

475011

鍍 硬 鉻

工具機手冊 第十八冊

金屬工業發展中心 編譯

鍍 硬 鉻

工具機手冊 第十八冊

傅 兆 章 譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中 華 民 國 六 十 八 年 十 二 月 出 版

工 具 機 手 冊 之 (十 八)

鍍 硬 鉻

編 譯 者：金 屬 工 業 發 展 中 心

發 行 者：經 濟 部 國 際 貿 易 局

印 刷：佳 興 印 刷 局 企 業 有 限 公 司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國貿貿易局鑑於准有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序

在二次大戰期間爲了減少金屬之消耗量及彌補熟練技工的短缺，鍍鉻方法已普遍的被美國及英國所採用。所以目前鍍鉻在工具、量規及移動件上的價值已被肯定的確認。在戰前狀況並非如此，此乃由於錯誤的電鍍技術及電鍍所牽涉的原理缺乏瞭解所致。不良的電鍍工具造成電鍍作業信譽不良，所以從事此種技術操作人員應肩負起研究發展之任務是理所當然的。

目前的工作並非詳述電鍍的操作程序，也並非對專門人員的講解，而是編纂並指明當鍍鉻用在工具、量規及耐磨機件等可能的作法，希望對讀者能有所裨益；

鍍 硬 鉻

目 錄

第 一 章

電鍍程序及其應用.....	1
電鍍表面的前處理.....	2
電鍍液之成份.....	3
溫度及電流密度.....	4
均一性 (Throwing power).....	5
鍍層厚度的控制.....	6
附着性 (Adherence)	6
電鍍鍍槽 (Plating plant)	6
鋁件的電鍍.....	9
電鍍成本.....	10
操作人員之安全與健康.....	11

第 二 章

鉻鍍層的物理性質.....	12
硬度.....	12
抗拉性質.....	13
密度.....	14
熔點.....	14
熱膨脹.....	14
磨擦及表面性質.....	14

第 三 章

量規的電鍍.....	16
量規之電鍍厚度.....	17

螺絲量規之電鍍.....	18
電鍍前量規之熱處理.....	22
電鍍量規的研磨.....	27
不需電鍍表面的保護.....	27
改進刻度符號之清晰性.....	28

第 四 章

切削工具及模具之電鍍.....	29
鉋刀 (Reamers)	30
鋸條及銼刀之鍍銻.....	32
銑刀及車刀.....	33
木材加工工具 (Wood working tool)	34
工具電鍍前之熱處理.....	34
衝模、成型模及鍛模.....	34
金屬成型棍子之電鍍.....	36

第 五 章

電鍍對機件及模具耐磨零件之應用.....	37
砲管及來福槍槍膛.....	38
印刷塊及板之電鍍.....	39
玻璃瓶模.....	40
合成樹脂化合物用模.....	40

鍍 硬 鉻

第 一 章

電鍍程序及其應用

鉻元素早在1789年被發現，1821年才以鉻——鐵合金用於耐酸的場合，僅在距今卅餘年前才被商業化應用。鉻並非稀有金屬，據估計在世界上鉻蘊藏量比銅還要多，甚至於比鐵也要多。在門德雷夫週期表中，鉻與鉬、鎢、鈾屬同組，這組金屬及其合金很難用化學或物理方法加以處理。

當鉻在鋼鐵中為合金元素時，會增加硬度、韌性、耐高溫及耐腐蝕等特性；鉻鋼在許多現代工程發展中佔有極重要之份量，所以可以很安全的說，沒有鉻合金鋼，在許多高應力之機件就不能有目前完好的表現。

Bunsen 在1854年首次成功的用電解方法鍍鉻，但經 Sargent 多次的改良才有目前商業上之應用。Sargent 在1920年首次發表與此有關之文獻，從此以後大多數的電鍍程序只是改進 Sargent 所發表的鍍液配方及操作條件，在適當方法所得的鉻電鍍層非常美觀，稍帶藍色而且具有相當的硬度，當表面經拋光後在多數曝露環境下，仍能保持甚好的表面。

鍍鉻層具有良好的外觀及抗蝕性，此特性已被廣泛採用；然而吾人也不能在不考慮鉻層及底材狀況下，對其抗蝕性的全盤依賴，因為曾經發現在鐵上鍍一疏鉻鍍層 (Porous coating of chromium) 時比未鍍時更易生銹，這乃由於在金屬間之疏孔中存有濕氣 (Moisture) 產生之電偶 (Electro-couple) 所致。因此若鉻鍍在非金屬上可以有較好的結果。雖然鉻直接鍍在黃銅 (Brass) 上面，在鉻鍍層下面也會發生腐蝕的趨勢。不過腐蝕程度比鍍在銅上較為輕微。目前工程實用上若以抗蝕為主要條件時，則採用複合鍍法 (Composite plating)。複合鍍層通常採用鍍一鉻或銅—鍍一鉻的形式。銅—鉻 (Cadmium-

chrome) 複合鍍層非常耐大氣腐蝕 (Atmospheric corrosion)。可惜的是此二種鍍層很容易剝離，尤有甚者，當鉻鍍在銅鍍層上面不容易加以拋光處理。

相反的，鉻在鍍層上，其附着性良好，這種複合鍍層不但耐大氣腐蝕，而且也耐鹽水噴霧、蒸汽酸性及許多酸類；然而鉻很容易被鹽酸浸蝕 (Attacked) 及溶解，從試驗顯示只有鍍鎳可以抵抗20%的鹽水噴霧20小時，若於其上再鍍上0.0006吋的鉻鍍層可以增加至120小時。

例如應用在配管及汽車零件時，鎳—鉻鍍層永遠保持其外觀，需要注意的只是定期的用軟布打光後再清洗即可，不需要用金屬物品來打光處理。

今日鉻鍍層除了用於抗蝕及裝飾上應用外，也用於改善許多零件的表面硬度及耐磨耗性，這也是本章主要討論之部份。當然有些在機械應用上，抗蝕為其附加的益處。例如在工具、量規 (Gauges) 及機件上直接在其鋼鐵的表面鍍鉻，那是常有的應用。然而，必須記住的是，耐銹的情況不是肯定的，尤其是貯存的場合必須善加留意。

電鍍表面的前處理

欲電鍍的工件，不管是鋼鐵、鍍鎳鋼鐵、銅或黃銅，必需沒有灰塵、油脂而保持有化學的潔淨 (Chemically clean)。欲達此目的之完美作業程序，首先應採取鹼性清潔劑，(Alkaline Cleaner) 繼將工件用水洗潔；續在鹽酸中浸漬，再用水洗潔，可在濕的狀況下立刻置於鍍鉻槽中電鍍，當在鎳層上再鍍鉻時，很重要的是防止被浸過銅的鹽酸所污染；若此過程被忽略，在鎳鍍層上面會產生一層銅的薄膜，致使鉻鍍層的附着性不良。電解洗潔法 (Electrolytic cleaning) 是最近開發的一種清潔金屬表面的方法。處理時工件在電解池 (Electrolytic cell) 中可做為陽極或陰極，而所用的電解液與一般浸漬的熱鹼脫脂液類似，包括適當比例的磷酸三鈉 (Trisodium phosphate)、氰化鈉 (Sodium cyanide) 及矽酸鈉 (Sodium silicate) 等。

電解洗潔作用部份為化學作用另一部份則為機械作用，假如工件

做為陰極，所產生的苛性鈉（Caustic Soda）用乳化作用（Emulsification）除去油脂，若為硬脂酸（Fatty acid）則賴皂化作用

（Saponification）脫脂，同時產生的空氣又會使灰塵及油膜剝離。

在前處理鍍鍍工件以鍍鉻時，陰極電解洗潔法會因表面吸收氫氣而鈍化（Passivity），所以用陽極電解洗潔法較好，因為此法吸收的氧氣及產生的鈍化可用稀硫酸除去。

陽極電解洗潔的機構（Mechanism）以除去灰塵似乎主要的是使灰塵變為正荷，而使其浮向陰極而除去。

當鍍鍍在鍍鍍層上面時，可能會遭遇到鍍鍍層剝離的麻煩，為了防止其產生，厚的鍍鍍層必須在熱鍍液狀況下電鍍。

假如需要光亮的鍍鍍層，電鍍前工件的表面狀況則極為重要，鍍鍍層不但不會隱蓋瑕疵，實際上會使瑕疵更為顯著。因此底材金屬的表面必須拋光使其有高度的光澤，並除去所有的輪印，（Wheel mark）及擦痕，非常重要是拋光機主軸的必須避免振動，因為震動會損傷已經光亮的表面，而且也會造成操作人員的疲勞。當拋光鋼鐵時，拋光輪可用貼壓在一起的牛頭皮或帆布製造的較為適合，開始拋光時，所選用的金鋼砂（Emery）的等級，則視工件表面最初的狀況而定。拋光速率在每分鐘4500至6000呎之間，粗拋時不需採用油脂，然而在最後拋光時，可用牛脂化合物（Tallow compound）塗在輪上。經上述方法拋光後，工件再用含脂的 Tripoli 磨料以每分7500呎至9000呎速度打光。

當鍍複合鍍層時，每種鍍層均需拋光，鍍鍍層可以很容易的用白的拋光化合物放在未漂白的布上拋光它。

鍍液若做適當的管制，鍍鉻表面鍍好後，通常不需再拋光；然而對於表面積大者，為了外觀均勻，有時打光是有裨益的。用石灰光亮劑可以完滿達成此目的，同時若用 Basil 皮革擦布裝置以每分7500至9000呎之速度拋光，可以獲得光亮的表面。

電鍍液之成份

為了獲得適合於不同目的之最佳電鍍液配方，前人曾做過許多試

驗和研究工作，而且有無數的專利出現。其中 Sargent 所提供的電鍍液配方的主要成份為鉻酸 (CrO_3)，其濃度約為 33 oz/gal 再加上微量 (0.4~0.7 oz/gal) 的硫酸鉻 $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ 。Sargent 及其他人從此種鍍液雖然曾獲得其好的鉻鍍層，但其結果仍非經常的穩定。

現在最常用的配方則含有 40 OZ 的鉻酸及 0.4 OZ 的硫酸，鉻酸與硫酸的百分比要比溶液的實有濃度來得更重要。有時鍍液中含 5 至 6 磅的鉻酸及適量的硫酸使其比例保持 100:1 也用的很好；這種配方的溶液，在比一般所需較低的溫度及電流下仍可獲得光亮的鍍層。顯然的，若沒有使用覆蓋，廣大鍍液表面，會與在吸收外面冷空氣狀況下，鍍槽的成本乃隨着鍍液與外面冷空氣溫度差之增加而增加；但鍍液在低溫操作也有它的好處是：有更濃的鍍液槽及較少揮發損失，同時電鍍後鍍液濃度的變化較少；但會部份抵消這些好處，就是需要較高的鍍液投資成本。

此型的鍍液，只需按定期分析依所得之結果添加鉻酸的需要量，實用上用比重計定期的檢查溶液比重，可以微量的補充所需的鉻酸；鍍液用這種補充方法，要比經長期間後再大量的添加要容易維持均勻；但亦不宜過於依賴比重檢查法，必須用分析法補充其不足之處。鍍液的清潔是很重要的，並且沈澱的污泥必須經常加以清除。配製電鍍液時只能用純度高的化學藥品，但比重為 1.85 的商用級硫酸，如來源可靠已足可使用。鉻酸則需審慎的檢驗，因鉻酸有很大的可資利用的等級，那粗一些的含有不等同百分比的鹼性硫酸鹽，雖然硫酸通常較受歡迎，但鍍液中的硫酸可用等當量的硫酸鉻取代。其它包含 40 oz/gal 的鉻酸及 2.5 oz/gal 的硫酸鐵配方，對於小工具、量規、鑽頭、拉床 (Broaches) 及模具 (Die or mould) 等也甚為適合。溶液中鉻酸為唯一需週期添加的化學物。這樣的鍍液有時也用鉻酸鐵及硫酸鉻取代含鐵鹽，雖然也有其它種的可資使用的溶液及其濃度，但上面所提者，對絕大多數的工作均有完滿的成果。

溫度及電流密度

比正確的鍍液配方更為重要的是控制操作的條件，尤其是溫度及

電流密度。通常電流密度過低及溫度過高的影响，乃產生了乳白色的鍍層。由於至此操作條件下，陰極效率很低，鍍層甚薄。相反地，若電流密度過高，溫度太低時，則鍍層會變成霜狀（Frosty）、灰色及燒焦（Burnt）；實用上，溫度及電流密度可以根據使用的性質、所需的鍍層表面而至甚寬的允許範圍內變化。例如鑽頭，耐磨為主要目標，所以電流密度可以高至 $250 \sim 350 \text{ A/ft}^2$ ，電鍍液的溫度則維持在 $80 \sim 85^\circ \text{F}$ 。相反的塑膠射出成型用模具，其表面光澤為主要條件，所以在電流密度 $80 \sim 120 \text{ A/ft}^2$ 及溫度在 $115 \sim 120^\circ \text{F}$ 情況下，短時間的鍍絡，可以獲得附着性甚好的光亮鍍層，而不必再加拋光。

為了符合某種特殊用途，也許需要先做試驗，以決定最佳的溫度及電流密度；也正如前面所述，這些因素深受鍍液成份的影响：例如將鉻酸含量從 2.5 lb/gal 提高至 5 lb/gal 時，溫度可以降至 105°F ，仍能獲得光亮鍍層。

為了使電流密度控制在所需要的範圍內，必須精確地決定電鍍表面的面積，這些面積不但包括了工件表面，還需包括掛在鍍液上之鋼線，鋼棒及夾具等。

均一性(Throwing power)

鍍絡液之均一性很低為眾所週知之事，其原因為電流密度降低時，其電流效率即急速下降，所以在溫度為 112°F 及電流密度在 200 A/ft^2 時的陰極效率近乎 18% ，同時在稍低電流密度下差不多為零。經研究所得在同樣電流密度下，增加溫度會降低均一性。而在同一溫度下，增加電流密度，均一性會增加；然而在許多場合，為了獲得鍍層所需的某些特性就需要犧牲電鍍速率。

對於形狀不規則，尤其具有深內隙（Recess）的鍍件，很難獲連續性質及均勻的鍍層，即使內隙很淺，鍍層也很薄，甚至有時則無鍍層。而在陽極面對投影的部份鍍層呈灰色及海綿狀，這些鍍層很難打光做到光亮的表面，因此為了使欲鍍的工作表面上有均勻的電流密度，需要配置特殊形狀的陽極。

鍍絡時，通常用鉛作為陽極；其優點為鉛的表面易形成過氧化鉛

(Lead peroxide) 的薄膜而造成了真正的不溶解陽極，此外用鉛做陽極要比用其他物質做陽極時有更多的鉻酸會再氧化。相反地，鉛陽極會形成附着的鉻酸鉛薄膜 (Film of lead chromate)，以致導電性不良，尤其是鍍液不使用時更易形成上述的薄膜缺點。此種問題可以在鉛中加上錫做為合金元素加以克服。

鍍層厚度的控制

當鍍層厚度為主，而鍍件在鍍完後又不再磨光或研磨 (Lapping) 時，祇信賴所估計的電鍍時間所作的控制是不夠的，因此尚須在鍍前及鍍後均需加以量測，為了某種目的需要鍍層厚度很薄在 0.0001 至 0.0002 吋之間時，通用的分厘卡 (Micrometer) 很難量測決定是否在其公差範圍內，因此必須應用適當的量測電鍍層厚度的儀器。

附着性 (Adherence)

在某種特殊惡劣的操作情況下，鉻鍍層的附着性很難獲得令人滿意的結果。一般碳素鋼是有良好表面硬化鍍鉻層的附着性；但某些合金鋼尤其是用於製造工具及模具的，電鍍時就必須特別的留意的：是鋼中如含有鉻及鎢時鉻鍍層則更難附着；雖然藉適量地提高電流密度，也可獲得令人滿意的鍍層。當然鍍件的表面會有適當的前處理，尤其是除去表面存有的任何氧化物。在電鍍起始時，先用反電流處理有時也甚為有用，所謂反電流即為將工件接於陽極，處理的時間通常少於一分鐘，然後再變換接線使工件接於陰極，此時即開始電鍍。

電鍍鍍槽 (Plating plant)

圖 1 所示即為典型鍍鉻槽的配置圖，鍍槽的尺寸大小，當然由欲鍍工件的數量及大小來決定。鍍槽用硬鉛或強化玻璃內襯，並應適當的蒸氣管做為加熱的設備，這些加熱管必須置於槽底附近。

電流由銅排 A 及 C 供應，鉛陽極掛在鍍槽兩邊的粗銅棒上，將它們依次的接於正極的銅排 A 上。電鍍槽中的引導電鍍工件所懸掛的銅棒，則連接於負極的銅排 C，並通過電阻 D 以控制所需的電流量。在

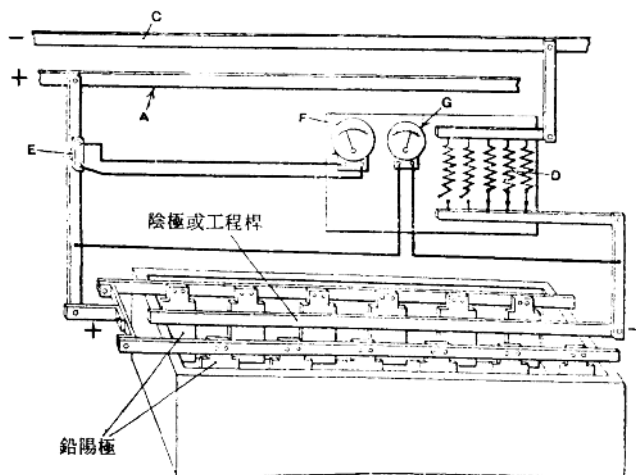


圖1 鍍鉻槽及設備圖解。

E點的銅排兩端有連接件E，其所傳導的電流比其所連接的銅排略少，這因為件E對於所連接的電流錶F而言的是一旁路的大導體，經電錶內電流只不過是一微小的分流，所以只承載代表銅排與連接件E間所承載電流差額的微量電流。電流錶所以能指示出實際大量的電流量，此乃由於通過電流表中之微量電流與主要電流成比例之關係。電壓錶G如圖上所示則接於銅排的兩極。

圖2所示為有準確調整電流密度鍍槽的側視圖（英國專利320,440號）在鍍槽A中充滿電鍍溶液，並由金屬架B支持，B上備有許多孔C，用於放置陽極D用，陽極包含與欲鍍工件形狀相似之接頭C，陰極支持物包括銅棒F，銅棒置於兩端絕緣支持體G上。G在齒條H之上端。小齒輪A與齒條啮合。所以旋轉小齒輪，則陰極棒F可以在垂直面上提升或下降。因此可使工件L浸入鍍液中或從鍍液中提出。

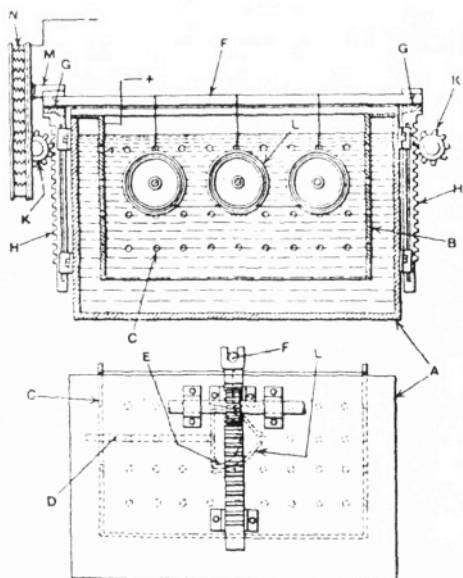


圖 2 有準確電流密度調整的鍍槽槽。

銅棒F之一端附有銅刷，當其沿連接於電源負極上之電阻器N上移動時，此時正極連接在金屬架B上，所以當陰極向上連續移動時，電阻器N的接連部份將電路(Circuit)也隨之逐段的切除使電流遞增。

電鍍時，工件L用銅線掛在銅棒F上，並且將全部工件接於同一電路上，最後一件在起始就接在E極上，因此所有工件均被通過的電流加熱。當工件的溫度高於鍍液溫度時，工件與E極間之導線被切斷，此時齒條H下降。此時電路乃涵括全部或部份的電阻N，因此當工件浸在鍍液裏，電流就同時降低了，電流密度可以因工件輕微之上升或下降用來作精確的調整操作。

圖3所示為Birmingham W. Canning & Co., LTD.用於大量

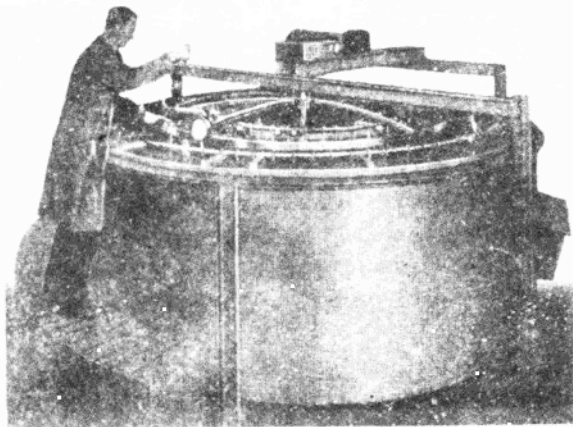


圖 3 自動旋轉式鍍槽。

鍍鋁的最新式的鍍槽。此鍍槽為自動迴轉式 (Automatic rotary type)。用適當的夾具或銅線將欲鍍之工件掛在環狀的陰極圈上。以一定的速率繞鍍槽一圈，而獲得所需電鍍的時間。鍍槽用硬鉛或強化玻璃內襯鍍槽，周圍並用熱水夾層做為加熱之用。抽氣設備及鍍液回收槽均包含在自給體系之設計，並且安裝在槽鐵架上。水套可用蒸氣、油氣或電氣加熱，且液面應自動保持其位置。

鍍液利用空氣攪拌，空氣管裝在陰極環的正下方。抽氣系統包括沿槽周緣安裝的管路，回收鍍液的凝聚槽 (Condenser tank) 及馬達帶動的離心風扇。鍍液的表面用鐵蓋護罩，但必須留有足夠的空間做為鍍件裝載 (Load) 及卸載 (Unload) 之用。陰極環用馬達驅動使其轉動，馬達及減速齒輪安放在鍍槽正中央的鐵架上。

鋁件的電鍍

由於鋁在表面存有氧化膜，這對電動力的阻礙佔有主要的成份；

所以要在鋁上電鍍甚為困難；尤其均一性較差的金屬如鉻所遭遇的困難更為嚴重。在電鍍起始時就沒有附着的鍍層。這種困難可以先用其它金屬如錫做為中間鍍層而加以克服；電鍍起始用很高的電流密度，或者使其金屬鈍化。到目前為止，最常用的方法還是選用錫鉻複合鍍層法。但今日鉻已成功的可以直接鍍在鋁上，其鍍層對抗大氣腐蝕及塩水噴霧的性能甚為良好。

下面電鍍方法是W. Blum及G. E. Renfro所推薦。當祇需鍍薄鍍層時，熟鋁 (Wrought Aluminum) 先用鹼性溶液(碳酸鈉1 oz/gal、磷酸鈉1 oz/gal) 在180~200°F間清洗，在此溶液中浸30~60秒後，鋁表面已充分被腐蝕，若再在5%之氫氟酸中浸漬，會有更好的效果。

若為鑄件，在上述鹼性溶液浸漬後，再在3份的硝酸(比重1.4)及1份的50%濃度的氫氟酸之混合酸中浸漬3~10秒，混合酸的溫度為80°F，鍍鉻溶液的成份是：33.5 oz/gal的鉻酸及0.17~0.34 oz/gal的硫酸。電流密度根據溫度之變化而改變，但在118°F及200A/ft²之電流密度下，其結果甚為良好。

電鍍層厚度在0.001吋或以上時，酸洗槽由0.5 oz/gal硫酸錳及21.5 oz/gal的塩酸所組成，此時溶液溫度保持在70°F，工件浸漬時間為45秒鐘，鍍件從此溶液取出後再在3份的硝酸及1份的50%濃度氫氟酸的混合酸中浸漬幾秒鐘，混合酸的溫度為80°F，鍍鉻槽之成份與上述薄鍍層者相同。這種操作程序鍍層厚度可以達到0.004吋。

鍍件從鍍槽取出後，若為黯灰色，則必須再施以拋光處理，因為這原因，有時主張用冷鍍液(80°F)。從冷鍍槽所獲得的鍍層要比熱槽者為黑，但拋光却更為容易。一般在鋁上直接鍍鉻的表面光澤是比較鉻鍍在錫鍍層上者稍次。

電鍍成本

鍍鉻的成本要比鍍錫貴3~5倍，鍍鉻時工件祇能做小批處理，此成本之差異主要為過高的電力成本所致。通常電鍍時之電力成本本可忽略不計，然而鍍鉻時之電力可以大至5~10倍，其原因包括：鉻酸