

污染防治技術

廠內改善

真空蒸鍍技術之運用

蘇青森*

一、真空的概念

真空是指容器內的氣體壓力小於一個大氣壓力的空間，通常真空的壓力是用托爾（torr）為量度單位，一托爾即等於 $1/760$ 大氣壓力，另一個現在較常用的單位是毫巴（mb），一毫巴等於 0.0009862 大氣壓力，或約千分之一大氣壓力。

在技術應用上我們常將真空區分成三個範圍，如下：

1. 普通真空：從氣體壓力小一個大氣壓力到百萬分之一大氣壓力，（即小於 760 托爾到 10^{-3} 托爾）。
2. 高真空：從氣體壓力為百萬分之一大氣壓力到一百億分之一大氣壓力（即從 10^{-3} 托爾到 10^{-7} 托爾）。
3. 超高真空：氣體壓力小於一百億分之一大氣壓力（即小於 10^{-7} torr）。

真空範圍的不同，抽氣的方法與量度的方法也不一樣，真空度愈高（即氣體壓力愈低）技術上愈困難，但是即使再高的真空仍有殘餘的氣體分子存在，例如在壓力 10^{-7} 托爾的超高真空裏每一立方厘米體積中仍有約 10^9 個氣體分子存在。真空鍍膜所用的真空範圍視所採用的方法及要求的品質而不同，通常從普通真空到高真空的範圍均被應用。

二、真空鍍膜

所謂真空鍍膜就是將一或多種物質在真空中變成原子或分子狀態，然後使其附着在欲需被鍍之物體上，此種鍍膜的目的除有些與習用之電鍍目的相同外，歸納來說大致可分為：

1. 耐蝕包覆膜
2. 裝飾膜
3. 光學膜
4. 導電及電阻膜

在大多數的鍍膜，其厚度均甚薄通常均在 10^{-5} 公分之厚度範圍以內，故我們常稱之為薄膜，此種薄膜在處理與檢驗的方法也常與厚膜不同，用在抗蝕耐磨及一些機械或電子方面之膜，其厚度超過 10^{-5} cm 者我們稱之為厚膜。

* 國科會精密儀器發展中心主任

三、真空鍍膜的應用範圍

一般鍍的膜大多是金屬及金屬合金材料，我們按被鍍物之材料來介紹：

1. 玻璃與陶瓷上的鍍膜

鍍在玻璃上的金屬膜最常見者如反光鏡，此種反光鏡可分為前面鍍膜與背後鍍膜兩種，背後鍍膜的鏡子有鬼影 (Ghost Image) (即雙重影)，在科學儀器及軍事用途常不適合，故多採用前面鍍膜。幾乎所有的光學鏡都用真空鍍膜的方法鍍膜。

鍍金屬膜在陶瓷上屬於電子工業的應用，例如電路板、電接點、電阻膜、微波開關電路、電路機械接觸點、金屬與陶瓷接頭等（亦有係鍍在半導體材料上）。

2. 塑膠上的鍍膜

幾乎百分之八十的真空鍍膜工業是鍍金屬膜於塑膠上，塑膠鍍膜主要有兩種目的，第一種目的為裝飾美觀，所鍍之膜為薄膜，有金色、銀色各種彩色等，可作手飾、玩具、建築物、用具等，非但美觀而且亦可替代金屬的防銹耐磨，另一種為厚膜此係金屬或合金膜鍍於硬塑膠，如A B S等材料上的代替金屬機件，此種厚膜具有優良之附着性、耐磨、抗蝕、抗熱，現用途日廣，汽車上零件已逐漸採用之。

3. 金屬上的鍍膜

金屬上鍍金屬膜當然現在仍然是電鍍的天下，但是真空鍍，除能鍍一般金屬膜外還可鍍合金以及一些比較困難的金屬如鈦、鎢、鉭、鋯等，其膜之附着力強，膜質均勻無微孔，介面可以混合達成原子結合，例如有人將鎢鍍在鋼上，在不鏽鋼及鉭上鍍鎳、鉻、鉑、鐵、鈦、鎢、鋯合金等均甚成功，此外鍍不鏽鋼膜亦係非常有應用價值的。

以上所述主要為鍍金屬膜及合金膜，但真空鍍最大的用途尚不止於此，鍍非金屬膜便屬於此種應用。

4. 鍍非金屬膜

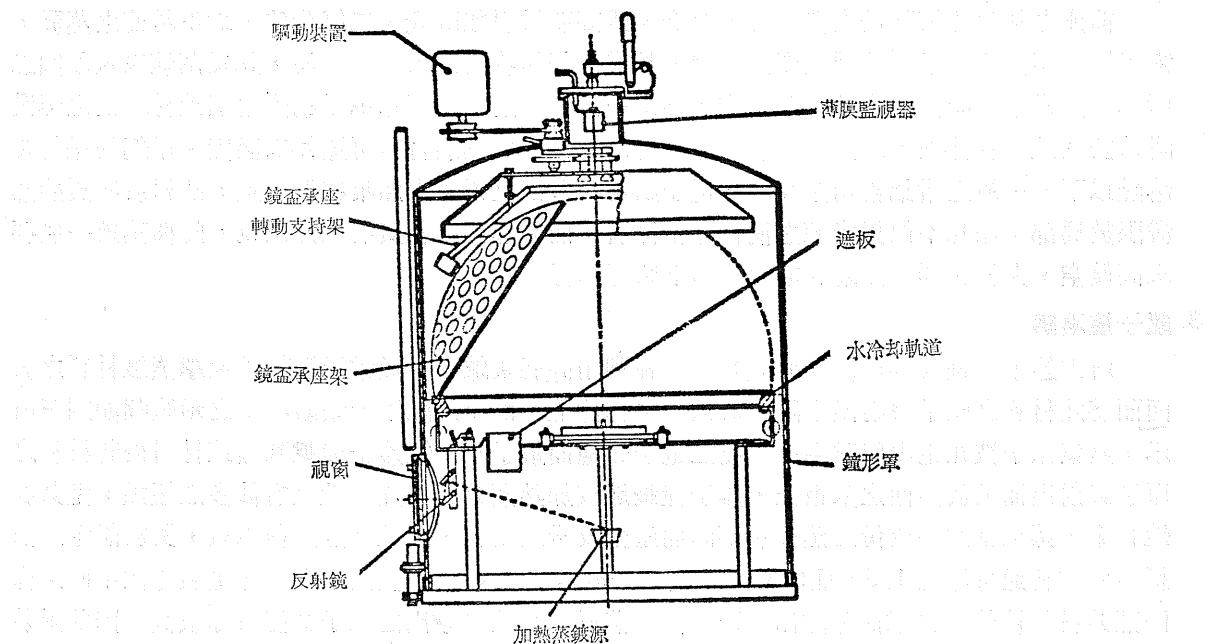
很多種的非金屬膜均可用真空鍍來完成，最常用的非金屬膜為金屬的氧化物、氟化物、氮化物、碳化物，有的是用來加強硬度，有的是用來抵抗腐蝕，也有的是用來增加光學效果，或作電絕緣，例如眼鏡的鍍氟化鎂可減少表面反射增加光線之透過，鍍二氧化矽則係透明耐磨之用，各種金屬工具機件鍍氮化鈦是增加強度硬度，亦可作為美觀之用。

四、鍍膜方法

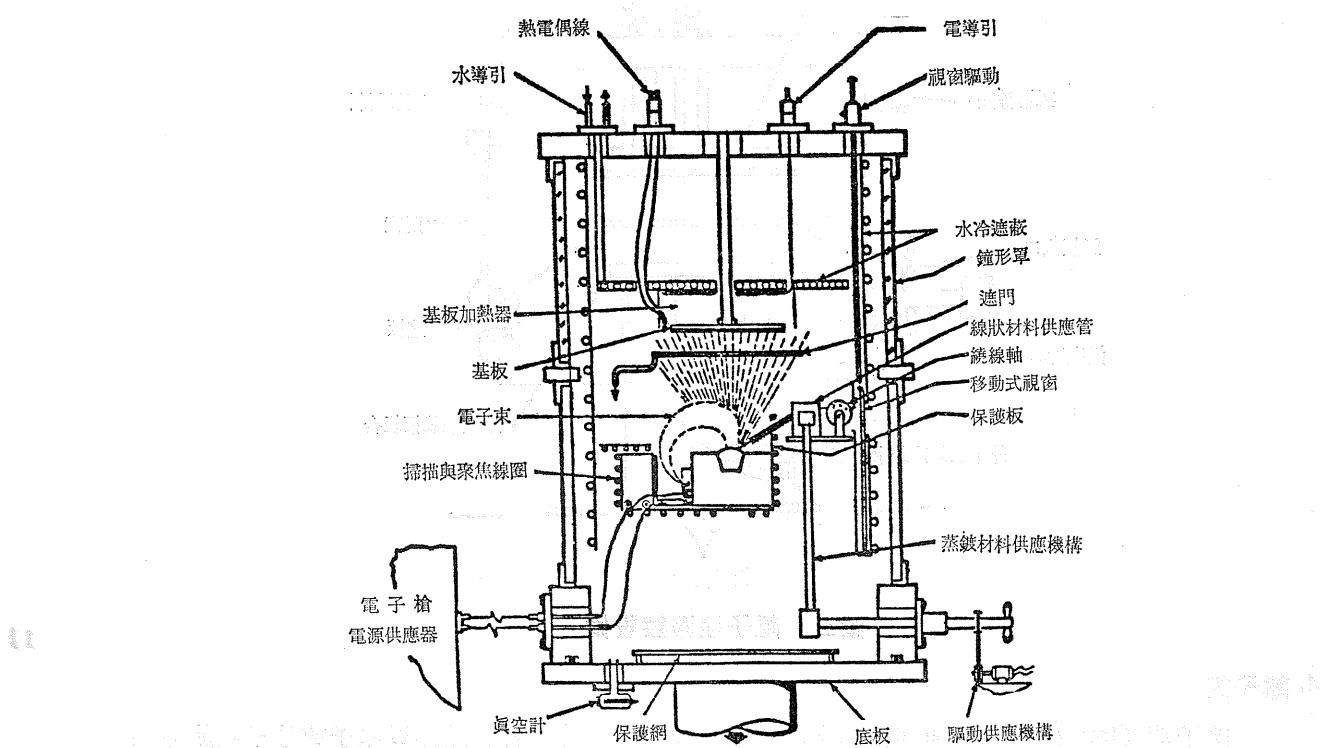
1. 加熱蒸鍍

加熱蒸鍍係將蒸鍍材料加熱蒸發成蒸氣使之附着於欲鍍之物件上，加熱的方法通常用電阻加熱，即通過電流使電熱器如鎢絲等使之發熱。蒸鍍材料可置於坩鍋內或直接掛於鎢絲上視設計之不同而定。代表性之蒸鍍設備如圖一所示，為求鍍膜均勻，物件係裝置於可旋轉之架上，鍍膜之厚度可由薄膜監視器來測定，亦可由視窗中觀察。

2. 電子鎗加熱蒸鍍



圖一 蒸鍍設備



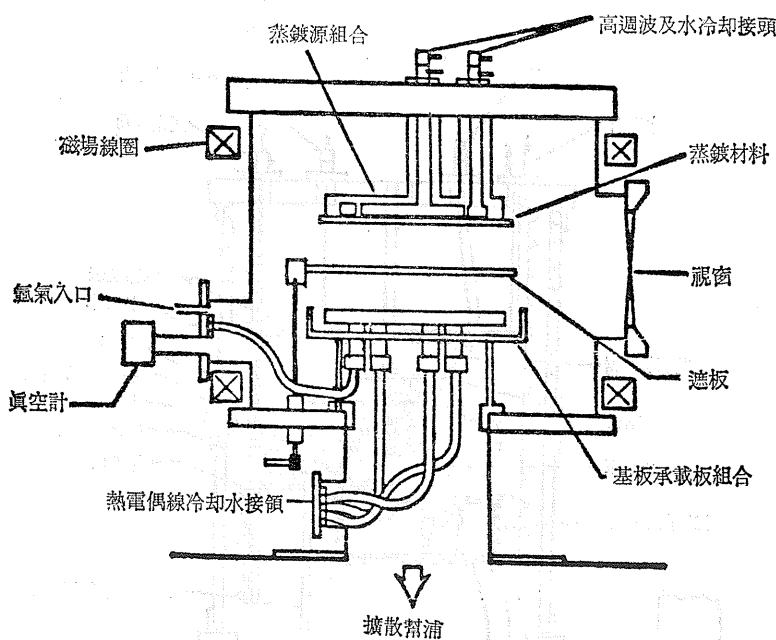
10-7 Torr 抽氣系統

圖二 電子鎗加熱蒸鍍設備

前述之加熱蒸鍍對於高溫金屬、合金、或高溫材料如陶瓷、二氧化矽，均不易使之蒸發，電子鎗利用高能電子之撞擊而產生高溫，故幾乎任何物質均可使之蒸發，此種蒸鍍系統如圖二所示，通常電子能量約在10千瓦左右，經由一磁場使之轉向而撞擊坩鍋內之蒸鍍材料使之蒸發附着於欲鍍之物件上，坩鍋用真空中水冷卻管冷卻，故雖蒸鍍材料可達甚高溫度，坩鍋仍保持在熔點以下，一般之坩鍋常用銅製成。電子鎗可使發出之電子來焦集在很小點，故對於物質的蒸發限於局部，如此不但對能源之消耗非常節省，而且蒸發之物質清潔無雜質，此種蒸鍍一般要求高真空，大約在 10^{-6} 托爾的壓力範圍下始可進行。

3. 離子撞濺鍍

所謂離子撞濺 (ion sputtering) 係一種利用高能量離子，通常用氫離子撞擊蒸鍍材料之表面而將此材料之原子濺射出來附着於欲鍍之物件上，簡單的離子撞濺鍍設備之示範圖如圖三所示，氫氣原子被在電場與磁場中盤旋之電子碰撞而離子化，氫離子撞擊到蒸鍍材料後將材料之原子濺射出而鍍於對面之基板上，離子撞濺鍍較加熱蒸鍍或普通電鍍具有甚多之優點，尤其在鍍合金，蒸鍍常因各成份之蒸發點不同而產生成份之變化，濺鍍則無此種現象，對於能源之消耗亦僅約普通電鍍之 $1/3$ ，而成品之品質均優於常法者。離子撞濺鍍與其他蒸鍍方法不同之處因蒸鍍材料被離子撞擊而分離出，而非高溫蒸發，且被撞擊出之原子其能量亦較高，因此附着在欲鍍之物件上亦更牢固。



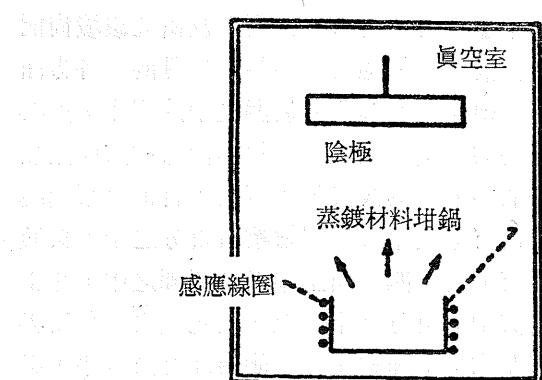
圖三 離子撞濺鍍設備

4. 離子鍍

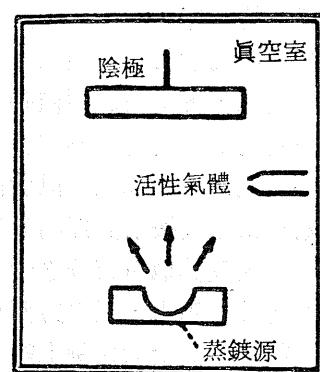
離子鍍 (Ion plating) 與其他真空鍍主要不同之點為蒸鍍材料並非以原子或分子狀態而係經離子化後變成離子然後在電場作用下被吸往欲鍍之物件上形成鍍膜，離子鍍之離子源係利用蒸鍍材料蒸發之原子或分子在高電壓輝光放電下離子化。材料之原子化可用加熱，電子鎗、離

子撞濺等方法，簡單之示意圖如圖四所示，其中欲鍍之物件置於陰極。蒸鍍材料由電子鎗加熱及由交流感應電加熱之裝置均與習用者相同，另一種為空心陰極（hollow cathode）電子鎗，其電子束係由高電壓產生，因其不用普通之加熱燈絲，故可在較高之氣壓下使用，離子鍍除用蒸鍍材料之離子外，亦可加入活性氣體，使其與蒸鍍材料化合成分子離子而鍍於物件上，很多非金屬膜（如金屬氧化物、氮化物等）即用此種方法鍍成。

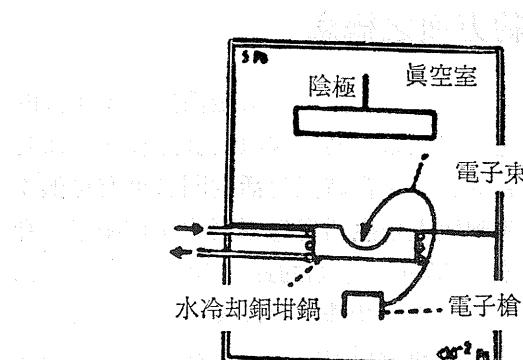
離子鍍用途甚廣，具有甚多之優點如操作溫度低，鍍膜之介面係原子或分子之結合故甚牢固，可鍍複雜形狀之物件而不需轉動被鍍物件等。至於在蒸鍍材料之節省，能源之節省，鍍製程序簡單，可減少前處理之若干步驟，以及可減少甚至不需要有關空氣及水污染處理之設備等，在以上所述之真空鍍方法均有此些優點。



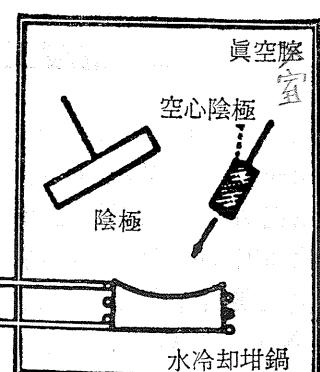
用感應加熱的離子鍍佈置圖



活性離子鍍佈置圖



用電子槍的離子鍍佈置圖



用空心陰極的離子鍍佈置圖

圖四 離子鍍示意圖