

# 污染防治技術

## 廠內改善

### 電鍍廢水之簡易減量化技術

蔡嘉一\* 夏家承\*\*

#### 一、前言

加拿大近年來由於省環保法規和市政府的下水道使用條例逐漸嚴峻，廢棄物的廠內減量化工作 (waste reduction at source) 已引起執法當局和工業界的重視。例如亞伯他 (Alberta) 省於一九八八年四月一日新頒訂生效之有害廢棄物法規中，規定了某些有害廢棄物當其所含之有害成分濃度超過特定標準時，不得納入省內之任何掩埋場中。這些成分包括戴奧辛、特定溶劑、多氯聯苯、強酸、氰化物以及重金屬等。該法同時規定有害廢棄物貯存在廠內的時間不得超過 365 天，而其總量在任何時間內均不得超過十公噸。Manitoba 省的新法規中，對於有害廢棄物也建立了一套「由生產源到處置點」的追蹤系統。廢棄物生產者從一九八八年起，必須向省政府提供其所生產有害廢棄物之量與特性的資料；如製造過程有任何改變時也必須通知政府。觸犯此法者，可能面臨加拿大幣五萬元以下的罰款，或高達六個月的坐牢刑罰。

本文目的在於探討可應用在電鍍工業上的廢棄物簡易減量化技術，並介紹加拿大聯邦環保署西北區在這方面曾經提供之協助方案。文中所稱之廠內廢棄物減量技術係泛指任何可以用在廢棄物排放前將其毒性或體積減少之措施。

#### 二、廢棄物簡易減量化技術

有許多簡易的方法可以用來減少由電鍍過程所產生的廢棄物量和其毒性。本文所謂的簡易技術，意指技術的層次不高、風險不大，而且其成本和操作費用低廉而言；或者雖然其技術之層次高，但廣為電鍍工業界所熟知者。為方便討論，可將這些簡易技術歸納為下列八類：

- 反應性清洗法
- 逆洗法
- 拖出液減量法
- 拖出液回收法

\* 加拿大環保署西區及北區減廢計畫負責人

\*\* 經建會住宅及都市發展處薦任科員

- 變更製程或操作方法
- 改變原料
- 廢棄物交換
- 廠內管理及維護的改進

## 2.1 反應性清洗法 (reactive rinsing)

反應性清洗法是指在電鍍作業線上，將用過的清洗水 (rinse water) 未經任何處理即送回另一清洗槽再用的方法。能否運用此法，端視清洗水的特性而定。

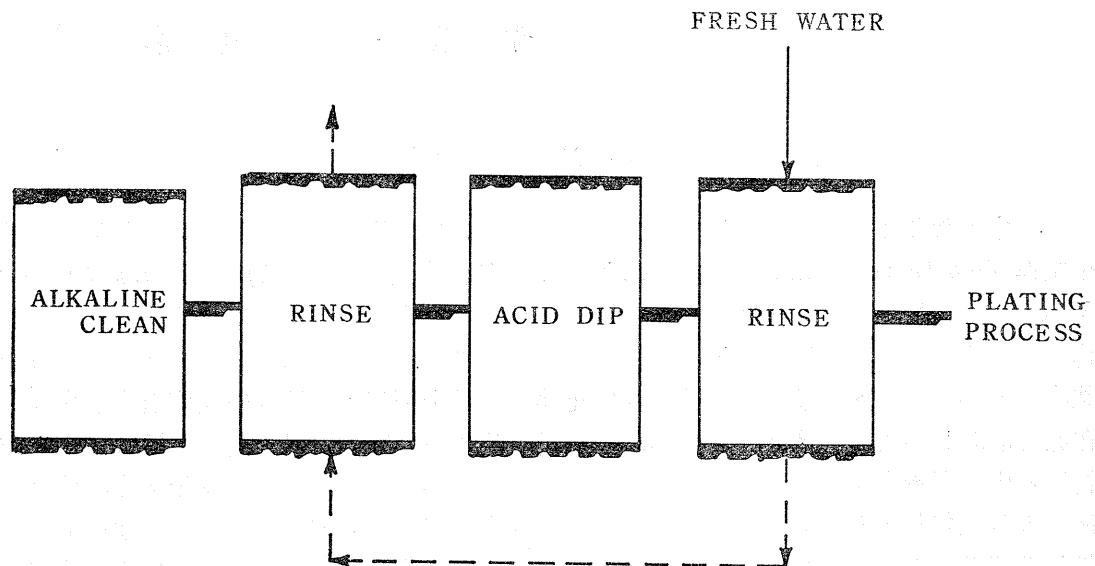


圖 1. 電鍍作業之基本清洗流程

圖一所示為電鍍工廠常用之基本清洗流程。若能將「酸浸」(acid dip)步驟後之清洗水送回「鹼性除污」(alkaline clean)步驟後的清洗槽，則對該槽有下列好處：

- 槽中之鹼性清洗水可以得到部分中和作用。
- 較易去除物件表面之皂膜 (鹼液薄膜)，提高清洗的效率。
- 無需再用到新鮮水 (fresh water)，因此可以將該槽之新鮮水閥關掉。

除了上述優點外，由於清洗水獲得部分中和的效果而提高了「拖出液」的 pH 值，因此對「酸浸」溶液形成保護功用，進而延長其使用壽命。有關拖出液的定義，將在後面說明。

在圖 2 中採用將電鍍清洗水送回「酸浸清洗槽」的作法，並不會妨礙到該槽的清洗操作。如此一來可以關閉該槽的新鮮供水閥。另一個好處則是可將鎳借「拖出液」再送回「鎳鍍浴」中 (nickel plating bath)。

圖 3 為忽略了廢水特性而誤用了反應性清洗法的例子。一般在酸浸後的清洗水，其 pH 值可能低到 2.5，而氰化物在 pH 2.5 到 3.0 的範圍內會轉化成有毒的氯化氫氣體釋放出來，造成極大的危險。

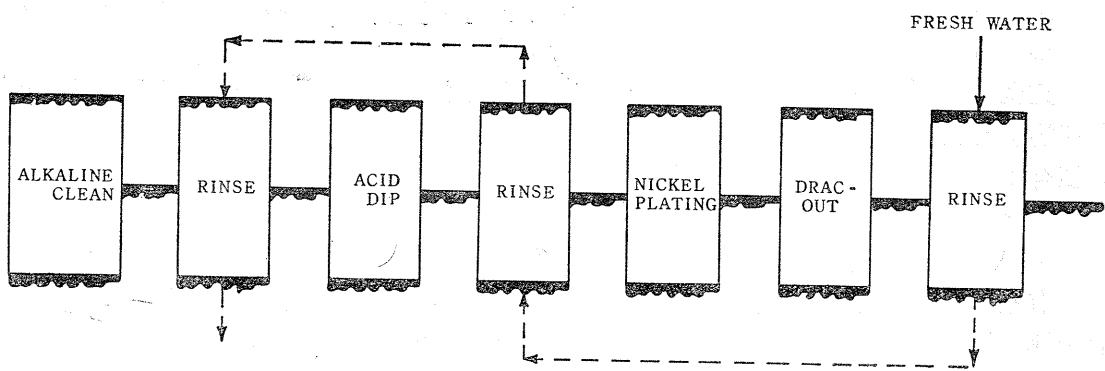


圖 2. 反應性清洗法應用於鍍鎳作業

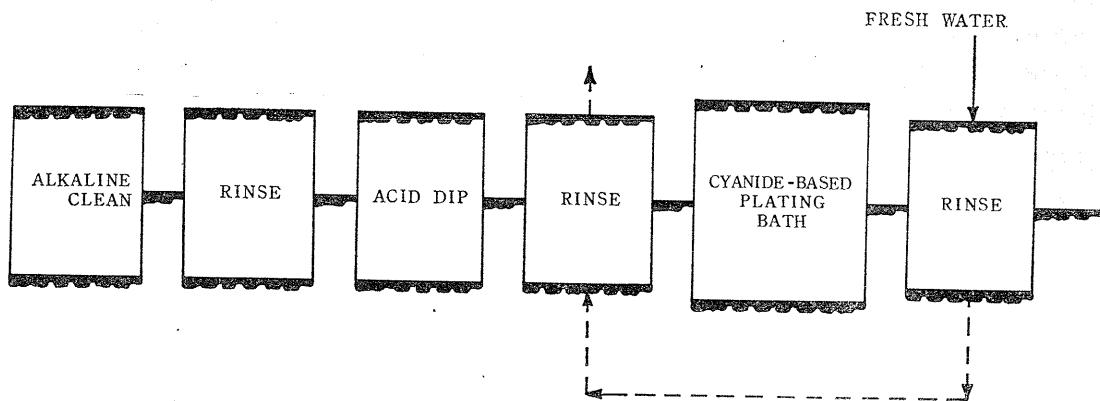


圖 3. 誤用反應清洗法範例

## 2.2 逆洗法 (countercurrent rinsing)

當採用二座或二座以上串連式之清洗槽時，若鍍件移動的方向和清洗水移動方向相反這一類的清洗系統稱之為逆洗法（如圖 4）。進流水（一般常用的有自來水和井水）由最後一座清洗槽導入，經由溢流或導引管接到前面的清洗槽。

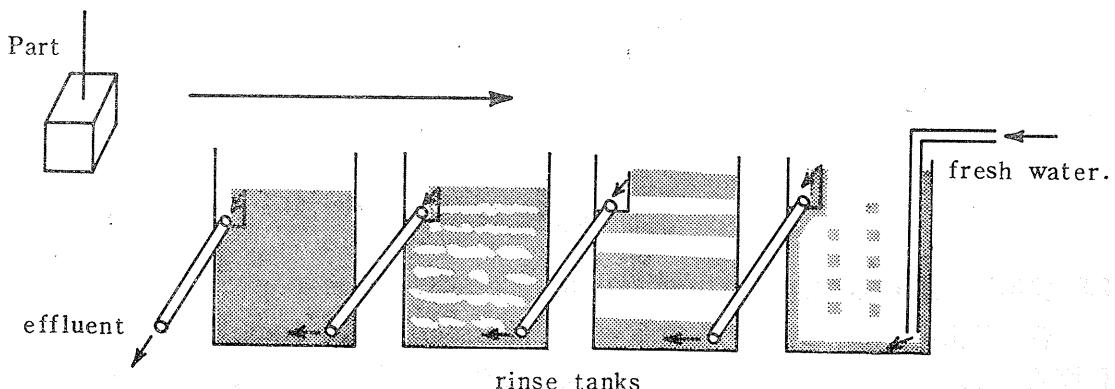


圖 4. 逆洗法示意圖

應用逆洗法時，污染物濃度以第一槽為最低。此槽之最高允許濃度以不影響下一步電鍍浴作業為原則；據此也決定了該逆洗系統所需之進流水量。

完全混合：逆洗法的應用係基於清洗槽中之清洗水處在完全混合 (complete mixing) 狀態的假設條件下操作。若因混合不佳，而不能達到預期的效果時，下列措施有助於達成完全混合：

- 將清洗水加以攪拌
- 將進流水從位於槽底之多孔管或逸散噴嘴導入清洗槽

有些工廠中，受到鍍件過長的影響而採用長且窄的清洗槽。遇到這種情況時，應注意配合上述之第二種措施，以免發生嚴重的短流現象 (short circuit)。

空氣攪拌：攪拌清洗水可以提高清洗效率。攪拌的方法很多，但以空氣攪拌最為簡單、經濟而且效果好。這個系統包括散氣管以及鼓風機 (air blower) 或空氣壓縮機 (air compressor) 兩大部分 (如圖 5)。空氣經由位於槽底之多孔管線散氣；鼓風機或空氣壓縮機則與空氣濾清器配合使用，以免將大氣中之塵埃導入散氣系統。採用鼓風機會比使用空氣壓縮機好，因為空氣壓縮有將油汽導入攪拌清洗槽的危險；除此之外，鼓風機之成本和消耗的能量也比較低。

鼓風機應安置在不積水 (例如有排水溝槽之類的狹縫) 且距潮濕地面有適當高度的平臺上。

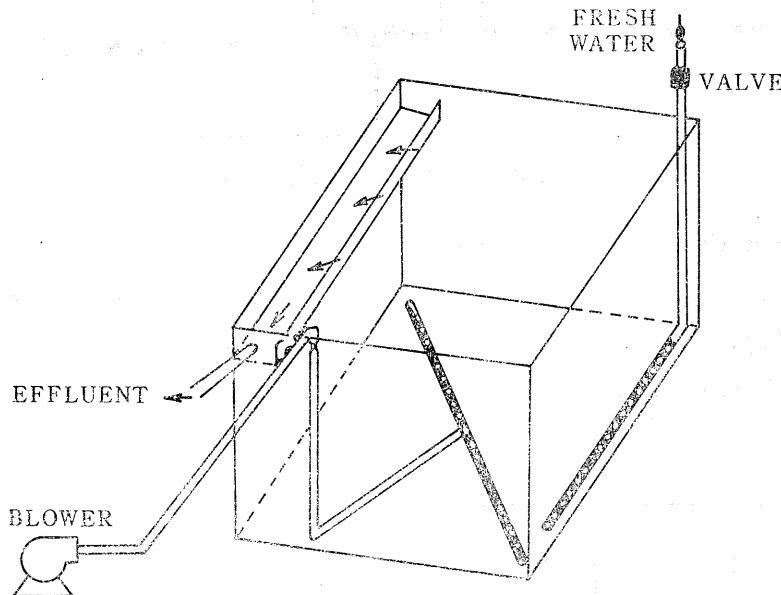


圖 5. 空氣攪拌系統

### 2.3 拖出液減量法 (dragout minimization)

當鍍件由甲槽移往乙槽時，在鍍件、滾桶 (barrel) 或掛架 (rack) 表面會沾附一些液體隨着鍍件進到乙槽。對甲槽而言，這些粘附的液體即所謂之拖出液 (dragout)；對乙槽而言，則稱之為拖入液 (drag-in)。圖 6 說明了何謂拖出液和拖入液，同時也指出什麼是

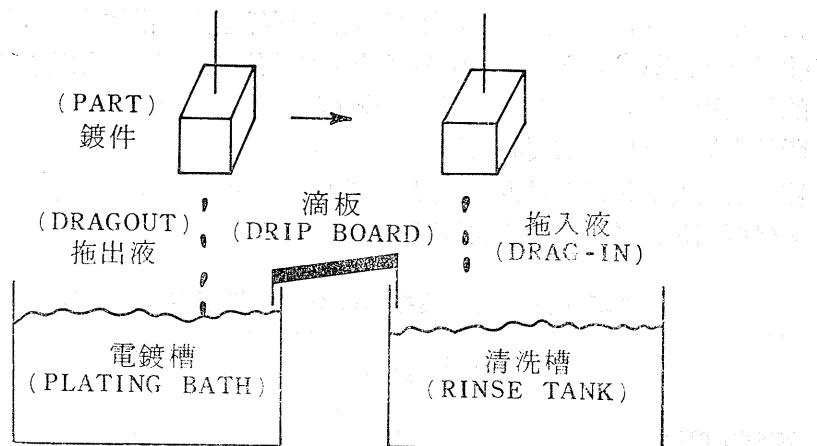


圖 6. 拖出液、拖入液及滴板示意圖

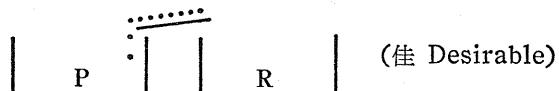
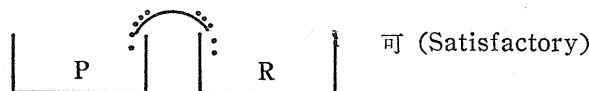
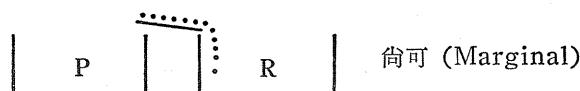
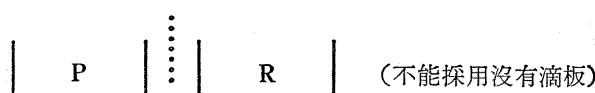
滴板 (drip board)。

滴板技術是一種相當有效的拖出液減量化方法。滴板表面必須有適當的斜率，以便讓滴板上收集的拖出液流回原槽（如電鍍槽）。滴板表面所使用的材質可為塑膠，如聚偏乙烯 (polyvinylidene fluoride, PVDF)、聚氯乙烯 (PVC) 聚丙烯 (polypropylene) 或聚乙烯 (polyethylene)，以及經電鍍之金屬等均可，但應注意，不注意，PVDF 不適於用在強鹼和發煙硫酸之類的系統。

加拿大聯邦環保署西北區之「技術協助方案」小組針對區內電鍍工廠所進行之洽訪中發現，有五種滴板型式為電鍍業所廣泛採用，小組並將其評分如表一所示。

表一、拖出液滴板評分表

滴板型式 評 分



除了滴板之外，也可採用下列方式來減少拖出液量：

- 儘量配用低濃度之電鍍浴。由於濃度愈低時其粘度也愈小，使得拖出液之量和濃度也

相對地減少。例如一般鉻電鍍浴標準配方所採用之鉻酸濃度為 250g/l ( $\text{CrO}_3$ )，但若改用 150g/l ( $\text{CrO}_3$ ) 濃度之電鍍浴時，在鍍件表面不太複雜的情形下也得到令人滿意的效果<sup>(1)</sup>。這種低濃度配方不但減少了拖出液量，而其所含之鉻濃度也降低了40%；所付出的代價則是需要較長的電鍍時間。然而相反的是，化學劑供應商往往建議配製較高濃度的電鍍浴；以表二為例，雖然鍍槽中之鎳濃度已比典型的 watts 式配方高，但藥商仍建議乙廠再添加鎳鹽。

表二、鎳鍍浴與典型 Watts 式鎳鍍浴配方之比較\*

典型之 Watts 鍍鎳浴配方 (盎司／加侖)	第一槽 (盎司／加侖)	第二槽 (盎司／加侖)
$\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	32	36.58
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6.0	12.97
$\text{H}_3\text{BO}_4$	4.0	3.40
		3.73

\* 乙工廠（見聯邦政府協助方案）

\*\*如採用 43 amp/ft<sup>2</sup> 之電流密度，效果極佳；如採用 21 amp/ft<sup>2</sup> 電流密度時，硫酸鎳和氯化鎳可減半<sup>(2)</sup>

- 當鍍件或滾桶從電鍍槽吊起來後，立即施以適當的滾動或轉動，促使拖出液儘快掉回原槽。
- 用久的滾桶常會附着一些外物（電鍍鹽）而造成滾桶上的小孔發生堵塞的情形。要經常加以清洗，使其恢復應有之大小以使排滴流暢。
- 鍍件移往下一槽前，應有足夠的排滴時間（draining time）。可利用實驗決定所需之「最佳排滴時間」。操作員是否小心操作將影響拖出液量之多寡；當鍍件停留在原槽上方過久時，操作員往往因為不耐煩而導致疲倦，一旦操作員失去耐性時，也就顧不得拖出液是否充分排滴，便將鍍件送往下一槽去了。要避免這種現象，可考慮在人工吊起移動架（manual hoist）的地方裝上延時器（delay timer），預先設定所需的排滴時間，讓操作員有所依循。

一些比較精細的鍍件係採用較小的處理槽及清洗槽。鍍件被綁在金屬線上，懸吊在電極棒下。鍍件的取出和移動全靠操作員以手握住金屬線，這種作業方式稱之為 hand line，以別於採用滾桶之 barrel line 或採用掛架之 rack line（後兩者均設有吊起移動架）。這型的手工作業線最容易導致操作員疲倦，因此往往未等拖出液充分排滴即把鍍件帶到下一槽。改進的方式可在槽上面安裝一組放置架，當操作員取出鍍件後，就直接將其置於架上使其充分排滴。這種放置架有如一般廚房所用，供碗清洗後滴水用的碗架。

- 採用適當設計之鍍件移動掛架，以減少拖出液量。

## 2.4 拖出液回收法 (dragout recovery)

上一節探討了各種減量的措施，但不論採用那種措施，總會有些溶液沾附在鍍件、盛桶

或掛架表面上。因此接下來所介紹的拖出液槽 (dragout tank) , 是一種用來回收拖出液的簡單且經濟之回收技術。

拖出液槽其實是指無放流設備 (或靜止) 之清洗槽而言 (still rinse tank) , 專用來清洗自處理槽中移出之鍍件。如圖 7 所示，鍍件在進入流動清洗槽之前 (flowing rinse tank) ，先在兩座串連之拖出液槽清洗。

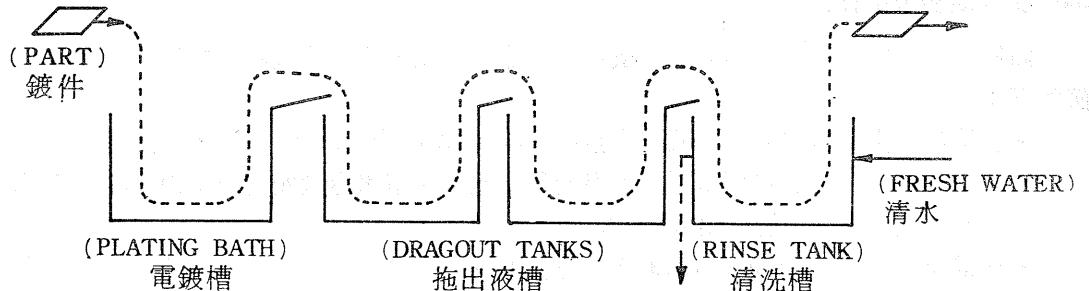


圖 7. 拖出液槽

拖出液槽同時具有保護流動清洗槽水質之功能，使用槽數愈多時，流動清洗水所夾雜的污染成分濃度愈低。表三說明丙工廠（見本文聯邦政府協助方案）在採用一座拖出液槽後，鎳 (Ni) 損失情況顯著減少的實績。

表三、拖出液槽對活動清洗水鎳濃度之影響

作業方式	鎳濃度 (ppm) *
未變更前 (不採用拖出液槽)	11.90 ; 10.70
變更後 (採用一座拖出液槽)	0.9

\* 每一個數據代表一個樣本 (grab sample) ; 丙工廠

### 拖出液槽之使用

拖出液槽中之污染物濃度係隨時間而增加。若不加以排除時，其濃度最後會接近電鍍槽之濃度而失去保護流動清洗水質之功能。處理拖出液槽放流液不外下列三種方法：

- 運送到廠外處理設施處理
- 在廠址自行處理
- 送回電鍍槽補充因蒸發所損失之水量

如果有二兩座拖出液槽，當第一槽排放後應以第二槽之清洗水補充；而第二槽則應添加去離子水或是蒸餾水。

在電鍍作業上，配製鍍浴用水之品質是相當重要的控制因子。若自來水中所含之雜質濃度高時，將影響到電鍍過程所發生之物理與化學反應。採用自來水或地下水作為電鍍槽蒸發損失之補充水時，會使得雜質逐漸地濃縮；如此一來就必須將鍍液廢棄、更新。另一方面，可以拿第一拖出液槽排放之拖出液作為補充水之用。由於上述原因，應儘可能地採用去離子

水或蒸餾水加到第二拖出液槽。

應用拖出液槽在需加溫的電鍍槽中效果最為顯著，例如鎳、鉻和銅等電鍍浴。

將拖出液返送回原電鍍槽的方式，不但回收了有價值的化學藥劑，同時也減少了有害廢棄物的產生。因此，與其說它是環境保護方面的支出，不如說它是一種收益的形式。

## 2.5 改變製程或操作方法

將製造過程或操作方法作局部性或主要程序的修正，亦可達成廢棄物減量之目的。茲舉例如下：

- 在清洗槽之新鮮水管線上裝設定量閥 (constant-flow valve)，以避免浪費水。這種定量閥在特定之水壓範圍內可限制最高流量。市售定量閥之容量由 1.15~7.2gpm 不等，適用之壓力範圍由 15~200psi。
- 在電流除污槽 (electro-clean) 或鹼洗槽的後面採用溫水清洗。本法有助於去除鍍件表面之鹼性皂膜。這個方法同時可以延長酸浸或酸蝕 (pickle) 溶液的使用壽命。
- 採用蒸發器。
- 在操作以外的時間，仍維持電鍍槽之高溫狀態，促使電鍍液不斷地蒸發，以便容納更多的返送拖出液。
- 在允許之操作範圍內，提高電鍍槽之溫度，以提高其蒸發速率。
- 以電解法脫鍍設備 (electrolytic stripper) 取代化學脫鍍方式，以免去事後必需處理化學溶液的問題。
- 使用陽極處理時，採用熱水封孔法代替化學封孔法（例如鉻酸鈉）。
- 採用六價鉻電鍍法時，在允許的條件下應增加陽極面積和電鍍槽之溫度，以避免三價鉻的累積。
- 若在三價鉻電鍍槽內發現有三價鉻累積過高的情形時，可改採用較小面積之陰極板，並以電解法將三價鉻轉為六價鉻。如此則可降低三價鉻含量；Knill 和 Chessin<sup>(3)</sup> 二氏建議採用下列操作條件：陽極對陰極面積比 30:1、電流密度 3~5amp/in<sup>2</sup>、在華氏 135~140 度溫度並提供充分攪拌的條件下操作。為不影響正常的電鍍作業，可利用空檔時間進行這種降低三價鉻濃度的工作。
- 在同一條作業線上有過多的水閥時，將會遇到二個困擾：第一是一般電鍍廠常見的由於水閥過多，操作員在下班後懶得一個一個的關閉，而任其日夜放流。第二個困擾是即使關了，下次再開時也無法開到原先設定的流率。要避免這種無謂的水資源浪費，應安裝主水閥裝置 (master valve)；一旦主水閥關閉，即可控制整條作業線之供水系統。

## 安裝拖出液槽

一般電鍍工廠的廠房空間都很小。在這種情況下，可考慮採用掛在電鍍槽之前或者之後的小槽（如圖 8）方式作為拖出液槽之用。

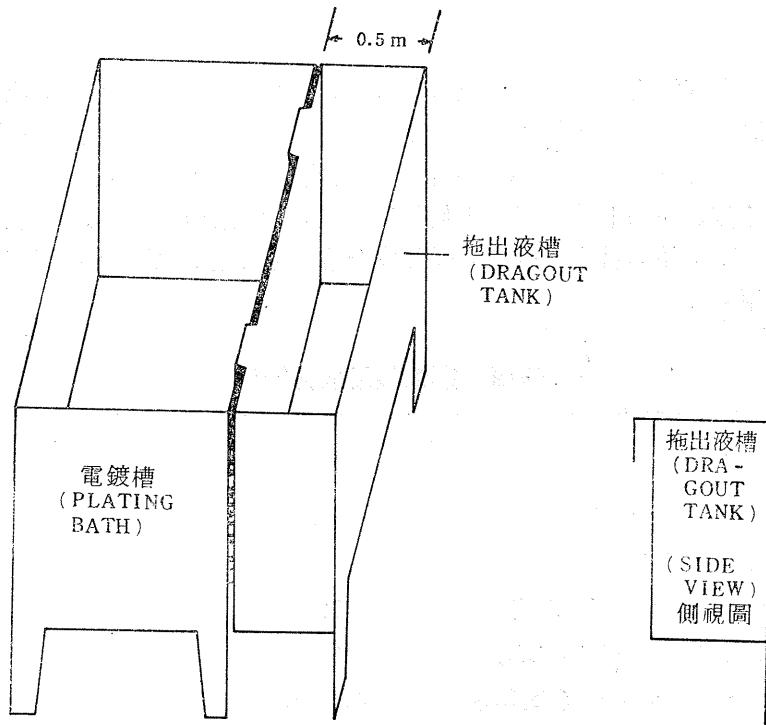


圖 8. 小型拖出液槽之裝設

### 以清洗水作為處理槽之補充液

用清洗水來補充作為處理槽之蒸發損失，可說是前述逆洗法觀念的延伸。

熱鍍鋅法 (hot galvanizing) 程序中，可將鹼性的清洗水送回熱鹼槽作為補充因蒸發所損失的水份；新鮮水則應加入清洗槽。同樣的原理，亦可應用在熱酸浸槽及其清洗槽的系統中。這種方式所能返送之清洗水僅限於熱鹼或酸浸槽，其水量多寡則相當於補充蒸發所損失之水量。例如在百分之七十鹽酸的酸浸槽中，由於其水分蒸發量有限，因此允許返送之清洗水量也較少。

### 減少或避免採用「氰銅快速電鍍法」

「氰銅快速電鍍」 (Cyanide Copper strike) 之作用在後面會作進一步的說明。目前有些電鍍廠，不論任何鍍件均先以「氰銅快速電鍍」作為打基礎的作法，徒然浪費了原料，同時也增加了有害廢棄物。研究指出，凡是不含鉛的鋼材，都可以直接鍍上鎳、再鍍上鉻，而不需要採用 Cu-Ni-Cr 鍍系<sup>(5,12)</sup>。同樣地，黃銅鍍件也不需經過氰銅快速電鍍即可直接採用 Ni-Cr 鍍系<sup>(13)</sup>。

### 2.6 變更原料

採用無危險性或危險性較低的原料。

## 不含氰之電鍍液

含有氰成分之鎘或鋅電鍍液，不但較貴而且操作方面具有危險性。目前已經成功的發展出不含氰之鎘和鋅電鍍法，除了解決上述困擾外，同時具有金屬鎘含量低的優點（表四）。過去十年來，不含氰之鋅電鍍法已逐漸取代含氰的處理方式，兩者使用之比例已超過二比一<sup>(4)</sup>。採用這種「變更原料」的方式，由於鍍液中不氰含成分，因此在處理廢棄物時可省略掉「鹼性氯化」步驟。總而言之，就電鍍操作本身和其廢水處理而言，採用不含氰的電鍍方式可節省操作費用。

表四 鎘電鍍浴成分<sup>(11)</sup>

		含氰溶液(盎司/加侖)	不含氰溶液(盎司/加侖)
一氧化鎘	cadmium oxide (cdO)	3.0	—
鎘	cadmium (cd)	2.66	0.5~1.5
氰化鈉	sodium cyanide (NaCN)	13.3	—
氫氧化鈉	sodium hydroxid (NaOH)	1.87	—
碳酸鈉	sodium carbonate (Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	4.0~8.0	—
氯化銨	ammonium chloribe (NH <sub>4</sub> Cl)	—	3.0~1.5
硫酸銨	ammonium sulfate ((NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	—	10.0~15.0

一般在鋅鑄件表面鍍上鎳和鉻時，均採取含氰之銅電鍍浴作快速電鍍 (cyanide copper strike) 先打好基礎後再經「非電解性鍍鎳」的程序增加其抗腐蝕性，最後鍍上鉻以增加其光澤。第一道的「氰銅快速電鍍」旨在提供作為鎳層粘着所需之基礎，否則鎳不易附着在鋅表面。最近已發展出可以省略「氰銅快速電鍍」步驟，而能直接將鎳鍍在鋅表面的新方法。Baudrand 和 Steward 二氏<sup>(6)</sup>指出：採用「鹼性非電解型鍍鎳法」，可以不需經過「氰銅快速電鍍」處理而直接應用在鋅質材料上。Aleksinas 氏<sup>(7)</sup>也提出一種可以直接鍍在鋅材質上的「鹼性非電解型鍍鎳法」，此法係在「鹼性除污」之後，及「非電解型鍍鎳」步驟之前，施用一種特別的激發劑或是中和劑。

## 三價鉻電鍍法

三價鉻電鍍法和六價鉻電鍍法比較起來，有下列優點：

- 毒性較低。
- 三價鉻電鍍法所使用的鍍液濃度較低，因而拖出液量較少。
- 由於鉻濃度較低，因此在廢水處理時所產生的污泥也較少。
- 由於不會產生噴霧，因此不需使用通風系統。

三價鉻電鍍法目前應用在汽車緩衝檣桿及其他零件之電鍍上。

## 不含加速劑之非結晶鉻酸鹽轉化系統

工業界常在鋁鍍件表面覆上一層非結晶鉻酸鹽膜 (amorphous chromate conversion coatings)，作為塗漆前之預先處理步驟，這個程序可以加強漆的粘着力並提高抗腐蝕性。鉻酸鹽電鍍一般含氰化鐵 (ferricyanide) 當作加速劑，以促進覆層的形成。近來基於環境污染管制上的考量，已發展出不含氰化鐵之「鉻酸鹽轉化覆層」電鍍法<sup>(8)</sup>。轉化覆層法 (conversion coating) 與一般電鍍法不同之處在於：前者之鍍層是直接由化學轉化達成，而未藉外界電流之作用。

## 不含鉻轉化覆層之電鍍法

不含鉻轉化覆層電鍍法採用的配方，包含下列任何金屬或化學劑之組合：鈦 (titanium)、鋯 (Zirconium)、鞣酸 (tannins)、氟鹽 (fluoride)、磷酸鹽 (phosphate) 和鎳 (nickel) 等。目前這些配方已普遍取代鉻酸鹽，被廣泛地作為鋁或其合金在塗漆步驟前之預先處理，藉以強化其抗腐蝕性及漆粘着性。目前有一種非鉻鹽轉化覆層之專利電鍍法<sup>(9)</sup>，不但免除了鉻鹽所帶來的麻煩，而且縮短電鍍作業之程序。鍍件首先經由非蝕刻 (即非強烈酸洗) 除污槽處理，再經清水清洗後，吊入轉化覆層鍍槽；鍍件由鍍液槽吊出後，經暖氣或烤箱烘乾，即可上漆。這種專利電鍍法不像一般轉化覆層法，需在鍍液槽後增加一道清洗手續，因此省略了清洗步驟。

## 採用低溫 (50°C) 鹼性清洗劑代替高溫 (70°C) 清洗劑

Jansen 和 Tervoort<sup>(14)</sup> 建議採用特殊的低溫清洗劑；他們認為這種清洗劑不但節省能源和藥品費，而且由於使用時限的延長，在無形中減少了廢棄物之產生。

## 2.7 廢棄物交換

基於甲工廠廢棄物可能是乙工廠作業原料之考量，廢棄物交換中心扮演著將甲工廠廢棄物送往乙工廠的仲介角色。

例如用於清除鐵和鋼表面氧化垢 (氧化鐵) 的硫酸和鹽酸，當其成為不能再用之酸洗液時，其成分中仍含有百分之七的自由酸和百分之五的亞鐵離子；而這種含有亞鐵離子的廢酸液尚有下列用途：

- 廢水處理之混凝劑。
- 磷酸鹽控制劑和污泥調節劑。
- 可作為處理含複合及螯合銅 (Complexed and chelated copper) 之清洗水。

EDTA 為電鍍工廠中最常用到的螯合劑；它能以一個分子中的兩個原子，抓住一個金屬離子而形成安定的複合物，且不易為一般的沉澱法所去除。

當亞鐵離子與螯合銅混合，在 pH 3~4 的情況下，可將二價銅 ( $Cu^{++}$ ) 還原成一價 ( $Cu^+$ )。若再將 pH 提高到 9 時，則一價銅 ( $Cu^+$ ) 將轉換成氫氧化銅 ( $CuOH$ ) 而被沉澱去除。

加拿大安大略省現有一家熔煉工廠，專門接受乾污泥，利用萃取方式回收其高含量之鎳

或銅。

此外，電鍍工廠應研究將其產生之廢棄物，交由其他工廠來使用的可行性。首先，應該先向當地廢棄物交換中心接洽；以臺灣地區而言，目前的廢棄物交換中心設在工業技術研究院。

## 2.8 改進工廠之管理及維護

任何工廠要達成廢棄物之減量以前，應先致力於改善廠內的管理和維護工作；特別是在廠內貯存並產生相當多有害廢棄物及有害物質的電鍍工廠。可改進的有下列項目：

### 減少溶液外洩

濺溢、洩漏以及處理槽添加過多溶液而滿溢等，為電鍍工廠常見的問題。工廠可採取下列措施，以便將發生外洩的機率和外洩造成之影響減到最低的程度。

- 對職員施予訓練，讓他們知道貯存、搬運和管制有害化學藥劑及廢棄物的正確方法。
- 遇有外洩情況發生，應探究其原因、採取適當步驟，並且儘量避再發生類似的狀況。
- 如有裂漏應儘快修補。
- 建立一套預防性的管理辦法。

### 移除電鍍槽中之雜物

每天應利用竹製或塑膠製的耙子，清除落在槽中之雜物。如果有鐵質的雜物落入，可用磁鐵吸出，以免導致槽中重金屬累積。尤其是金屬雜物的移除工作，不但可減少鍍件之擴斥率，同時可延長處理溶液之使用時限；並且減少了廢棄物量。

### 移除除污槽和清洗槽之沉澱物

為提高清洗工作之品質，應將槽中沉澱物移除；如此一來，亦可減少廢棄物之產生。

## 三、聯邦政府協助方案

有害廢棄物生產量少者，往往不曉得廢棄物減量技術的好處。在缺乏資金去聘請顧問公司，為他們設計一套廢棄物管理及處理設施；以及請不起專職廢棄物管理工作之專業技術人員……等諸多因素影響下，使得廢棄物減量工作不易推動。

加拿大聯邦環保署西北區在1986年秋天，開始執行一項所謂的「技術協助方案」，專門協助中小企業（廢棄物生產量少者）。該方案首先選定電鍍工廠作為輔導對象，並且提供以下兩項服務：(1)工廠實地評估，和(2)訓練。除此之外，環保署也提供在廢棄物減量方面的經濟誘因。

### 3.1 工廠實地評估

工廠實地評估主要着重於廠內廢棄物減量時之實際應用措施；方案小組針對所選定之工

廠，進行詳細的「廢棄物評鑑」(waste audit)工作。選定工廠之原則為：

- 初步洽訪時，工廠經理對改善其廢棄物管理有強烈意願。
- 工廠所採行之電鍍程序，具有代表性。

目前有四家電鍍工廠（工廠甲、乙、丙、丁）接受輔導，同時因本方案之推行而獲益匪淺。以丙工廠為例：原先其放流水所含之鎳濃度經常超過市政府所訂之排放標準，經過輔導，他們先在鍍鎳槽之後加裝一組拖出液回收槽、並改用較佳之排滴技術，使得其放流水不但能合乎標準，而且大量節省了鎳鹽原料（表三）。該署更進一步編訂電鍍工業之「廢棄物減量評鑑手冊」，期能協助其他電鍍廠，自己進行廢棄物評鑑工作。

本年度協助方案之輔導對象為塗料製造廠。

### 3.2 訓練

加拿大環保署針對電鍍業編訂了一套廢棄物管理訓練教材；共三集，每集包括有電視影片和教學手冊。第一集係針對工廠老板和經理級主管，目的在於幫助他們了解：如何才能經濟而且有效地管理廢棄物，同時讓他們知道訓練自己員工的重要性。

第一集電視教材所探討的項目有：

- 污染防治之要件。
- 加拿大環境部頒訂之相關法規。
- 廢棄物產生及污染防治。
- 污染源。
- 污染控制規劃。
- 污染防治之廠內控制。

電視教材之優點在於它能廣為宣傳。在大教室、學生多的情況下，只要多擺幾臺電視即可達到宣導的目的；教學手冊可以讓參加的學員將來再拿出來參考用。儘管有上述優點，但由於加拿大環保署所轄的五個區域，各有其不同之特色，而且地方法規也不盡相同，所以電視教材無法詳細到完全適合各個區域之需求。為克服這些難題，環保署西北區決定補充其他資料，以便將區域性的資訊傳達給當地的業者。補充資料包括：

- 由廢棄物處理設備之廠商講解個案。
- 由省及市政府講解省、市之相關法規。
- 介紹廠內廢棄物減量技術（特別着重於“簡易”者）。
- 介紹聯邦政府在廢棄物減量方面所提供的經濟誘因。
- 由「現場方案」(on-site program)負責人講授該方案之作業現況。該方案係由民間顧問工程公司主持，聯邦政府由失業救濟金下提供經費支持；並由工廠顧用失業之技術人員從事廢棄物管理工作。

聯邦環保署西北區之訓練班於1987年10月17～19日在 Edmonton 市 (Alberta 省) 舉行，計有三十三名學員，全部為電鍍業者。

### 3.3 聯邦政府之經濟誘因

加拿大聯邦政府提供了兩個適用於廢棄物減量技術發展之經濟誘因：(1)資源及能源節約技術之發展示範 (Development and Demonstration of Resovrce and Energy Conservation Technology, DRECT) 以及(2)加速成本酌減額 (Accelerated Capital Cost Allowance, ACCA)。在 DRECT 誘因下，聯邦政府對合於能源節約及減少污染之新技術發展示範，可提供百分之五十的經費補助。ACCA 屬於減稅誘因，對於合法納稅人在控制或預防水污染及空氣污染方面投資之設備成本，可在兩年內折舊，而無須達一般之折舊使用年限。上述兩個方案均由聯邦環保署負責執行。

## 四、結論

在廢棄物減量工作方面，有許多簡易且可實際應用的技術。一旦電鍍工廠面臨更嚴格的省市法規時，這些簡易技術即為解決廢棄物問題之實際可行方法。

以前面提到的協助方案為例，證明了政府和工業界可以攜手合作，共同致力於解決廢棄物管理方面的問題。

後記：本文係根據 Simple Techniques for Source Reduction of Waste from Metal Plating Operations (by Eric Chia-Ei Tsai and Roy Nixon; Hazardous Waste & Hazardous Materials, Vol. 6, Issue 1, Feb. 1989) 一文，重新修訂而成。

## 參考文獻：

1. Fisheries and Environment Canada, "Metal Finishing Liquid Effluent Guidelines", EPS-1-WP-77-5, 1977, pp. 12-13.
2. Mohler, J. B., "Nickel Plating Bath Limits", *Metal Finishing*, January 1985, pp. 73-77.
3. Knil E., and Chessin, H., "Purification of Hexavalent Chromium Plating Baths," *Plat and Sur. Fin.*, August 1986, pp. 26-32.
4. D'Angelo, M. P., "Zinc Plating Without Cyanide: Two Decades of Progress", *Plat. and Surf. Fin.*, September 1986, pp. 20-25.
5. "Shop Problems, *Metal Finishing*, Feb. 1977, p. 64.
6. Baudrand, D. W., and Steward, R. "Electroless Nickel Plating on Zinc Die Castings," *Plat. and Surf. Fin.*, July 1987, pp. 24-26.
7. P&SF Report, "Technical Table at Sur/Fin' 85," *Plat. and Surf. Fin.*, October 1985, pp. 52-59.

8. Yaffe, B. S, "Repaint Treatment for Aluminum," *Metal Finishing*, July 1987, pp. 11-14.
9. Amchem Products Inc., "Technical Services Data Sheet-Alodine 4830/4831 Coating Chemicals", Ambire, PA. (no date)
10. P&SF Report, "Development in Chromium Plating," *Plat. and Surf. Fin.*, July 1987, pp. 29-32.
11. Marce, R., "Cadmium Plating Still a Must," *Industrial Finishing*, April 1978, pp. 34-37.
12. "Shop Problems," *Metal Finishing*, March 1977, p. 64.
13. "Shop Problems," *Metal Finishing*, June 1977, p. 64.
14. Jansen, G. and Tervoort, J., "New Concept for Alkaline Cleaning," *Metal Finishing*, April 1985, pp. 63-67.