

太陽能集熱板工廠鍍鉻製程大氣蒸發濃縮設備 減廢回收與節能改善實例

張武雄 * 蔡文同 * * 蔡永興 陳見財 * * * 楊萬發 * * * *

摘 要

國光能源開發公司為一太陽能集熱板製造工廠，製程中為增加產品的耐用性，乃進行鍍鉻處理。工廠為節省原物料使用量並減少污染物排放量，除執行多項減廢回收作法外，並於鍍鉻製程線上設置大氣蒸發濃縮設備，以回收鉻酸液。由於該設備在設計上有若干缺失，使得回收處理成效不盡理想，因此為提昇該設備功能，工廠針對大氣蒸發濃縮設備缺失，經由(1)增加熱交換器面積(2)改良冷卻槽噴灑系統(3)降低冷卻槽檔板高度(4)改善蒸發液處理系統等四方面進行改善。改善後大幅提昇鉻液回收量，並使每月鉻酸使用量由原來的700kg降為50kg以下。此外，為節省蒸發濃縮設備操作所需之能源，採用太陽能集熱系統作為蒸汽鍋爐用水之預熱設備，使水溫由20°C提昇至60°C，以減少操作成本。經評估該設備之回收期限僅約需16個月。

* 國光能源開發股份有限公司負責人

* * 國光能源開發股份有限公司廠長

* * * 工業污染防治中心工程師

* * * * 工業污染防治中心主任

The Case of Waste Minimization by Atmospheric Evaporization and Energy Conservation by Solar Collection System in a Solar Collection Panel Black Chrome Plating Manufacture

Ching-Hwa Chen* Hann-Sung Wu** Ren-Yang Horng** Wen-Yung Tzou ***
Hsin-Shao*** Huey-Song You ****

Abstract

Kuo-Kuang Energy Development Company is a solar collector panel manufacture, to enhance the heat absorption capability and durability for long service life, the production line has included a black chrome plating process. For reducing the material used in plating line and reducing pollutant discharge, this plant has carried out many items of waste reduction and recovery. Due to the previous chrome recovery equipment could not satisfy the recovery need of this plant, therefore, for increase the functions of atmospheric evaporation, this plant equipped a new atmospheric evaporator modified the following factors :

1. Increase the heat exchange area.
2. Improve the spray system in cooling tank
3. Reduce the height of the stopping plate in the cooling tank.
4. Improve the treatment System of evaporated solution.

After these modifications, Kuo-Kuang significantly increased the recovery volume of chromic acid. The chromic acid drastically reduced to use only 50 Kgs per month from 700 Kgs per month. Besides, for saving the energy of the evaporator, this plant equipped Solar Energy Collector System for the preheat of the boiler. This system could raise the inlet temperature of boiler from 20 °C to 60 °C, to reduce the operation cost. According to this assessment, the pay back period of these equipment only 16 months.

* Kuo-Kuang Energy Development Company President.

* * Kuo-Kuang Energy Development Company Plant Manager.

* * * Director, Industrial Pollution Control Center, China Technical Consultants, Inc.

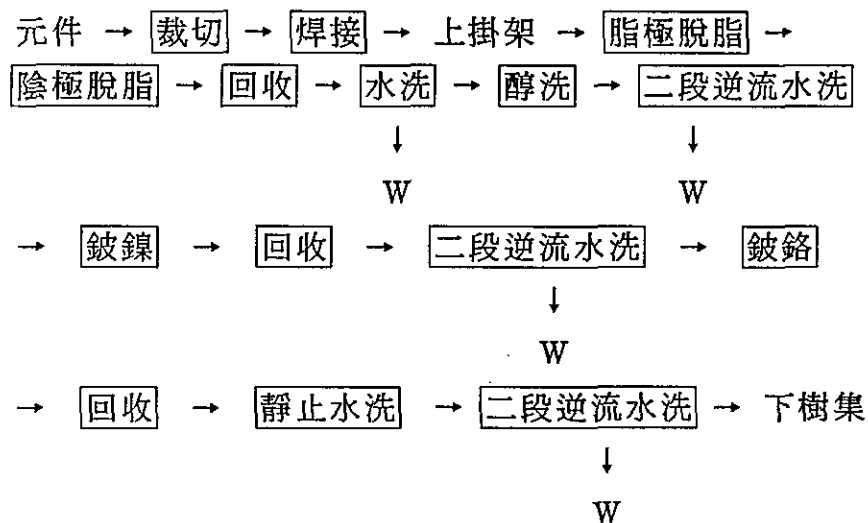
* * * * Engineer, Industrial Pollution Control Center, China Technical Consultants, Inc.

一、前言

國光能源開發公司，是國內唯一從事太陽能集熱板製造工廠，主要供應國內太陽能產品製造業作為基材。近年來由於國內需求量增加，乃進行擴廠以增加產能。為有效做好污染防治工作，於擴增電鍍製程線時，亦設置多項減廢回收以有效回收製程物料，同時委請工業污染技術服務團協助進行，廠內污染源調查及污染排放特性，分析等工作，以建立廠內基本資料，進而研提製程減廢及線上回收措施，並評估及改善廢水處理場處理效率，以回收製程物料及穩定處理水質。

二、製程與污染來源

本廠製程係將銅板裁切後，將其與銅管焊接製成太陽能吸熱板胚品，胚品於電鍍製程中經前處理脫脂，再行鍍鎳及鍍鉻等電鍍程序，以達到耐蝕、集熱等功能要求。本廠製造流程如圖 1 所示。



註：W 表廢水來源

圖 1 製造流程

三、製程原物料種類與使用量

本廠電鍍製程主要可分為脫脂、醇洗、鍍鎳及鍍鉻等四個單元各單元所使用之化學藥劑種類，與使用量詳如表 1 所示。

表 1 製作程原物料種類與使用量

製程單元	極體體積 (m ³)	植液主要成份	原物料使用量 (kg/量)	廢棄處理方式
陰極脫脂	2	鹼脫脂	脫脂劑：40	縮理過濾 重覆使用
陽極脫脂	2	鹼脫脂	陰極脫脂 帶生補充	縮理過濾 重覆使用
鍍	1.62	活酸	活性酸：30	不排集
鍍鎳	2	硫酸鎳 氯化鎳 硫酸	鎳板：30 硫酸鎳：20 氯化鎳：15	縮環過濾 重覆使用
鍍鉻	2	鉻醇 強氧化劑	鉻酸：30-50	陶瓷桶 電解除雜質

四、污染特性

4-1 污染來源與廢水分類收集系統

本廠廢水來源可分為定期性排放的高濃度廢棄槽液連續性排放的清洗廢水，廢水種類則區分為脫脂廢液鎳廢液—鉻酸廢液，以及一般酸鹼廢水與鉻系廢水。綜合各污染源與製程上回收系統狀況，廠內廢分類收集系統規劃詳如圖 2

4-2 污染特性分析

本廠為建立污染源，特性資料，乃逐一針對製程各污染進行廢水量減量測與廢水水質採樣、分析工作。

1. 廢水量

經由各一股廢水水量量測記錄統計，綜合廢水水量約55.2LMD，各股廢水水量整理如表2所示若將總廢水水量除以每日鍍件總面積，則單位產品水量約為197 IL/m²。

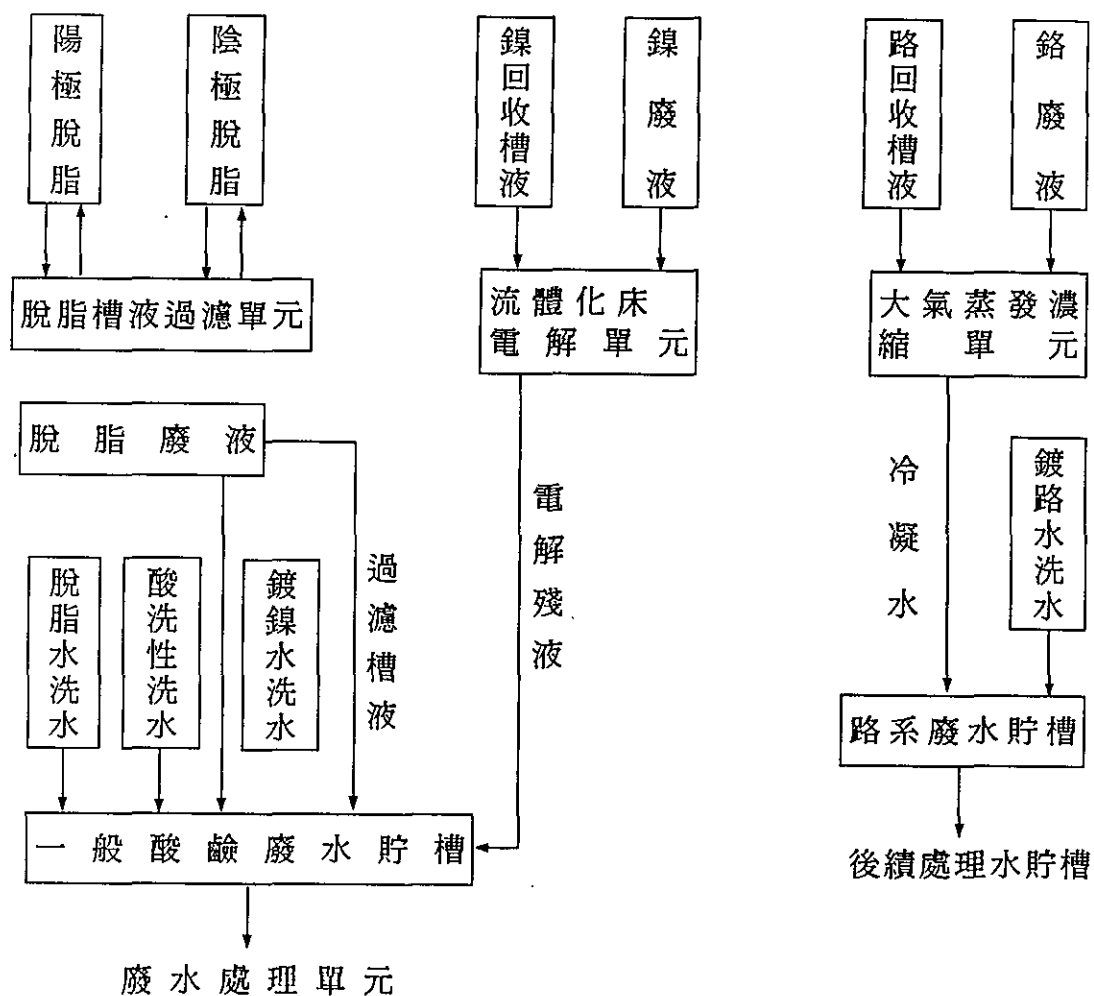


圖 2 工廠廢水分類收集系統

表 2 廢水測量結果

廢水種類		廢水量 (m ³ /日)
廢一般酸水鹼	脫脂水洗水	11.0
	酸洗水洗水	11.0
	鍍鎳水洗水	11.0
廢鉻水系	鍍鎳水洗水(Ⅰ)	11.0
	鍍鎳水洗水(Ⅱ)	11.2
合計		55.2

五、污染防治措施

本廠於規劃製程線時即已妥善規劃減廢回收與管末處理措施。目前污染防治之執行現況說明如下

5-1 減廢措施回收

本廠將多年來接受服務團輔導，所建立之減廢回收觀念，於擴廠規劃製程線時，均加以實施，具體減廢措施如下：

1. 設置脫脂槽液循環過濾機

於陽極脫脂槽及陰極脫脂槽分別設置循環過濾機，將槽液中的懸浮固體及浮油予以分離去除，以延長脫脂槽液的使用期限，如此不但降低廢水污染濃度，同時亦減少脫脂劑的使用量。

採用二段逆流水洗製程中之水洗程序採用二段逆流水洗，使在達到相同水洗效率的條件下，大幅節省水洗用水量。

2. 廢水水質

本廠廢水主要污染物有酸鹼值，懸浮固體(ss)，化學需氧量(COD)，鎳離子(Ni^{2+})及天價鎳(Cr^{6+})等為瞭解各主要單元之廢水污染濃度，經各單元排水進行水分析如表 3 所示。

表 3 廢水水質

廢水(液)種類	廢水量	PH	SS (mg/l)	COD (mg/l)	Ni^{2+} (mg/l)	Cr^{6+} (mg/l)
陽極脫脂液	—	12.1	112	1,466.4	—	—
陰極脫脂液	—	12.2	283	998.4	—	—
脫脂水水洗	11.0m ³ /天	9.2	3	20.8	—	—
酸洗水水洗	11.0m ³ /天	4.5	11	10.4	—	—
鎳回收槽液	1.6m ³ /次	6.3	126	8,840	20,930	—
鎳靜止水水洗*	1.6m ³ /天	6.8	41	2,184	5,088	—
鎳水水洗	11.0m ³ /天	7.4	5	20.8	60.700	—
鉻回收槽液	—	1.3	58	—	—	32,747
鉻交換槽液*	1.6m ³ /次	2.3	4	—	—	1,392
鍍鉻水水洗(I)	11.0m ³ /天	11.5	132	—	—	9.84
鍍鉻水水洗(II)	11.2m ³ /天	8.2	2	—	—	N.D.
處理後放流水	55.2m ³ /天					

* 鎳靜止水水洗及鉻交換槽液不定期排至廢水處理場處理

** 為未利用流體化床電解回收鎳回收槽液時之濃度

3. 設置流體化床電解設備處理回收鍍鎳回收槽槽液

定期將鍍鎳回收槽槽液抽送到貯存槽內收集，再利用泵抽送槽液至電解槽內槽內電解回收鎳金屬，流體化床電解處理流程如圖 3 所示。由於回收槽液定期進行鎳離子的回收處理，使得回收槽中鎳離子濃度可以維持在一定濃度以下，可使水洗水中之鎳離子濃度由 60.7mg/l 降至 19.2mg/l。

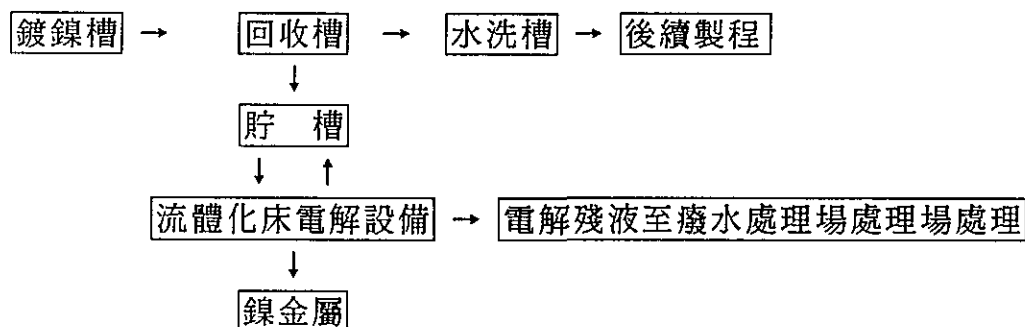


圖 3 流體化床電解回收設備處理流程

4. 設置大氣蒸發濃縮設備處理回收鍍鉻回收槽槽液

由於鍍鉻回收槽液中之鉻酸濃度較鍍鉻槽液，且回收槽液量較鍍槽液蒸發量大，致使回收槽液法全量回補至鍍鉻槽再用，而造成槽液累積，並使得水洗排水中鉻離子濃度偏高，因此，設置了氣蒸發濃縮設備來濃縮處理鍍鉻回收槽液，以分回收鍍鉻回收槽液中的鉻酸，該設備之回收處理成效詳述如後。

5-2 廢水管末處理

本廠設有一座化學沈澱處理設施，廢水處理流 如圖 4 所示。主要廢水種類可區分成一般酸 廢水及鉻系廢水，此二股廢水之設計廢水量及廢水質詳見表 4 所示，總設計廢水量為 12m³/8hr。

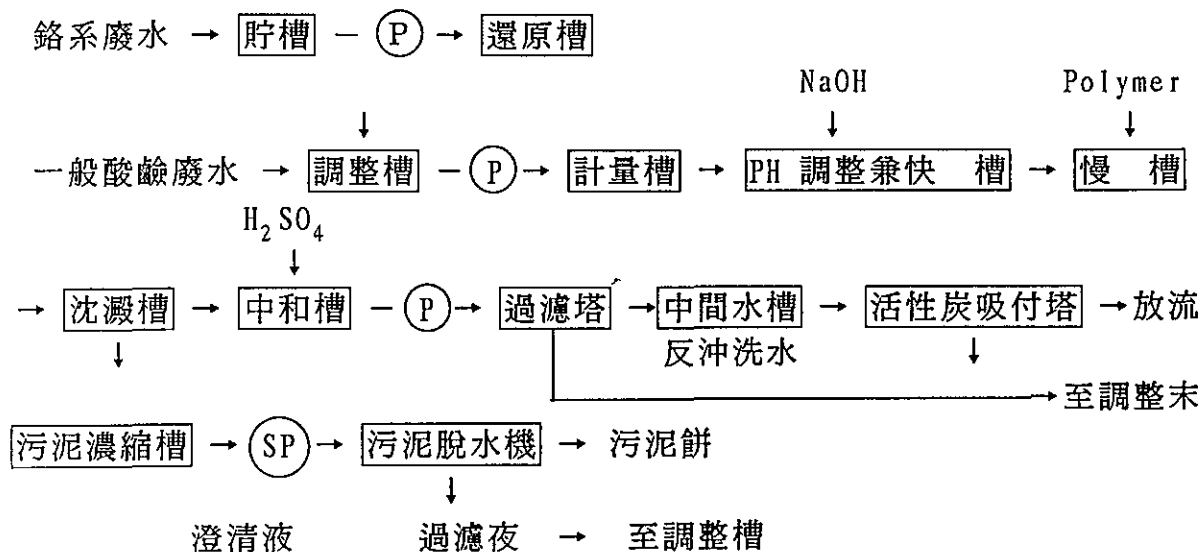


圖 4 廢水處理流程

表 4 廢水處理場設計水質、水量

廢水種類	鉻系廢水	一般酸鹼廢水
設計水質 (mg/L)	pH 2-4 SS : 50 Cr ⁽⁶⁾ : 40	pH : 2~4 SS : 50 COD : 45 Ni ²⁺ : 30
設計水量 (m ³ /8hr)	2	10

* : pH除外

六、大氣蒸發濃縮設備與節能措施

6-1 大氣蒸發濃縮設備回收鉻酸處理流程

本廠之大氣蒸發濃縮處理流程如圖 5 所示，操作時係將回收槽液一次泵入貯槽內，然後再蒸發濃縮處理單元連續循環濃縮，待之價鉻濃度濃縮至一定程度再泵回鍍槽使用。由於理論上清水補充量廢液中所蒸發之水分相等，因此，評估清水補充量與設計水份蒸發量比值即可瞭解大氣蒸發濃縮設備之處理效率。

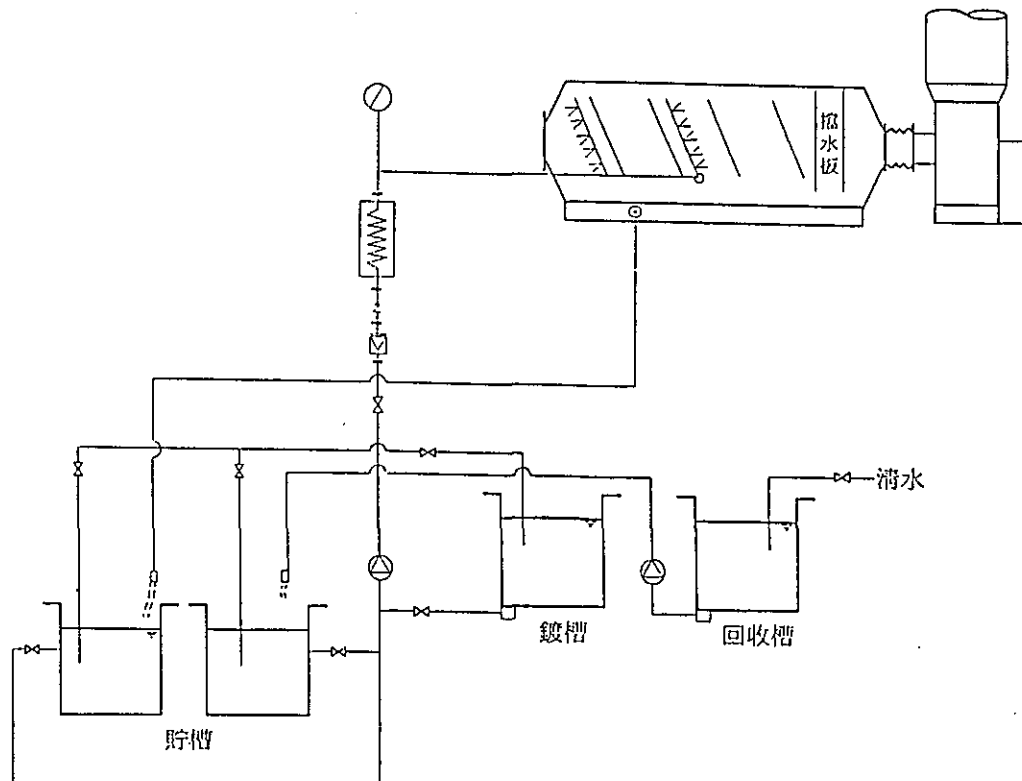


圖 5 大氣蒸發濃縮處理流程

表 5 大氣蒸發濃縮設備設計，操作基準

項 目	規 格	項 目	規 格
蒸發量	200L/hr	鍍極鍍液濃度	CrO ₃ ：200g/l
所需動力	23kw/hr	補水量	200/(人工補水)
排氣量	120m ³ /min	熱交換器 蒸發壓力	500psi
發液循環 原最大流量	20m ³ /hr	—	—

1. 處理成效評估

鉻酸帶出液以大氣蒸發濃縮設備回收處理鍍鉻回數槽槽液，經本廠運轉操作結果顯示，清水補充量約125L/hr，此補充量與設計補充量200L/hr比較，約為設計補充量的 62.5%；鉻酸使用量根據統計，由設置前的 700kg/月減為設置後的 150kg/kg，鉻酸使用量節省約80%，而綜合廢水中之價鉻濃度由大氣蒸發濃縮設備設置前的17.0mg/l降低至6.4mg/l綜合廢水中大價鉻濃度降低62.4%。

系統改善

大氣蒸發濃縮備操作成本中，熱交換器操作所需之費用佔了很大的比例，本廠為兼顧環保，當初採購鍋爐時以瓦斯為燃料，操作成本為1.8萬/月使得回收處理成效不盡理想。

因此為提昇該設備功能，針對大氣蒸發濃縮設備缺失，進行以下四方面之改進。

- ①增加熱交換面積。
- ②改良冷卻槽噴灑系統。
- ③降低冷卻槽檔板高度。
- ④加設去除微細飛沫裝置。

6-2 節能措施

本廠為節省能源，採用自製的太陽能集熱設施，作為大氣蒸發濃縮系統鍋爐用水之預熱設備，並將鍋爐煙道中之廢熱及餘熱回收使用，以節省能源；鍋爐用水經熱交換器處理後之冷凝水則循環回收使用。本廠之節能措施處理流程如圖 6，說明如下：

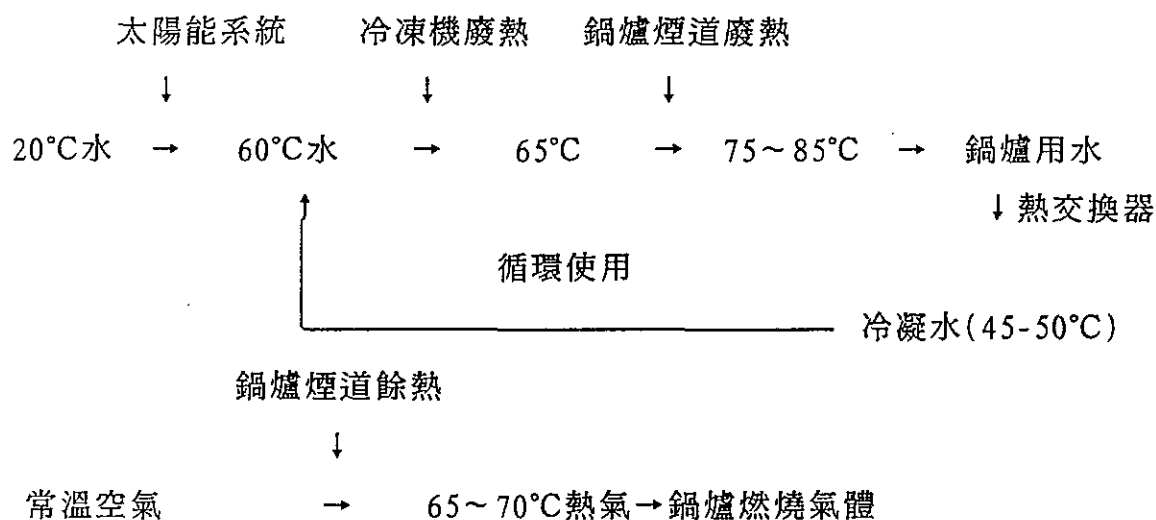


圖 6 節能措施處理流程

1. 原水經太陽能集熱系統處理，使水溫由20°C提昇至60°C；再將鍍鉻用15冷凍機之廢熱回收使用，使水溫提昇至65°C。
2. 鍋爐煙道之廢熱則利用熱管式熱交換器將65°C水提昇至75~85°C，以作為鍋爐用水；而高溫之鍋爐水經熱交換器處理後之冷凝水水溫約45~50°C，此股水則利用泵浦原回太陽集熱槽再使用。
3. 鍋爐煙道之餘溫利用氧對氣式熱管熱交換器，將供給鍋爐燃燒之氣體由常溫提昇至65~70°C，以節省操作成本。

6.3 效益評估

本廠設置鉻酸大氣蒸發濃縮及熱回收系統，以有效回收鉻酸，其總和設成本約為170 萬元，每年總投資費用約50萬元，而每年總節省成本約180 萬元，設備回收期限約16個月，詳見表 6 所示。

表 6 大氣蒸發濃縮設備效益評估

項目	項 目	單 位 費 用	費 用
初 設 成 本	蒸發濃縮設備	1,000,000元/組	1,000,000元
	鍋爐系統		240,000元
	太陽能預熱系統		156,000元
	廢熱回收設備	150,000組/×2	300,000元
	合 計		1,696,000元
費 每 年 操 作 維 護	動力(23kw/hr)	2.6元/kw.hr	126,300元
	維護	佔總初設成本2%	33,920元
	勞力	150元/hr	9,000元
	合 計		169,220元
費 每 年 投 資	設備折價	(* CRF=0.149)	252,704元
	總操作維護費用		155,300元
	燃料費	8,000元/日	96,000元
	合 計		504,004元
費 每 年 可 節 省	鉻酸原料	30kg/日，80元/kg	633,600元
	還原劑(NaHSO ₃)	36kg/日，30元/kg	285,120元
	鹼劑(NaOH)	136kg/日，8元/kg	287,232元
	污泥最終處置	116kg/日，18元/kg	551,232元
	合 計		1,757,184元
每年總淨節省費用=1,757,184-504,004=1,253,180			
回收期限：1,696,000÷1,253,180=16個月			

*CRF(設備投資還原因子)= $i(1+i)^n / (1+i)^n - 1$, i (年利率)=8%

n (設備使用年限)=10年

七、污染防治設施改善

7.1 污染防治設施缺失

本廠經由污染源清查及處理成效評估後，發現既有污染防治設有下列缺失：

1. 製程中鍍件第出量大，增加清洗程序之清洗水量。
2. 大氣蒸發濃，縮部份設施設計不當，蒸氣中含有微量鉻酸。
3. 一般酸鹼廢水中，鎳離子易與靜合劑 合而影響處理成效。
4. 廢水處理系統中，砂濾及活性碳吸附單元之處理水質有惡化現象。

為使污染防治工作能達到理想的境界，本廠乃針對上述缺失進行改善。

7.2 改善措施

1. 於脫脂槽及鍍槽內增設空氣刮刀，使鍍件帶出液減少85%以上，以減少後續清洗水量。
2. 改善大氣蒸濃縮設施。
3. 增設鍍鎳水洗水離子交換處理設施，並將流體化床電解設備之電解殘液納入離子交換處理系統中，使鎳離子達到不排放的目標。處理流程如圖7所示。

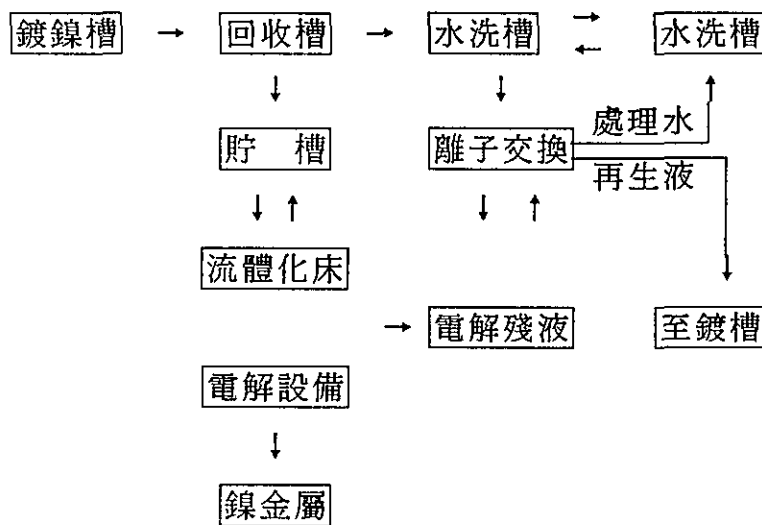


圖7 鍍鎳水洗水離子交換處理流程

4. 探討廢水處理系統中，砂濾及活性碳吸附單元水質惡化之原因，係因砂濾塔濾砂配置不當，使微細膠羽迅速堆積於塔內之另外，因中和調整槽設置於過濾塔前，部份膠羽在PH值較低的較況下被溶解，而使水惡化。因此乃改善濾砂配置方式，並將中和調整槽改設於活性碳吸收單元之後，以避免上述現象再度發生。

八、結 論

大氣蒸發濃縮設備用於處理鎳件出液，具有相當好的處理成效，不但能回收原物料，並能降低廢水污染濃度，為電鎳工廠製程減廢及降低生產成本的理想設施。

此外，本廠於製程線上設置之流體化床電解及離子交換樹脂等回收，設備均獲得良好的減廢回收成效，未來將朝全廠密閉回收達到零排放的目標努力。