

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

金屬薄殼快速模具技術之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2622-E-002-022-CC3

執行期間：92年06月01日至93年05月31日

執行單位：國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人：廖運炫

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫為提升產業技術及人才培育研究計畫，不提供公開查詢

中 華 民 國 93 年 8 月 2 日

# 國科會補助提升產業技術及人才培育研究計畫成果精簡報告

學門領域：生產自動化技術

計畫名稱：金屬薄殼快速模具技術之研究

計畫編號：NSC 92 - 2622 - E - 002 - 022 - CC3

執行期間：92年06月01日至93年05月31日

執行單位：台灣大學機械工程學系

主持人：廖運炫 教授

參與學生：

姓名	年級 (大學部、碩士班、博士班)	已發表論文或已申請之專利 (含大學部專題研究論文、碩博士論文)	工作內容
李心智	博士班	Y.S. Liao, H.C. Li and Y.Y. Chiu, 2004, "Study of the Heating- And-Pressing Separation Process of Laminated Object Manufacturing (LOM)," Int. J. Advanced Manufacturing Technology (in press).	快速模具之設計與系統整合
王中旻	碩士班		快速模具製程之製作與測試

## 合作企業簡介

合作企業名稱：歐燦科技有限公司

計畫聯絡人：柯郭昌

資本額：3,000 千元

產品簡介：模具批發業、軟體資訊、產品設計、機械批發、資訊軟體等

網址： 電話：(02)89883070

## 摘要

因模具技術的蓬勃發展，快速模具的製程技術在產業界也受到相當的重視，在先前相關的研究中，成功的利用電鑄方式翻製 SOUP 樹脂件得一金屬薄殼並植入不同之背材作為快速模具，並且驗證了此技術的優越性。但此技術仍然有其使用上的限制，如具有高深寬比之工件若是利用電鑄翻模，其電鑄時間會過於冗長，且因電鑄時間的拉長，電鑄件在浴槽中會有變形的問題，故其快速模具之形狀受到相當的限制，因此，本計劃中結合 NC 與電鑄之優點以解決模具形狀受到限制的問題並且使用陰極旋轉之技術，輔以多種電鑄內應力測試方式，生產具高精度，高深寬比之電鑄薄殼，並使用熔噴銅作為其模仁內部結構之填充背材，經由實驗證明利用此項技術可以大幅縮短快速模具的製造時間，且克服了模具外型受限的問題。

在本次研究計劃中利用逆向工程的技術製作出產品的電腦模型，並對模型中不易電鑄之部分(如凹穴，溝槽，垂直側壁等)進行拆解，利用 CNC 加工之方式做出其特徵後，置入已做導體化處理之 RP 模孔穴中，再進行電鑄，在電鑄的過程中 NC 工件會逐漸與電鑄的部分結合，此種方法結合 NC 與電鑄的優點，相較以往單純用電鑄製造快速模具，大幅度縮短了開模的時間的，且獲得優異的產品精度。

關鍵字：快速模具、電鑄、無電鍍銀、熔噴、逆向工程

## 一、人才培育成果說明

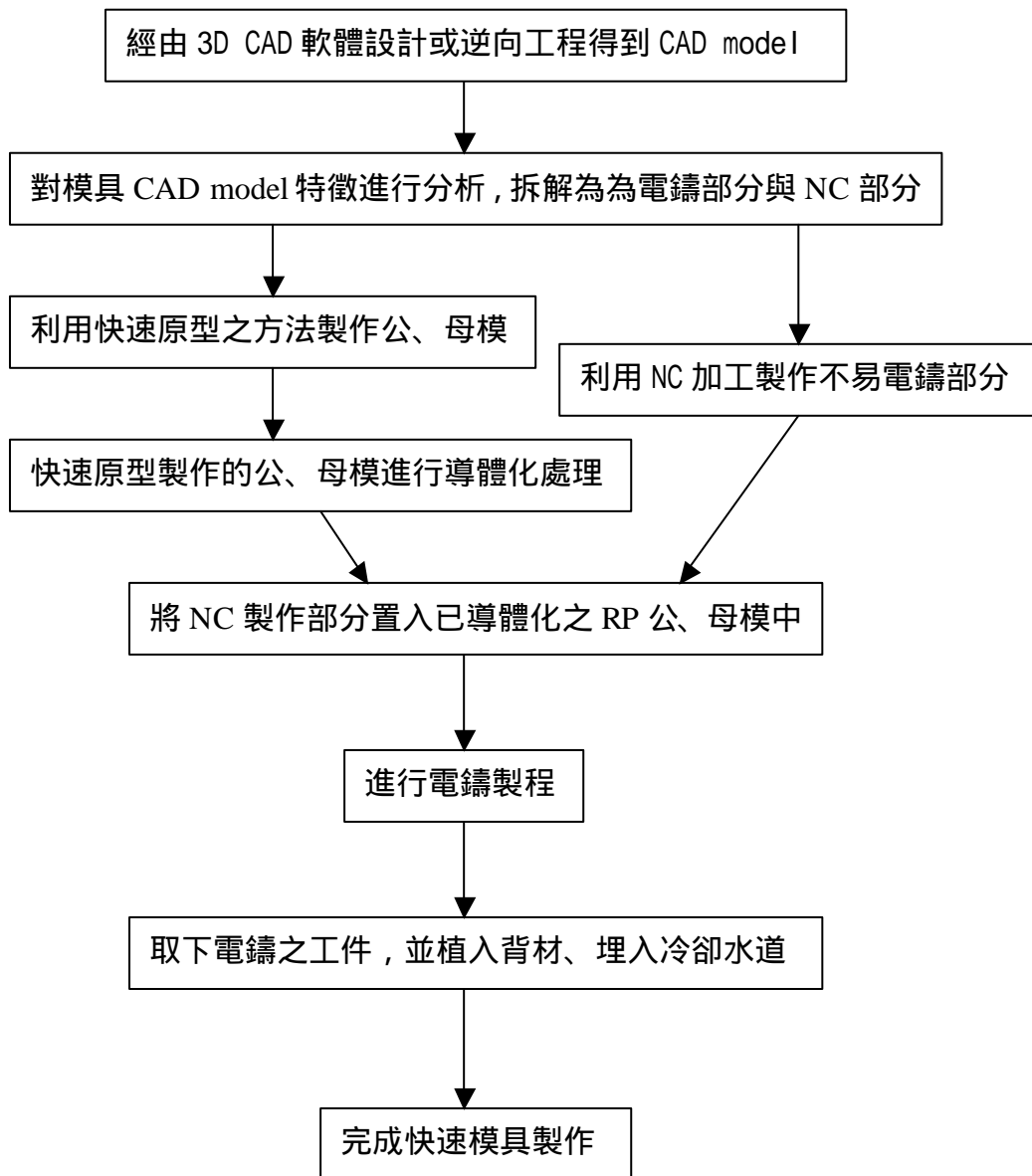
本研究之“金屬薄殼與樹脂填充內襯之快速模具”製程技術研發執行過程中是由學界之台大教授主導，參與人員計有主要及協同教授共計兩名；博士研究生一名，碩士研究生一名，外加業界所配合之數名工程師及相關協力廠商支援。

由於此製程技術結合了 RP、RE、電鑄及模具等相關領域知識，涉略甚多，各有其深度及廣度，故可針對其個別相關製程技術之領域做進一步之深入研究與專業技術養成，進而培育出專業人才，如快速原型（Rapid Prototype）之相關原理與應用、高速電鑄製程技術探討與模具設計之相關技術和知識等，皆做為大學生之專題研究及碩博士研究生之研究探討，進而培育出相關領域之專業人才。

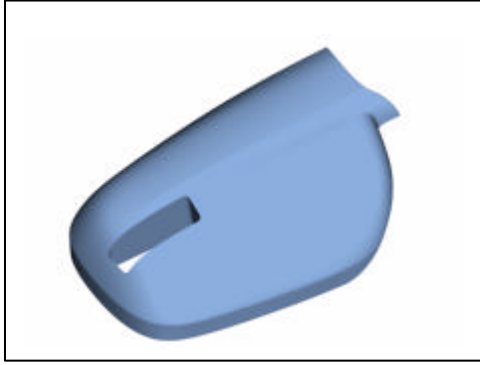
此外，其製程技術也著手技轉於廠商，運用本身掌握之技術資源並藉及研發能力，協助業者快速培養優良專業工程師，除能快速培訓模具業界所需人才，同時也能提昇產業技術水準，使此製程技術更加成熟廣泛增進應用領域，這也是模具業根留台灣的一大立基。

## 二、技術研發成果說明

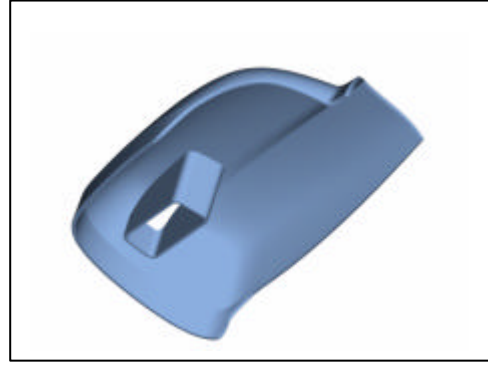
新式快速模具技術乃是結合快速原型、電鑄、NC 技術而成，其流程如圖一所示，首先利用快速原型之方法製作電鑄之公、母模並對快速原型件進行導體化處理。RP 件導體化步驟完成後將 NC 加工之部分置入 RP 件中並進行電鑄，在電鑄過程中，NC 加工部分會逐漸與電鑄沉積之鎳進行結合，當電鑄層達到一定厚度後形成電鑄件，即可自 RP 件表面取下，取下之電鑄件在背部利用融噴銅的技術植入背材並在植入背材的同時埋入冷卻水道，隨後進行一些簡單的模具修整即完成快速模具的製作。本製程並實作了一汽車後照鏡模具如圖二 圖九所示，來驗證整個實用性與可靠性。相關之技術重點及所得之成果分述如下。



圖一 新式快速模具技術流程

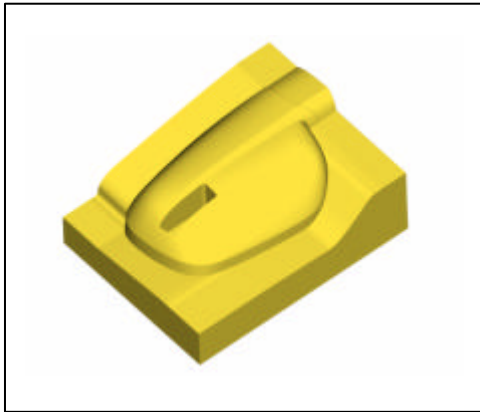


(A)

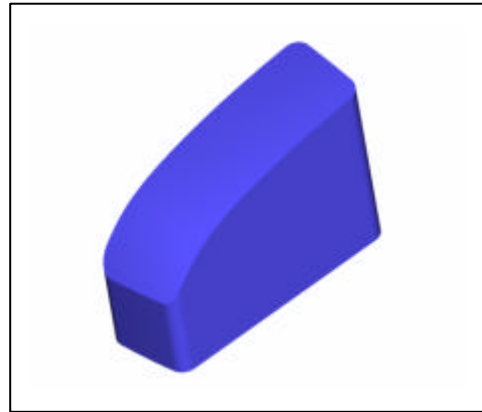


(B)

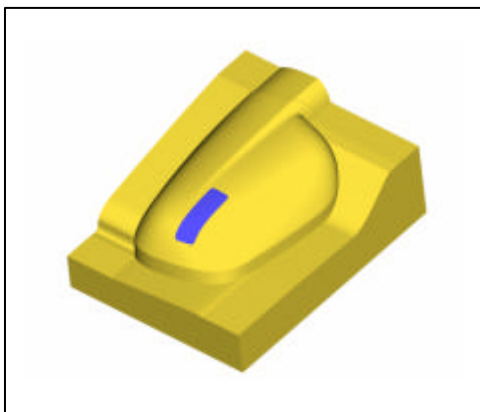
圖二 (A) 照後鏡之 CAD model , (B)內側具有高深寬比之定位穴



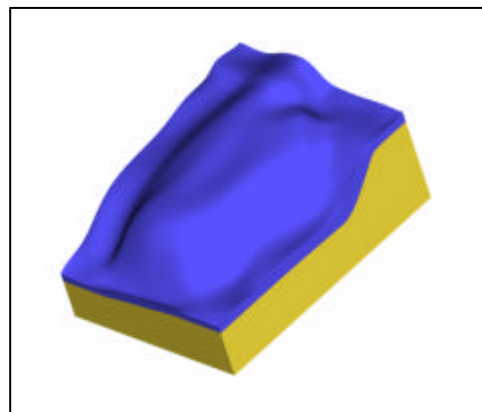
圖三 利用快速原型製作電鑄模



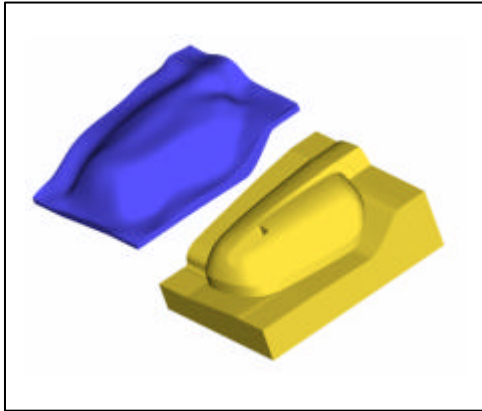
圖四 中空凹穴部分利用 NC 加工製作、其材質為鎳



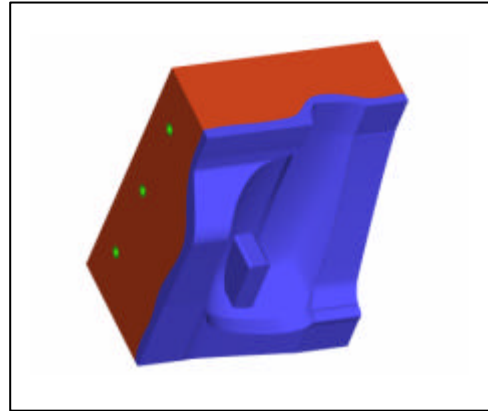
圖五 NC 部分與已導體化之 RP 部分組合



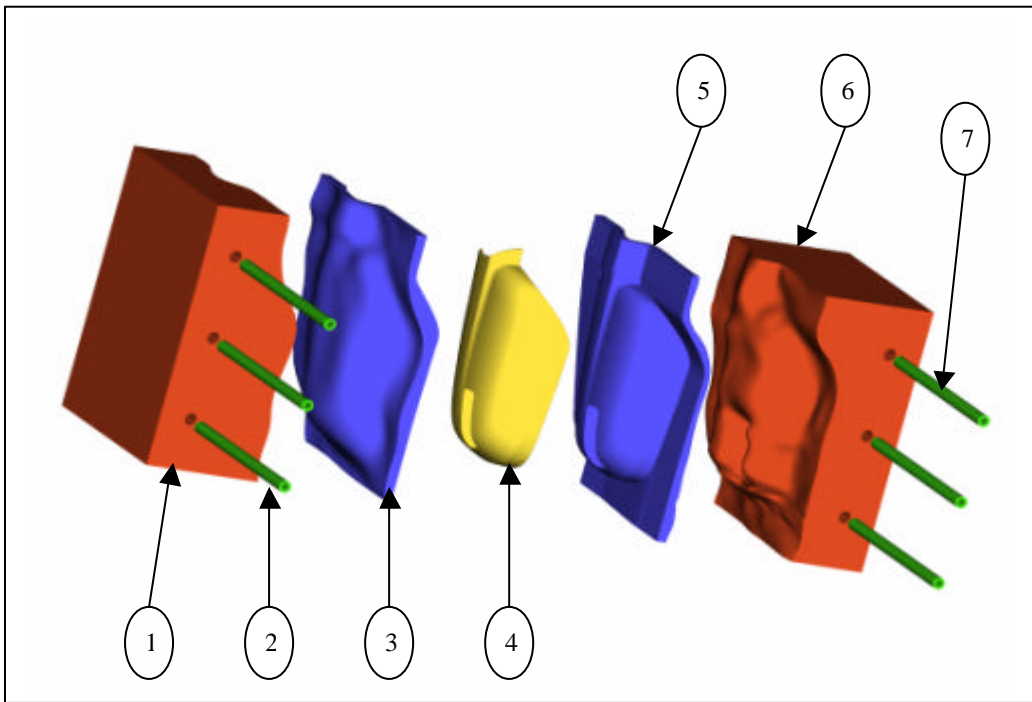
圖六 組零件置入電鑄槽中進行電鑄



圖七 電鑄件自快速原型電鑄模取下



圖八 在電鑄件背部，利用融噴銅技術植入背材，並埋入冷卻水道



圖九 快速模具組成爆炸圖

- (1)與(6)：融噴銅背材結構
- (2)與(7)：冷卻水道
- (3)與(5)：電鑄鍍公模面與母模面
- (4)：射出成型之 ABS 成品

## (1) 電鑄相關技術建立

### a. 導體化技術

SOUP 樹脂件與 ABS 工件均可經由無電鍍銀處理，由於此步驟在室溫下操作且反應速度極快，不會產生熱膨脹及吸水膨脹等變形問題，可免除一些操作不便和模型幾何形狀限制。實做中，導體層厚度約為 30 ~ 70 nm 的厚度，對尺寸或是公差之影響甚小，因此能夠完全符合製程需求。

### b. 高速電鑄技術

為了未來商品化的需求，提高生產速度是必要的。在本次研究中導入高速電鑄的觀念，已利未來的運用。

1. 電鑄液若使用高濃度胺基磺酸鎳鍍液(600g/l)可使電流密度升到  $50\text{A}/\text{dm}^2$ ，沉積速度可比通常的電鑄鎳大 10 倍之多，有效的提昇電鑄效率。
2. 若不改變電鑄液成分時，欲達成高速電鑄的有效方法，可利用攪拌的方式來減少擴散層的厚度，進而提升電鑄速度，在本研究中使用被鑄物陰極旋轉的方式，在陰極旋轉 50rpm 之速度下，效率較未旋轉提升約 30%。
3. 經由研究發現，胺基磺酸鎳電鑄液之溫度對鍍液的純度有相當的影響，發胺基磺酸鎳鍍液於 27 操作時鍍液中的不純物含量會最高，一但加熱到 60 則不純物便減少，可降低不純物的共鍍。同時、在胺基磺酸電鑄液在電鑄過程中，產生最少污染的理想範圍是電流密度約為 2.69ASD 鍍液溫度約 50~60 。
4. 鍍液的 Ph 值會影響陰極表面氫氣的生成，並對電鑄液的沉澱、添加物的作用有很大的關係，故 Ph 值必須作適當的調整，另外，Ph 值亦會對電鑄層的硬度及應力造成影響，其主要是因為陰極析出的氫或不純物及結晶不同所導致。在胺基磺酸鎳電鑄液中，本研究加入硼酸作為 Ph 值緩衝劑，以避免 pH 值的的大幅變化，造成機械性質不佳的狀況發生。
5. 在本研究中，在電鑄同時期望與 NC 部分結構能有良好之結合性以增加模具強度、故對 NC 部分欲與電鑄接合部分進行外型的加工處理、與表面處理(如噴砂)以增加接合性。
6. 為了提高模具的精度，避免模具在電鑄的過程中產生變形，本研究利用兩種不同的電鑄件應力分析方式，(1)應力測試片、(2)垂直陽極試鑄板分析以維持電鑄之內應力為最佳狀況，確保模具在整體公差之內。

## (2)製程中的技術特點：

### 1. 結合 Rapid Prototype 快速原型：

結合快速原型以提昇效率，省去麻煩之傳統模具使用機製加工法製作需要冗長的加工參數設定及曠日耗時的模具準備時間。

## 2. 高速電鑄技術之應用：

因電鑄技術具優良的重現性特色，其接觸面之電鑄表面光滑度佳，溝槽部分與模型件之獨特的特徵也能完全的複製，完整重現原型件表面的加工面，一般模具不可能加工的複雜形狀或微細形狀也容易製作。

## 3. 結合電鑄與 NC 加工技術的優勢：

以往快速模具之技術因某些特定模具形狀電鑄時不易沉積，而耽擱整個電鑄製程，本研究中導入電鑄與 NC 結合的方式，模具不同之特徵依照電鑄與 NC 加工之特色加以分類製作，靈活度高，大幅縮短模具的製造時間。

## 4. 可製造 NC 技術無法製作之模具：

本技術因無須考慮模具之刀具路徑，可製作以往 NC 加工無法? 削之部分(如：具高深寬比之模具、深且窄的尖角)

## 5. 導入共形冷卻流道：

可利用銅管(Copper tube)順著模穴之特徵曲面，安裝於公模與母模的背後，作為冷卻水道之用，對於傳統射出模具的直型冷卻水道而言，可發揮更佳的冷卻效率，進而降低生產的 cycle time，增進生產效率。

## 6. 選用不同背材的植入：

本製程可因應模仁條件之須求如：強度、散熱性、經濟性等，分別植入不同背材於電鑄公、母模內，如融噴銅材、低溫合金、金屬樹脂、金屬陶瓷材料等。

## 7. 具有整合性：

本計畫結合傳統之經驗以及現代化之電腦科技與加工技術，從產品構想，到模具設計、加工等，建立一套完整之模具製作技術，以 CAID/CAD/CAE//CAM 之整合系統加強模具製作能力。

# 三、可利用之產業及可開發之產品

模具被稱為工業產品之母，主要是由於其具有快速、重覆性高、大量生產及價格便宜的優點，所有工業產品莫不依賴模具才得以大量生產。然而傳統鋼模無法因應近年來國內外市場因環境的快速變遷，產品研發週期降低，產品壽命也持續縮短，消費者要多樣少量的產品訴求，所衍生大量客製化(Mass Customerization)的趨勢。有鑑於此本計畫發展之”新式金屬薄殼與樹脂填充內襯之快速模具”技術，可有效縮短製作時間、降低成本，且適用於複雜具多微細特徵，正可符合上述需求。其主要可開發於模具產品如下：

- 多樣化之模具產品製作

外觀多樣化之 3C 產品，如手機、PDA、相機外殼模具製作。

- 複雜性之產品模具製作

如具多樣微細稜角特徵之 3C 產品的聯結器模具製作。



- 精密性模具產品製作

如塑膠鏡片之射出模具、CD 片之模仁、LCD 背光板模具製作。

- 微細模具產品之發展與製作

此外，其快速模具製作技術有別以往傳統模具製作，不但可拓展模具領域並應用其產業上，也可整合從產品設計 (ID)，模具設計、乃至加工製造等相關技術開發，建立完備快速模具設計軟體系統，如滑塊、突出、凹陷等幾何特徵及共形冷卻流道系統等。

#### 四、推廣及運用價值

現代模具走向功能複雜化、高精密化、而模具間的人力普遍面臨不足，必須自動化、效率化，才能繼續保有競爭力，因此如何以最低的成本，大量生產性能優越、功能完整的新一代模具製作方式是極為重要的課題。此計劃之完成對於產業界之推廣及其應用價值可分述如下：

##### 具有前瞻性

電鍍金屬薄殼薄殼與樹脂填充內襯之快速模具的加工速度快，適於中小量之模具製作。經由此一研究，希望未來能於建立一產品設計及模具設計製造研發中心，提供國內業者產品設計與模具製作之問題諮詢與新技術開發。

##### 具有發展潛力

以電鑄技術方式快速披覆 2-5mm 的高導熱度、強度佳的材質，如銅、鎳等，比傳統鋼模具有更佳的導熱度及相近強度，可應用於微細特徵之模具，因此具有高度發展潛力。

##### 具有關鍵性

具有共形冷卻流道系統，相較傳統鋼模的直形澆道會有較佳的冷卻效果，更使得澆道冷卻系統能輕易設計與製作。藉由此一應用性先期研究的實施不僅提昇模具製作的效益，也促使國內的模具業技術昇級，進而促使模具技術根留台灣。

此外，經由此一研究可得更完整而實用的 ” 金屬薄殼與樹脂填充內襯之快速模具 ” 之新製程技術，能有效整合 RE/CAD/CAE/CAM 之系統，提供業界從產品構想，模具設計、至加工製造等之問題諮詢與新技術開發，以大幅增進我國模具工業的製作水準，提升產業競爭力。