

污染防治與發揮電鍍效率

黃華南*

一、前　　言

能源危機以來，電鍍業之原物料及能源成本巨幅上漲，加之近年來之經濟不景氣，產量需求降，導致市場競爭激烈，原物料及能源上漲成本無法轉嫁，由於工廠密集造成對環境污染愈益嚴重，電鍍業所排放之污染物毒性甚高，而各工廠由於工廠規模小，設計與規劃多考慮欠週，無法在能源與原物料之利用率上精打細算，加以操作方法多憑經驗摸索，未能建立有系統之具體理論與方法，導致原物料及產品損耗尤高，而此種損耗部份造成空氣或廢水污染乃國內電鍍業之通病，政府近年來為保護國民健康乃加強執行預防工業污染之法規，各工廠被迫投資污染設備，在此刻經濟不景氣，資金缺乏之際，乃對業者加重財務負擔，不少企業無法承受此多方經營壓力與困難而面臨倒閉，但由於近年來電鍍技術之改進，效率提高，無論在原物料損耗及能源效率都有顯著改進，而污染防治策劃亦以充分回收與利用電鍍廢液之資源與能源，不但減少原物料損耗，發揮資源與能源之有效利用，又可解決污染問題，此種由內在 (Internal) 發揮製程效率達成減少或完全避免污染之方法 (Low and No Waste Technology) 之作法，不但發揮製程能源，原物料利用率有效降低生產成本，又可達成防治公害所訂標準，可謂一舉兩得之事，使投資在資源回收 (污染源之減少) 設備，很快就能回收，防治公害變為提高原物料利用效率，既可降低生產成本，又減少公害，不再如以往以衛生工程處理廢料之外在 (External) 方法之投資無法回收，而造成額外之財務負擔，國內電鍍業無論在設計與操作之技術上都未能有深入了解，無法建立具體電鍍操作條件，對品質與能源與資源 (原物料) 利用率之關係式 (或稱操作模式，Operations Simulation Models) 而利用此模式主動改變操作變數，發揮電鍍效率，減少不合格之產品及原物料之損耗，又可減少污染源之排放所造成之公害問題，目前提高生產效率與防止環境污染皆迫不急待之事，如何建立正確觀念與作法，利用最少投資發揮最大經濟效益乃電鍍業生存之道，筆者有幸參與美國石化及工程界發揮製程效率及防止污染之設計與改進工作十餘年，並於三年前返國將該項技術引進應用於國內之石化上中下游鋁業及造紙業之改進頗有績效，特以該項心得與國內電鍍業者交換意見。

二、工業污染防治技術之演變

工業污染防治由早期之衛生工程方法投資在製程以外之設備，處理製程之廢料 (廢氣或廢水污染源) 而達到公害防治所訂標準，對投資者不生財之額外財務負擔，在經濟不景氣中更無法使業者接受，在此種壓力下防治污染技術乃進而求其因——發揮製程效率，減少原料及產品損耗，

* 國際操作分析顧問公司總經理

進而減少污染源 (Pollution Source) 之產生而達到公害防治標準，早在1947年聯合國之歐洲經濟協會 (Economic Commission for Europe) 即致力於推動新技術促進經濟繁榮，自1973年此協會積極注重於環境污染之防治問題與新機會，而低廢或無廢料技術 (Low or No Waste Technology) 不但解決環境污染問題又發揮製程效率，於1979年11月訂定宣言：發揮廢料之回收及再利用，加強製程改進，發揮能源與資源有效利用，達成減少廢料損失及造成環境污染，其項目及工作重點如下：

1. 設計新產品之製程中力求減少能源與原料之單位消耗量
2. 製程操作或設計改進力求發揮能源與原物料之利用率
3. 廠址及製程之選擇，力求發揮廢料之運用
4. 廢料之處理及回收再使用
5. 工業區集中設計與處理發揮廢料在原料上之運用又減少處理公害設備之投資

近年來各化學製造業技術改進與突破皆基於以上五大原則，例如批式製程改為密閉連續式，減少每批之損耗，電解廢液之回收再利用，排出廢液中之鉻、鋅、氟等金屬之回收，而排出廢水之再利用，不但回收金屬又節省用水，全面降低生產成本，若電解工業區集中則回收設備之投資報酬率尤高，不但各廠電鍍效率提高又節省投資在防治公害處理設備之固定投資成本。

三、電鍍技術之改進—發揮製程效率

筆者有幸於去年應美國及加拿大化工學會之邀特以操作分析作資源及能源回收發揮製程效率在大會發表並與各國學者專家交換意見，尤感近年來電鍍技術在發揮能源與原料利用率之改進及減少對環境污染之整體作法皆有突破，現分敘如下：

1. 電鍍技術之改進

近年來電鍍技術之改進包括電鍍原理之具體化，對電鍍效率作深入了解，建立影響電鍍效率操作變數（電流強度、電壓、電鍍液成份組成及電鍍時間）之具體關係式進而利用此關係式主動控制（人為操作或自動化）以最低原物料及能源成本達到品管要求，不但可減少不良品產生所造成原物料及能源之損耗，又可減少廢液造成之環境污染。

2. 金屬表面處理技術之改進

A 水質之要求提高

水質不良，微量雜質常影響水洗及金屬表面性質不佳，導致電鍍不合要求者，亦造成廢水量之增加，水質標準提高不但減少水洗量，又可提高電鍍效率。

B 水洗方法之改進——節約用水

過去以一次大量用水沖洗，浪費用水，沖洗效果不佳，廢水量亦高現改用小量多次重覆沖洗 (Multistage Counter Current) 節省用水，沖洗效果提高。

C 電鍍液管理之改善

D 品管之加強

加強製程線上品管（水洗、電鍍條件之追蹤）可減少不良品之產生造成原物料之浪費與對環境之污染。

3. 搬運自動化
提高生產效率、減少人為疏誤造成不良品之產生。

四、電鍍業污染防治方法

電鍍廠造成對環境之污染可依其來源分為：

- 1.廢氣：電鍍槽上產生之氣體通常由抽風機直接抽出大氣排放。
- 2.沖洗水及電鍍廢液依電鍍製程不同，含毒性極高之氰化物及重金屬如鉻、鋅、銅化物。
- 3.由於廢水處理沉澱污泥

防治方法可分舊式之毀滅或沉澱方法及近年來之資源回收方法。

A 毀滅法

- 1.廢氣可用焚燒解決
- 2.電鍍廢液及廢水

a 氰化物：利用氯或過氧化物氧化為二氣化碳及氮氣。

b 鉻化物：利用二氧化硫或亞硫酸鈉沈澱為氫氧化鉻。

B 資源回收法：

毀滅處理法不但浪費資金不能回收資源，沈澱物造成二次污染還要投資再處理，是以近年來資源回收法使用普遍，利用密閉系統（closed system）回收廢氣及廢液資源（金屬物）後，水還可再利用。

1. 氰化物

氰化物之廢液與硫酸接觸起反應後轉為氰酸，再與氫氧化鈉接觸變為氰酸鈉可回電鍍槽重覆使用。

2. 鉻及其他重金屬之回收

A離子交換

利用錯離子樹脂吸附廢水中之重金屬使廢水淨化，金屬可回電鍍槽再利用，水亦可重覆使用。使用實例如：

a 鎳之回收：使用樹脂 UR-30

金屬離子成份	廢水中金屬離子含量(PPM)	回收液中金屬離子含量(PPM)	排放處理排放水質(PPM)
Ni	40	41,000	0.02
Ca	10	200	10.00
Na	8	5—10	8.00
SS	8	<2	<2.00
pH	6.5	2	※ 5.8—8.6

※：pH 調整後

b 銅之回收：使用樹脂UR—30

金屬離子份 成	廢水中金屬離子含量 (PPM)	回收液中金屬離子含量 (PPM)	排放處理 排放水質 (PPM)
Cu	600	40,000	0.01
Ca	25	40	25
Mg	10	20	10
SS	10	<2	<2
pH	3	2	※ 5.8—8.6

c 鋅之回收：使用樹脂UR—10

金屬離子份 成	廢水中金屬離子含量 (PPM)	回收液中金屬離子含量 (PPM)	排放處理 排放水質 (PPM)
Zn	260	30,000	0.01
Ca	14	220	14
Mg	10	100	10
SS	30	<2	<2
pH	6	2	※ 5.8—8.6

d 操作費用相當低

(1)再生藥品費 UR—30 0.35 NT\$/ℓ 樹脂

UR—10 1.20 NT\$/ℓ 樹脂

(2)電費：處理每噸廢水約 0.85NT\$/MT 廢水

五、結論

以資源回收方式發揮原物料之利用率可減少或避免造成環境污染可回收投資設備，但其經濟效益則依電鍍廠之規模而定，是以電鍍廠規模較大或同類性質之集中處理回收者，經濟效益較高，而進一步自管理廢液與加強對操作原理之了解，建立最適化之電鍍槽水洗及品質等操作準則，不但發揮整體電鍍效率，減少產品及原物料損耗，又可減少對環境污染以最低成本投資達成經營目標，乃今後電鍍業生存之道。