



陶瓷材質模具

製作乳膠手套的陶瓷材質模具和電鑄成形的金屬模具



電鑄成形的金屬模具

精密電鑄

精密電鑄技術最大的功能，在於可以完全複製原型模具，同時使它成為金屬材質，目前已開始應用在各種產業中。

陳敏華

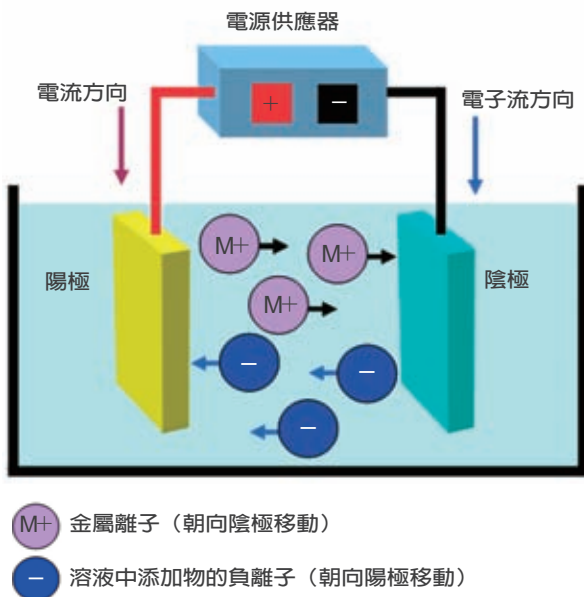
精密電鑄技術起源於德國的LIGA（lithographie galvanofornung abformun）製程，也是這個製程中的關鍵技術之一。使用電鑄技術的最主要目的，在於取得與原型件相同外觀的金屬模具，複製極精密、極複雜的原型件。

現在以生產乳膠手套用的陶瓷模具和精密電鑄成形的金屬模具為例，來比較和說明精密電鑄的優點。由於陶瓷易碎，在大量

生產時，會因為彼此的撞擊而造成原型模具的損壞。另一方面，因為陶瓷材料多孔性，在沾漿時常常有不容易清洗乾淨的困擾。有鑑於此，為了更有效率地進行量產作業，可以採用精密電鑄的方式，把陶瓷模具改為金屬模具。精密電鑄技術最大的功能，便在於可以完全複製原型模具，同時使它成為金屬材質。

除此之外，精密電鑄技術尚

電化學氧化還原反應的示意圖



有下列的優點：

- (1) 可以藉由電鑄液成分的控制，調整電鑄材質及其機械性質。例如，電鑄可以形成單一金屬或合金材質，增加電鑄層的硬度，像是鎳電鑄模具的洛氏硬度 (Rockwell Hardness Number, HRC) 大約是 30 HRC，而鎳鈷合金電鑄模具的硬度大約有 50 HRC。
- (2) 原型模具沒有形狀與尺寸的限制，也就是不會受到幾何形狀的影響，不管是立體或平面，都可以製作。
- (3) 可以少量或大量地製造相同外觀或不同外觀的模具。
- (4) 當原型模具的表面粗糙度在奈米等級時，經過精密電鑄複製後的金屬模具，它的表面粗糙度仍然可以達

到奈米等級。這也顯示複製的精確度可以控制到近乎 100%。

精密電鑄的基本特性

精密電鑄應用的電化學原理和一般金屬電鍍相同，都是一種電沉積的過程。藉由外界提供的電能，使含有金屬離子及其他添

加物的混合溶液，在陰極及陽極表面進行電化學的氧化還原反應，而把想要產生的金屬沉積在原型件上。

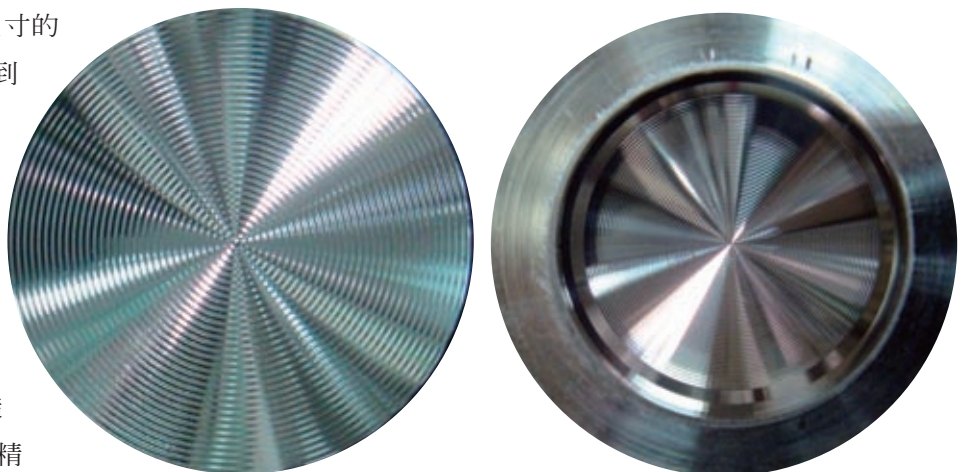
在電化學反應中，溶液中的金屬陽離子在電能的驅動下會朝向陰極移動，藉由還原反應把金屬鍍膜沉積在工件的表面上。因

此，一般常用的電鍍與精密電鑄製程，都是把被鍍物或原型件當作陰極。雖然二者使用的電化學原理都一樣，但是以電鍍法形成的金屬鍍膜與底材是不可分離的，也就是說，鍍膜必須很堅牢地附著在被鍍物表面上。精密電鑄法則恰好相反，也就是原型件與電鑄金屬層需要完整地脫離，一分為二。

除此之外，利用電鍍法得到的金屬鍍膜，比較著重表面裝飾性的功能。也就是說，希望產品具有美觀性或高價值性，例如手飾的電鍍黃金或白金。相對地，以精密電鑄法獲得的金屬鑄層，比較傾向在實務上的應用，例如塑膠成形用的金屬模具、具有皮革紋路的壓印模具、製作防偽貼紙用的金屬模具等。

精密電鑄製程

讓我們以衛生醫療手套金屬



(左) 表面電鍍鎳的塑膠產品，是以鎳鈷合金精密電鑄模具經過塑膠射出成形後所得到的塑膠製品，但為了訴求具有金屬的質感，因此再以電鍍亮鎳的方式處理它的表面。(右) 製造這種塑膠產品的精密電鑄模具。

目前全像電鑄模具已經廣泛應用在防偽工業中，
例如新台幣仟元與伍佰元紙鈔正面右側的銀色燙金處理的防偽辨識圖案。

模具的製造，從原型件的前處理到精密電鑄成形金屬模具的過程，介紹精密電鑄製程的實務工作。

第一步是先把需要的手套模具以低溫蠟製作成形，並噴上油漆。接著，再把這個蠟製原型手模固定後，放入脫脂溶液中去除表面油脂。這一個步驟會影響到成形電鑄金屬模具的優劣。如果不把表面油脂完全去除乾淨，表面殘留的油脂會阻絕金屬離子的

附著，進而在蠟製原型件上發生局部可電鑄或局部過電壓的情況，使得金屬模具產生嚴重缺陷而無法使用。

由於脫脂後的蠟製原型手模不具導電性，不利於金屬離子的傳遞與沉積，而影響電鑄的操作，因此必須先利用化學的銀鏡反應，在這個蠟製原型手模的表面產生金屬薄銀層，也就是先施予表面金屬化處理。然後，再把金屬化處理後的蠟製原型手模放

在電鑄槽的陰極上，設定電流開始電鑄。在剛開始電鑄時，電流不宜太高，否則會因為瞬間電流過大使得蠟製原型件的表面燒焦，而無法繼續電鑄。

最後，經過長時間的電沉積後，把蠟製原型手模自電鑄槽中取出。這時候的蠟型手模表面已完全覆蓋一層厚度約3mm的金屬。再把它放入烘箱中，加熱到大約攝氏90度，蠟會因為受熱變成液體而流出，剩下的金屬便是可以直接用來量產衛生醫療手套的金屬模具。

製造衛生醫療手套用的金屬模具的精密電鑄製程



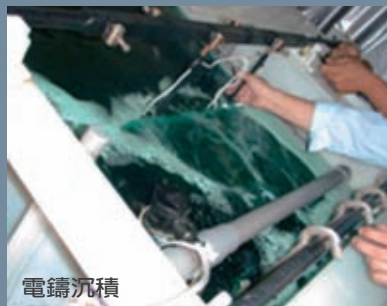
蠟製原型件



脫脂處理



金屬化處理



電鑄沉積



電鑄成形的金屬模具

依序可以分為蠟製原型件、脫脂處理、金屬化處理、電鑄沉積、加熱脫蠟等階段。

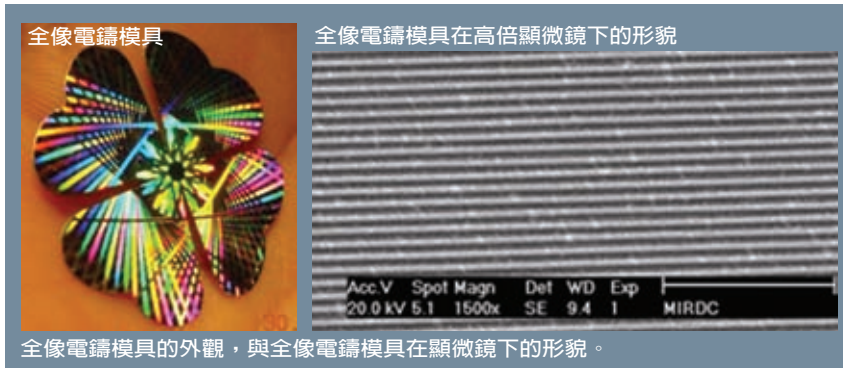
立體七彩全像壓印模具

精密電鑄技術也可以用來製作立體七彩全像壓印模具。它是透過全像術（hologram）折射及繞射的原理，在平淡無奇的物件上產生立體七彩的效果，再利用精密電鑄技術製作出全像模具。

其實，造成特殊的彩虹光效果的，是模具表面上的特徵紋路，這些紋路的尺寸大約是在1至2微米（ μm ）之間。如果把原型件表面加工到微米級線寬時，原型件便具有彩虹光效果。但是，這種微米等級的精度如果以機械加工成形會非常地昂貴，採用電鑄模具成形的方法是比較經濟可行的。

目前全像電鑄模具已經廣泛應用在防偽工業中，例如新台幣

精密電鑄技術應用的電化學原理，是屬於離子電沉積的方式，把溶液中的金屬離子還原成金屬，能完全地複製原型件表面的細微紋路。



全像電鑄模具的外觀，與全像電鑄模具在顯微鏡下的形貌。

千元與伍佰元紙鈔正面右側的銀色燙金處理的防偽辨識圖案。簡單地說，它的做法首先是利用全像術的原理，在玻璃表面塗布光阻，做成具有立體七彩紋路的原型件，再經由電鑄的高度精密複製的技術，形成具有立體七彩紋路的全像電鑄模具。

接著，再把全像電鑄模具放在滾輪上，與亮銀色的鍍鋁膜一同滾壓，具有立體七彩紋路的全像防偽圖案便轉印在鍍鋁膜表面上。最後，再把表面已形成立體七彩全像圖案的防偽鍍鋁膜，利用燙金技術緊密地貼合在新台幣紙鈔的表面上，便成為台灣目前使用的防偽紙幣了。

傳統利用鑄造技術製作金屬模具的方式，大致可以分為3類，分別是：砂模鑄造法，脫蠟精密殼模法，以及金屬模法。但由於這3類方法製作出的金屬模具，表面細緻度無法達到微米等級，因此無法應用在製作立體七彩的全像防偽模具上。而精密電

鑄技術應用的電化學原理，是屬於離子電沉積的方式，把溶液中的金屬離子還原成金屬，能完全地複製原型件表面的細微紋路。因此，精密電鑄模具法可以用來製作全像壓印模具。

除了應用在工業產品中，也能把精密電鑄技術應用在藝術品的創作上。像是黃金電鑄玫瑰的製作，就是先採用新鮮實體玫瑰花，經過固化、金屬化處理及電鑄製程後，便可以得到具有金屬材質的實體玫瑰花。這時，玫瑰花的本身已經變成金屬材質了，也就是說，它具有金屬的機械性質，不再是脆弱、容易枯萎的，更具有保存性與價值性。

此外，也能製作出黃金電鑄琉璃苦瓜。其中，苦瓜是以琉璃燒製。但金黃色葉子部分，是使用新鮮的苦瓜葉片，同樣經過固化、金屬化處理及電鑄製程，以金屬質感來呈現苦瓜葉片。由於使用的底材都是新鮮植物，而非人造植物，除了可以展現精密電



黃金電鑄琉璃苦瓜



黃金電鑄玫瑰

黃金電鑄玫瑰和黃金電鑄琉璃苦瓜

鑄技術的高精細度工藝外，也可使電鑄後的植物更具有真實感。

□

陳敏華

財團法人金屬工業研究發展中心
金屬製程研發處熔鑄組