处理系统,浓缩分离过程中没有化学变化,仅是物理过程,物质损失很少,其他物质进入的机会和数量也非常低。

## 3 调试运行

工程于 2011 年 10 月下旬开始试运行,经过约 10 d 的试运行后进入正常运行阶段。到目前为止,工程实际来水量为  $20 - 30 \text{ m}^3/\text{d}$ 。高峰时间处理水量  $36 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其进、出水水质和水量示于表 1、表 2 和表 3。

表 1 漂洗废水原水水质参数

序号	所含物质	浓度/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
1	含镍漂洗水水量	$1.5 \text{ t/h}(30 \text{ t/d})$
2	镍	400
5	pH 值	7 ~ 9
6	电导率	$2\ 232 - 3\ 620 \mu\text{s/cm}$

表 2 膜浓缩分离装置出水指标

序号	参数项目	数值
1	水量	$1.5 \text{ t/h}(30 \text{ t/d})$
2	镍回收率	99%
3	浓缩倍数	大于 50 倍
4	回用水电导率指标	$10 - 100 \mu\text{s/cm}$
5	pH 值	6 ~ 7

表3 系统运行结果

控制项目	进水指标	回用指标
电导率均值/ $(\mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1})$	2 926	8 ~ 30
镍离子浓度均值	$400(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\geq 12(\text{g} \cdot \text{L}^{-1})$
流量/ $(\text{t} \cdot \text{h}^{-1})$	1.5	1.5

由表1、表2、表3可见,各项技术指标均达到设计要求,实现了漂洗废水的浓缩分离,镍离子浓缩到12 g/L以上后,直接返回镀槽作为镀槽补充液,回用水的水质指标接近纯净水的电导率,完全满足电镀漂洗用水的水质指标。

#### 4 环境效益与经济效益分析

##### 4.1 环境效益

该企业原含镍电镀废水采用物化处理工艺,对照本工程采用的镍浓缩分离回收工艺,减排效果如表4所示:

表4 固废和废水减排量

减排因子	原物化处理工艺	浓缩分离回用工艺	减排量
镍离子/ $(\text{g} \cdot \text{d}^{-1})$	15*	0	15
水/ $(\text{t} \cdot \text{d}^{-1})$	30	0 ~ 0.5	30 ~ -29.5
固废/ $(\text{kg} \cdot \text{d}^{-1})$	485*	0.2*	485

备注:镍离子测算按400 mg/L;

固废:产生量以物化法沉淀后污泥含水率50%测算;

浓缩分离工艺固废:为预处理单元更换的滤材。

##### 4.2 经济效益

测算依据:除设计参数中进水浓度和水量等指标外,其他测试依据如下:

(1)项目总投资:48万元;

(2)运行天数:300 d/a,日处理水量30 t;电费按:0.8元/kWh计;

(3)回收前废水处理成本按:16元/t计;

(4)镍的价值按:16万元/t计;

(5)回用水按纯净水价值:10元/t计;

(6)污泥处置费用按:1500元/t计。

表5 运行费用

序号	项目	费用金额 万元/a	备注
1	电费	2.40	装机功率9 KW,运行功率5 KW
2	人工费	3.00	一个工人管护
3	耗材和设备维护费	5.00	滤膜更换和维护
4	总计	10.40	

表6 节约费用和经济效益测算

序号	项目	费用金额 万元/a	备注
1	水回用价值	8.10	损失按10%计,纯净水水费按10元/t
2	废水处理费减少	14.40	$16 \times 30 \times 300 = 14.4$ 万元
3	污泥处处置费减少	2.4	
4	镍回收价值57.02	镍回收: $400 \times 30 \times 300 \times 10 - 6 \times 0.99 = 3.564$	
5	效益合计	81.92	
7	年经济效益	71.52	$81.9 - 10.40 = 71.52$ 万元/a
8	静态投资回收期	8个月	$48/71.52 \approx 0.671$ 年(约8个月)

排污费减少量、超标排放可能造成的超额罚款等不计算在经济效益中。

#### 5 结论

该工艺技术利用筛分、浓缩富集,使漂洗液浓缩分离,镍和水分别回收于生产线使用。过程中无污泥产生、基本无二次污染,能耗低,效率高,实现资源的再生利用。处理过程简单,管理、操作、维护方便,设备使用寿命长,实现了电镀生产的零排放。

##### [参考文献]

[1] 《Separation Process Principles(2e)》J. D. Seader(美) Ernest J.

Henley(美);朱开宏、吴俊生译,华东理工大学出版。

[2] 廖志民,朱小红,杨圣云. 电镀废水处理与资源化回用技术发展现状与趋势[J]. 环,2008,20:55-59.

[3] 俞逸彪. 电镀行业清洁生产[J]. 电镀与环保,2005,25(1):19-20.

[4] 胡国强. 膜法处理电镀清洗废水的零排放工艺设计与研究[J]. 宁波大学学报(理工版),2010,Vol. 23 No. 4:92-97.

[5] Wang, Z., G. C. Liu, Z. F. Fan, et al. Experimental study on treatment of electroplating wastewater by nanofiltration[J]. Journal of Membrane Science, 2007, 305(9):185-195.

[6] Ishikawa, S., K. Suyama, K. Arihara, et al. Uptake and recovery of gold ions from electroplating wastes using eggshell membrane[J]. Bioresource Technology, 2002,81(3):201-206.