

# 鋁合金壓鑄件化學表面處理

香港生產力促進局 材料及製造科技部（表面處理通訊第33期）

## 鋁壓鑄件電鍍

鋁件上電鍍比其他金屬上電鍍要困難，主要是

1. 鋁和氧有很強的親和力，表面常有一層氧化膜存在；
2. 鋁的電極電位較負(-1.67)，當工件浸入鍍液但未通電時易形成置換層，影響與基體金屬之間的結合力；
3. 鋁和鍍層金屬的熱膨脹系數差異大；
4. 鋁與鍍層之間常有氫氣吸藏，鍍層容易起泡。

相對於鍛鋁，鋁壓鑄件電鍍更形困難，原因有

1. 電鍍時，具複雜幾何形狀的壓鑄件，電流分佈很難達致完全平均一致；
2. 壓鑄件密度並不如鍛鋁般緻密，尤其是當有氣泡、縮孔、縮鬆等缺陷時，電鍍會吸藏上工序過程的酸、鹼、電鍍液等而帶入下一工序造成污染，並於其他過程例如烘乾時滲漏出來；
3. 壓鑄件一般含較高的硅及錳，這些元素在化學除油過程並不溶解於鹼，垢膜殘留於工件表面的現象嚴重，造成電鍍困難。

## 電鍍工藝流程

### 1. 機械前處理

機械前處理是在電鍍前，把鑄件表面原先存在的刮痕、擦傷、凹洞及其他污點消除，機械前處理可分研磨及噴砂兩種方法，研磨的目的是為了得到光澤良好及均一的表面，而噴砂則為了要獲得消光緞面的表面狀態，研磨及噴砂二者皆有消除氧化膜的功效。

研磨可分為粗磨、中磨、細磨、打光。粗磨一般用金鋼砂，中磨及細磨一般用矽藻土、氧化鉻、油脂、蠟等混合物，一般人手打磨的布輪轉速在1800—2400 m/min為宜，而自動打磨布輪轉速1200—1800 m/min較佳，研磨劑一般不

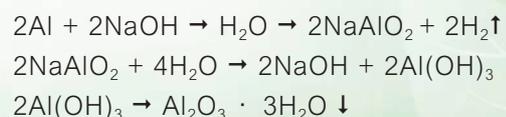
能含有氧化鐵，否則令鑄件變暗。

噴砂可除去表面污垢及消除金屬光澤，可用硅、砂、鋼丸、玻璃砂等，但須注意壓縮機空氣壓力要比應用於其他材料時為低，否則砂粒打入鋁材內會造成以後處理的困難，噴砂角度與物品以30~45度最適宜，砂粒及空氣之比例視乎特定噴砂時間內所達致之粗幼平均程度。

### 2. 脫脂及洗淨

一般來說，鋁材經過機械加工後，材料表面多少會附著油脂及其他各種污垢，要除去這些物品包括有機溶劑、酸及鹼各種方法。如前所述，有機溶劑是指以三氯乙烯(C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>)等進行擦拭，或配合蒸汽，或配合超聲波除油。三氯乙烯(C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>)對人體有害，它的使用已逐漸受到限制或以其他的除油方法所取代。三氯乙烯受光、熱、氧、水的作用會分解成有毒的光氣(碳酰氯)和帶腐蝕性的氯化氫(鹽酸)，如果在鋁、鎂等金屬催化下，這種情況會更趨嚴重。

酸脫脂一般用硫酸，或硫酸、磷酸的二元或三元混合酸，使用酸脫脂必須嚴格控制濃度、溫度以及脫脂時間，以防工件過度侵蝕。鹼脫脂是指鋁合金於氫氧化鈉等鹼性溶液浸漬脫脂，鋁置於氫氧化鈉時，會輕微溶解，在表面發出大量氫氣並除去表面油脂，但必須注意若液中鋁溶解過量時，會生成氧化鋁固態物附著於加熱器及槽壁，影響正常作業，有關反應如下：



### 超聲波除臘

如前所述，除臘水是含有表面活性劑的清潔劑，超聲波除臘是針對那些粘附著工件表面的殘餘拋光物料。超聲波配合除

臘水的使用在現代電鍍工藝非常普及，對細小零件以及工件陰暗位置之處除油功效顯著。

### 化學除油/弱腐蝕

化學除油是電鍍的一項標準工藝流程，鹼脫脂也是化學除油的一種，但其成分不應單是氫氧化鈉或碳酸鈉，還包含磷酸三鈉、三聚磷酸鈉以及表面活性劑等等。鋁壓鑄件化學除油液的pH值不應太高，可含微量或適量的氫氧化鈉，在化學除油過程中同時造成表面弱腐蝕效果。弱腐蝕的意思是除了除油的目的外，進一步除去鋁基的自然氧化膜和粗糙的表面，提高結合力。弱腐蝕與化學除油可分開二步驟分別處理，也有在同一槽同時進行。

### 除垢

在除油和弱鹼腐蝕中，壓鑄鋁中的硅、錳、銅、鎂等是不溶於鹼的、微溶的只是鋁。這些元素、特別是硅、錳為甚，常殘留於鋁表面形成淺灰色垢膜，俗稱「掛灰」，除垢的意思就是用酸液將這層黑膜除去，除灰、酸蝕出光、酸蝕除垢、除黑班等術語都是同一意思。除垢的配方，常用壓鑄鋁360、380、A356等含硅量10%以下的可用硝酸與氫氟酸3比1之比例進行，而390、413等含硅量大於10%者，則提高氫氟酸之含量，用1比1之比例，時間5至120秒，室溫下進行。亦可採用供應商供應的特別配方，它們有些是先進的環保產品，不含硝酸及氫氟酸。

### 浸鋅

雖然有一些特別的方法可在鋁件上直接進行電鍍，例如工程用硬鉻電鍍可用網目#150的玻璃砂噴砂後帶電入槽，但最普及的方法還是在無氧化膜和油污的清潔表面浸鋅或浸含銅、鎳、鐵絡合物的鋅基合金。多元金屬浸鋅比浸單一的純鋅為佳，因為含有其他金屬的共沉積可改善浸鋅層的結合力和提高耐蝕性，而且浸鋅後可直接在瓦特鍍鎳液鍍鎳，減省了氰化銅預鍍。另一方面，兩次浸鋅工藝，效果比

浸一次的好，因第一次浸鋅後難免還有氧化膜殘留，所以為加強結合力，在第一次浸鋅後以1比1 硝酸將表面層以及可能的殘留氧化膜除去，清洗後再進行第二次浸鋅。含氰多元金屬浸鋅工藝已很成熟，添加氰化物的作用是促進除鋅以外其他金屬的析出，含氰多元金屬浸鋅舉例如下：

### 含氰多元金屬浸鋅

硫酸鋅( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )	80 g/L
硫酸銅( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )	5 g/L
硫酸鎳( $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ )	50 g/L
三氯化鐵( $FeCl_3$ )	2 g/L
氫氧化鈉(NaOH)	200 g/L
氰化鈉(NaCN)	10 g/L
酒石酸鉀鈉( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4 H_2O$ )	110 g/L
溫度	15~30℃
時間	0~120 sec

最近，為了推行無氰電鍍與遵行清潔生產，供應商亦已成功開發了不含氰化物的多元金屬浸鋅劑配合使用，無氰多元金屬浸鋅舉例如下：

### 無氰多元金屬浸鋅

氧化鋅(ZnO)	13 g/L
氫氧化鈉( NaOH)	130 g/L
硫酸鎳( $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ )	15 g/L
三氯化鐵( $FeCl_3$ )	2 g/L
酒石酸鉀鈉( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4 H_2O$ )	10 g/L
絡合劑	適量
添加劑	適量
溫度	15~30℃
時間	10~60 sec

### 瓦特型鍍鎳 (Watts Nickel)

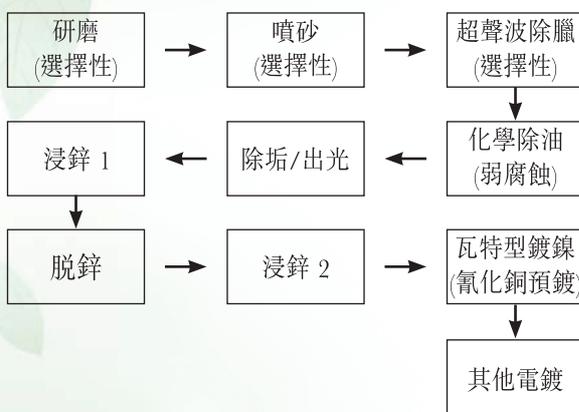
浸鋅後的工件，如果是浸單一的鋅，必須先經氰化銅預鍍才可鍍鎳及其他的金屬。如果是多元金屬浸鋅，則浸鋅後可直接在瓦特鍍鎳液鍍鎳，減省了氰化銅預鍍。瓦特鍍鎳液是指以硫酸鎳、氯化鎳、硼酸為主的電鍍液，一般光亮鍍鎳及半光亮鍍鎳都是瓦特型鍍鎳(Watts Nickel)，壓鑄件鍍鎳後可以進行其他的電鍍。瓦特鍍鎳液舉例如下：

## 瓦特鍍鎳液

硫酸鎳(NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	300 g/L
氯化鎳(NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O)	50 g/L
硼酸(H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> )	45 g/L
光亮劑	適量
濕潤劑	適量
pH	4.2
溫度	50℃
電流密度	2 A/dm <sup>2</sup>

## 工藝流程

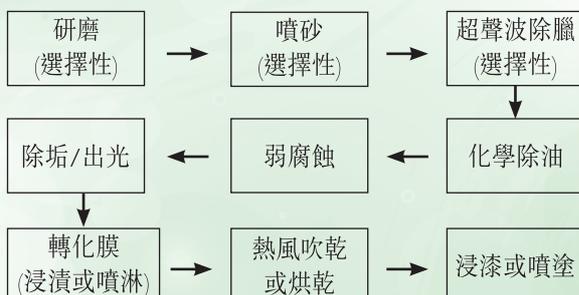
鋁壓鑄件電鍍工藝流程概括如下：



## 轉化膜(化學成膜)處理

鋁壓鑄件的轉化膜處理，主要是透過金屬與溶液界面的化學氧化反應，在鑄件表面生成鉻酸鹽膜、磷酸鹽膜、磷酸/鉻酸鹽膜以及新型的鋯/聚合物膜、鈦/鋯/聚合物膜等等，其厚度一般為0.5~4微米，顏色方面則因配方及膜的厚度不同而呈現透明、彩虹、淺綠、橄欖綠、淺黃、金黃、灰藍、棕色、深棕色。轉化膜是鋁壓鑄件最主要的化學表面處理方法，能有效地提高耐腐蝕性、耐磨性和改善鑄品的外觀質量。由於轉化膜對油漆的吸附能力很強，主要作為浸漆或噴塗之前的底層。鋁壓鑄件轉化膜處理工藝流程與配方舉例如下：

## 工藝流程



## 轉化膜配方舉例

磷酸(H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	50~60 ml/L
鉻酞(CrO <sub>3</sub> )	20~25 g/L
氟化氫銨(NH <sub>4</sub> HF <sub>2</sub> )	3~3.5 g/L
磷酸氫二銨(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	2~2.5 g/L
硼酸(H <sub>3</sub> PO <sub>3</sub> )	1~1.2 g/L
溫度	30~36℃
時間	3~6 min

六價鉻對人體有害，自上世紀70年代開始，業界已研究限制或完全取代六價鉻，並已取得一定的成績。1999年，歐盟頒布報廢汽車指引(ELVD)，建議分別於2002至2007年期間分段禁止使用六價鉻轉化膜，至2007年完全禁止。新世紀伊始，禁六價鉻是一個非常熱門的課題，歐盟在2002年頒布電器與電子設備廢料指令(WEEE)及禁用有害物質的指令(RoHS)，生產商必須在2006年7月1日起禁止使用六價鉻及其他五種有害的物質。在這大前題之下，雖則六價鉻轉化膜被認為在輕微刮痕及擦傷的情況下，有自我修復的能力，在航空及國防工業有重大作用，但大部分的廠商都必須研究與採用六價鉻轉化膜的替代品，例如三價鉻轉化膜及完全不含鉻化合物的轉化膜，包括磷酸、鈣鹽、錳鹽、釩酸鹽、鉬酸酸、磷酸酯以及上述的鋯/聚合物、鈦/鋯/聚合物轉化膜等等。鈦/鋯/聚合物轉化膜操作條件舉例如下：

## 鈦/鋯/聚合物轉化膜操作條件

Ti/Zr/聚合物三元混合物	適量
碳酸鹽	適量
氟化物	適量
pH	2~3
溫度	25~40℃
時間	1 min