

電鍍水洗作業與蒸發濃縮器的估計

水洗作業是電鍍線上相當重要的一環，但相關的效應常常被業者所忽視。本文以簡易的計算方式，來說明有關水洗作業與蒸發濃縮器的估算。

水洗原則

水洗就是要將鍍件表面上附著的鍍液稀釋，操作的兩項準則為速度與效果。以往是採取大量的水與高流量的方式因應，而流量可達每小時 300 加侖以上，如今已成為落伍而且不經濟的方式；效率成為最新的準則，要用少量的水與低流量的方式達到預期的效果。如果可以的話，延長鍍件自鍍槽提起的時間、使用風切、加熱噴洗均可減少帶出液；否則就要借重回收系統。有一些最適化的原則說明如下：

水洗比率

為了說明水洗比率，先假設鍍件帶出液的量是每小時 1 公升，而水洗水的流量設定為每小時 100 公升，如此，水洗比率是 100:1。

水洗比率 = 水洗水流量 / 鍍件帶出量

水洗系統設計的目標是決定最適的水洗比率，特別是水洗系統還要連接回收系統。回收系統的大小和水洗比率有直接的關連，水洗比率愈小，回收系統的需求容量愈小，操作成本就愈低。為了降低水洗比率，水洗系統的攪拌狀況成為關鍵。

氣泡攪拌

氣泡攪拌效果通常比高量水流有效，氣泡量要大到能造成擾流，但不能因此造成鍍件掉落。要用低壓鼓風機，因為壓縮空氣可能含油氣。空氣要透過適當分佈的管路均分，而且要使氣泡拂過鍍件表面，增加效果。

機械攪拌

對於某些鍍件，若氣泡攪拌有困難，須採用機械方式攪拌，但效果較差；噴水式或噴霧式也能適用於特殊的狀況。

逆向水流攪拌

逆向水流方式省水的功效，已經被業者廣泛接受是最經濟實用的，但是設計不良會影響效果，例如進水口與出水口的位置，安排不好會造成短流現象。設計良好的水洗槽，其大小不會影響水洗效果，只會影響水洗回收槽的飽和時間。

如果蒸發回收系統被納入考量，就要與鍍槽後面第一個水洗槽聯接，因為槽水洗下的鍍液累積濃度最高。

蒸發器容量

如果水洗系統設計與管理良好，那麼水洗比率可以降低至 15:1。利用下列的公式，有助於估計蒸發器容量。

計算

如果逆向水流系統有數個水洗槽，而且設計與管理良好，那麼每個水洗槽的金屬濃度可由下式計算： $C_i = C_o / R^i$

C_i = 第 i 個水洗槽的金屬濃度；

C_o = 鍍槽中的金屬濃度；以及

R = 水洗比率。

舉例說，在一個鍍鉻作業系統中的三槽逆向水流系統，若鍍液中 CrO_3 的濃度是每公升 30 公克，而且水洗比率是 15:1，那麼第三個水洗槽的 CrO_3 濃度是

$C_3 = (30 \text{ 公克/公升}) / 15^3 = 0.0089 \text{ 公克/公升 } CrO_3$

至於六價鉻金屬濃度則是 4.63ppm，仍在排放許可限值之內。而在理想狀況下，能夠被回收的比率可由下式計算： $\% \text{回收} = (1 - 1/R^i) \times 100$

所以，當水洗比率是 15:1 時， $\% \text{回收} = (1 - 1/15^3) \times 100 = 99.97\%$

真空蒸發回收鉻鍍液

由於鉻電鍍溶液的電效應較差，75-90%的鉻酸在電鍍過程中會因帶出而浪費。藉由蒸發回收系統，大部分的廢棄鉻酸可以回收再利用。已經有成功回收的鉻電鍍溶液，包括傳統的硫酸鹽鍍浴、專利的氟化物鍍浴、三價鉻鍍浴、硬鉻鍍浴與光澤浸浴；用在塑膠電鍍的鉻酸蝕刻浴也可以回收。

以美國 QVF 公司的鉻鍍浴回收蒸發器為例，設備的材質包括硼矽酸鹽玻璃、聚四氟乙烯膜、耐火金屬，能夠適應所有的鍍鉻溶液。操作時的溫度是攝氏 82-88 度，壓力維持在 254-305 mm 汞柱；蒸餾冷凝的水回水洗系統使用，濃縮的鉻溶液經冷卻與測定濃度後，回到鍍鉻槽使用。由於大多數鉻酸溶液的水份蒸發速率頗慢，回收的鍍浴液濃度要稍為超過鍍浴溶液的設定濃度，才回注到電鍍槽中使用。加熱蒸發時，鍍浴液濃度漸增，熱傳系數漸減，黏稠度增加，沸點也提高，結果蒸發速率減慢。因此，鉻酸蒸發操作的限制濃度是 60 英兩/加侖，即 449.4 公克/公升。

真空蒸發回收鉻酸蝕刻浴液

鉻酸蝕刻浴是塑膠電鍍之前的蝕刻步驟，市價約為每加侖 10 美元，值得回收。鉻酸蝕刻溶液有兩種：濃鉻酸蝕刻(僅含 958.7 - 1198 公克/公升的鉻酸)，與鉻酸-硫酸蝕刻(含 359.5 - 599 公克/公升的鉻酸與 20-40%的硫酸)，兩者回收的作業條件稍有差異。

在鉻酸蝕刻浴的最大困擾是三價鉻，因為塑膠蝕刻程序會使六價鉻還原為三價鉻；少量的三價鉻有助於蝕刻效果，過量就有不良的影響，也造成水洗作業的困擾，因此要先設法去除。美國 QVF 公司的鉻溶液回收蒸發器可以濃縮到 9 英磅/加侖，即 1078.6 公克/公升。

真空蒸發回收鎳鍍浴液

可以應用真空蒸發回收鎳鍍浴液的項目，包括硫酸鎳、光澤鎳、無硫半光澤鎳、瓦特浴、氯化鎳、伍茲鎳以及特殊的微孔鎳；氨基磺酸鎳鍍浴液也可以回收。

以美國 QVF 公司的鎳鍍浴回收蒸發器為例，設備的材質包括硼矽酸鹽玻璃、聚四氟乙烯膜、耐火金屬，能夠適應所有的鍍鎳溶液。操作時的溫度是攝氏 71-77 度，壓力維持在 457-508 mm 汞柱；蒸餾冷凝的水回水洗系統使用，濃縮的鎳溶液經冷卻與測定濃度後，回到鍍鎳槽使用。濃縮的極限是飽和濃度，其中硼酸因為溶解度較低，經常維持在飽和濃度的狀況；蒸發時要特別留意，避免因溫度降低或其他干擾因素，造成過飽和狀態的溶液出現沉澱的現象。

真空蒸發回收貴重金屬鍍浴液

以美國 QVF 公司的黃金鍍浴回收蒸發器為例，設備的材質包括硼矽酸鹽玻璃、或是玻璃纖維加強樹脂、以及耐火金屬。操作時的溫度是攝氏 49-54 度，壓力維持在 635-660 mm 汞柱；蒸餾冷凝的水回水洗系統使用，濃縮的黃金溶液經冷卻與測定濃度後，回到鍍槽使用。黃金鍍浴溶液去除污染代價太高，因為黃金價值高，除污時難免夾帶微量黃金；所以做好管理，避免雜質污染為首要之事。

真空蒸發回收的好處是，減少廢液體積並增加黃金濃度，所以委外處理運費降低、價值提高；同時，避免因為接觸其他媒介，例如樹脂，而造成含量損失，以及量測困難。

真空蒸發回收氰化物鍍浴液

含氰化物溶液的棄置是非常嚴重，也是非常昂貴的問題；如果能夠回收再使用，多少可以避免這些問題。以美國 QVF 公司的氰化物鍍浴蒸發器為例，設備的材質包括玻璃纖維加強樹脂以及不鏽鋼。操作時的溫度是攝氏 49-54 度，壓力維持在 635-660 mm 汞柱；蒸餾冷凝的水回水洗系統使用，濃縮的氰化物溶液經冷卻與測定濃度後，回到鍍槽使用。氰化物鍍浴溶液最頭疼的問題是碳酸化合物，因為帶出液的累積，所以要設法去除，以延長鍍浴壽命。

文獻參考

Chrome Recovery for Diecastings Manufacturer Significantly Reduces Disposal Costs;
Case Study: CS432; Doc No. 450-003-A-383; <http://es.epa.gov/studies/cs432.html>
Recycling of chemicals using a atmospheric evaporator;
http://www.arc.govt.nz/cp/casestudies/content/c2764_4cs.htm

Sommer Metalcraft uses closed Loop Evaporator to Recover Chromium; Canada;
Published in 1987; Full scale;

http://www.emcentre.com/uneepweb/tec_case/metal_28/recovery/r6.htm

Niobium evaporator resists corrosion in chromic acid recovery process;

http://www.alleghenytechnologies.com/WahChang/pages/outlook/html/bkissues/08_04.htm

設備廠商

QVF Process Systems, Inc.; 224 North Main Street; Building F, Section 4; Horseheads,
New York 14845; Telephone: (607) 796-4800; Fax: (607) 739-6717;

E-mail: info@qvfps.com

Led Italia; <http://www.leditalia.com/products/index.htm>



<http://www.leditalia.com/company/market.htm>

Led Italia srl; Via Nuova di Corva, 86/D; Pordenone - 33170

ITALY

sales@leditalia.com; Phone ++39-0434-516323; Fax ++39-0434-516310

info@leditalia.com

Taiwan 分公司 Taoyuan

B & K Environmental, Inc.; 2712 Kraft, S.E., Box 7; Grand Rapids, MI 49546; (616)
940-0030

Calfran International Inc. (Vacuum Evaporator); P.O. Box 269; Springfield, MA 01101;
(413) 732-3616

Corning Incorporated (Vacuum Evaporator); Corning Process Systems/NA; P.O. Box 56;
Corning, NY 14830; (607) 974-7216

Poly Products Corp. (Atmospheric Evaporator); P.O. Box 151; Atwood, CA 92601; (714)
538-0701

Quality Plating Serv., Inc. (Vacuum Evaporator); P.O. Box 142; Bristol, CT 06011; (203)
582-7518

Roilgard, Inc. (Vacuum Evaporator); 5600 Thirteenth St.; Menominee, MI 49858; (906)
863-4401

SAMSCO, Inc. (Atmospheric Evaporator); 18 Cote Avenue; Goffstown, NH 03045; (603)
668-7111

Technotreat Corporation; 6216 S. Lewis Suite 106; Tulsa, OK 74136; (918) 742-5052

Technimatic, Inc. (Atmospheric Evaporator); 133 Lyle Lane; Nashville, TN 37211; 1-800
225-MAXI



Showa Entetsu Co., Ltd. (Vacuum Evaporation System) ; 5-1, Horita-doori, Mizuho-ku, Nagoya, 467-0862, Japan; <http://www.spf.co.jp/sfe.htm>; E-mail: info@spf.co.jp | Phone: +81-52-872-3133 | Fax: +81-52-871-4394



Corning Process

Systems builds evaporators using Teledyne Wah Chang Albany niobium. The evaporators, which are used to recover chromic acid, have helped improve productivity and process efficiency.

晨安企業股份有限公司；台灣台北市復興北路 1 5 號（芝麻大廈 1 2 1 9 室）；Tel :
(02)2772-3520~3; Fax: (02)2721-1495 (02)2721-4966; <http://www.goodmorning.com.tw>;
E-mail : gm1219@ms64.hinet.net