

投稿類別：工程技術類

篇名：

利用 CAD/CAM 製作蠟模—以燭台外形探討為例

作者：

吳東憲。國立草屯商工。機械科三年 1 班

吳紘宇。國立草屯商工。機械科三年 1 班

指導老師：

余英政 老師

陳永正 老師

## 壹、前言

### 一、研究動機

在機械實作中，觀察到材料為蠟，立刻聯想到蠟燭和燭臺，決定以大小適中並可延續使用的燭臺的外形為此次專題的探討方向，利用學校現有資源設備，設計模具和射蠟來製作一個實體模型，吾人透過相關專業與技術課程，完成射蠟模的相關製作過程探討，以提升未來在職場上的競爭力，希望能藉由這次實作，能更深入理解精密鑄造法(射蠟)和模具製作的相關知識。

### 二、研究目的

本文設定以燭台的外形，探討燭台的模具加工，思考開模到射蠟的過程中會遇到哪些困難，並且以小組討論方式，克服各種問題，如考慮製作的前因後果，如何製作射蠟模型、模具的刀具路徑、拔模的角度和射蠟的收縮裕度等等，以完成作品。

### 三、研究方法

利用 Solid Works3D 軟體，以草圖設計出成品外觀，再用 3D 圖形繪製，接著再傳送至 CNC，完成後，探討其完整性並修改，燭台的製作方法大部分都以 CNC 為主，藉由 CNC 完成製品確認問題，並加以修改探討，並以 CAD / CAM 軟體程式模擬和加工路徑，利用 CNC 實作加工完成 模具後，再和射蠟成品比對，配合 Solid Works 3D 繪圖軟體和 CAM Works 模擬刀具加工路徑，製作出模具，並探討射蠟過程有哪些要注意的事項。

## 貳、正文

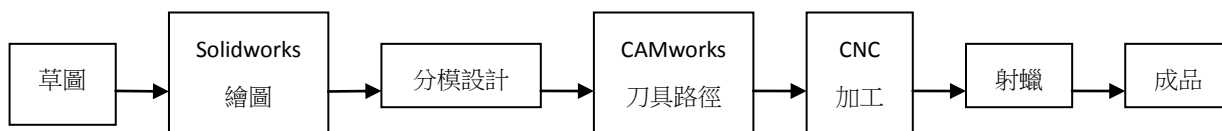
### 一、文獻探討

由視窗環境下發展出來的 3D 實體模型，提供設計師與工程師們一套節省時間的高效率電腦輔助設計工具，幫助各種產業提升機械設計自動化，以最短時間完成產品設計，取得產品上市先機及競爭優勢，「SolidWorks 可以實現刀具路徑編定、製圖、分析等各項個別工作。」（徐永源，2009），分別同時進行且互不干擾，此一工能對提升製造效率具有顯著的效果。

孟繼洛（2008）指出「精密鑄造法，泛指所有能生產較普通濕砂模更為精密之鑄件的鑄造方法。」因此永久模法、殼模法、壓鑄法、離心鑄造法，開模時要注意的事項，大致要注意拔模的斜度不要過小，不然灌好的模子會拔不出來，常用的蠟質係凝固溫度範圍大者，以半固狀態押入裝於射蠟機的模具內部，製作蠟型時，蠟的押入溫度、押入壓力、離模時間、蠟型的溫度以獲得良好尺寸，因此射蠟室須保持恆溫。

## 二、製作流程說明圖

透過草圖設計，再運用 Solid Works 軟體，完成 3D 實體建模，並且作出 3D 的模具，在軟體上將模具分模後使用 CAD/CAM 軟體設定刀具路徑，接著使用綜合機械加工機(CNC 銑床) 來製作模具，最後操作射蠟成型機把蠟射入模具之中，完成成品，如圖 1 所示製作流程。



圖一 製模流程說明圖  
(圖一資料來源：研究者繪製)

## 三、3D 圖樣設計說明

在產業中做出燭台外型的技術已成熟，所以吾人採用 SolidWorks 來繪製 3D 立體圖，來模擬且簡單製作。

而且在做 3D 繪製時，也需要考慮到很多條件，比如需考慮到拔模裕度、會不會超過模具的大小，以及加工時能不能完成，都是在繪圖時所必須加以考量的因素。

榮文(2008)指出「工具設計是綜合自我累積的經驗與新的創見，針對需要而加入構思，尋求解決方案的 一種過程。」吾人所使用的材料為方形代木，大小為 100x97mm，因為考慮到燭台原本尺寸與我們所用的材料尺寸有部分的地方沒辦法有一模一樣的比例，所以吾人是以燭台做為樣本，並以實物的大約值下去縮小設計而成。

## 四、SolidWorks 3D 繪圖

(1)先繪製 2D 草圖。如圖 2 所示。

(2)使用 Solid Works 繪製 3D 模擬圖。如圖 3 所示。

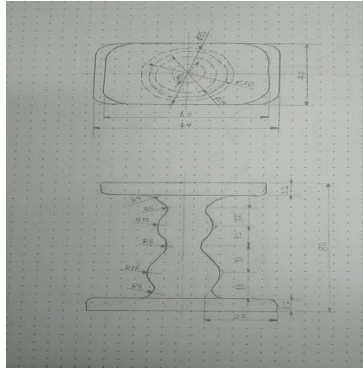


圖 2 燭台手繪草圖

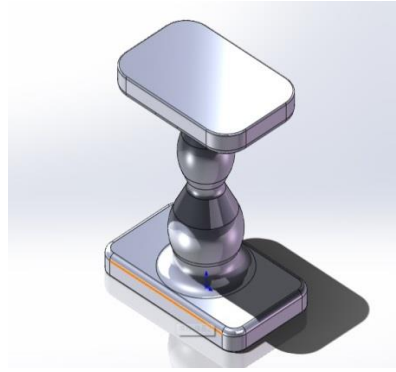


圖 3 燭台 3D 草圖

## 五、說明 3D 分模設計/3D 成型加工設定程序

### 1、分割線的建立

- (1) 選擇「前基準面」。
- (2) 劃出垂直分割線。如圖 4 所示。
- (3) 選取分模線外圍的面。如圖 5 所示。

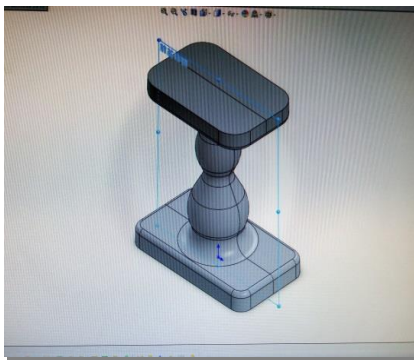


圖 4 (垂直分割線)

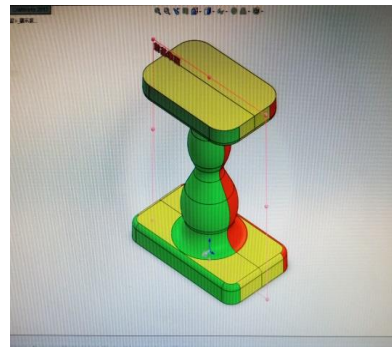


圖 5 (分模線外圍的面)

### 2、拔模分析

- (1) 選擇「前基準面」。
- (2) 拔模角選擇「 $1^\circ$ 」。
- (3) 模具參數選擇「用做工模/母模的分割」。
- (4) 選擇工件的邊線。

### 3、縮放比例

- (1)選擇「相對於質心」。
- (2)勾選「一致的縮放」。
- (3)係數皆為「1.05」。如圖 6 所示。

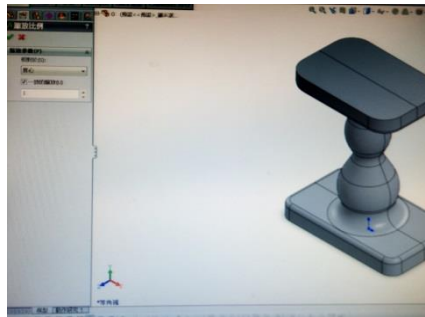


圖 6 (縮放比例係數)

### 4、封閉曲面

- (1)點選封閉線路。
- (2)選擇「用做公模/母模的分割」。
- (3)點選用分割線做出來的邊線。如圖 7 所示。



圖 7 (封閉曲面分割線)

### 5、分模曲面

- (1)反轉偏移方向輸入 50.00mm。
- (2)勾選縫織所有曲面。如圖 8 所示。
- (3)勾選顯示預覽。

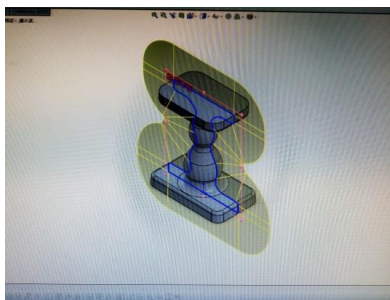


圖 8 (縫織所有曲面)

## 6、模具分割

- (1)將模塊厚度定為「30mm × 30mm」。
- (2)選取公模與母模的分模線。
- (3)選取分模曲面。
- (4)完成上、下模。如圖 9、10 所示。

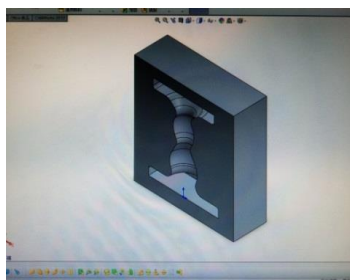


圖 9 (上模)

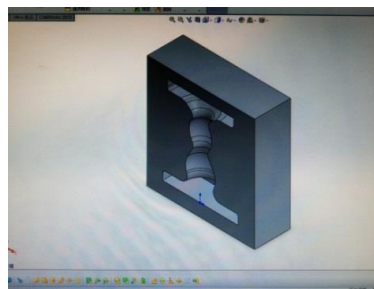


圖 10 (下模)

## 六、MC 加工說明

使用加工計劃裡設定刀具參數及偏差值等設定，如表一所示 MC 加工刀具表。

表一 MC 加工使用刀具表

銑刀	刀號	直徑	柄徑	刀長(刃)
端銑刀	T8	φ8	φ8	25
球刀	T14	φ4	φ4	20

(表一資料來源：研究者繪製)

### (一)開始步驟

- 1、建立銑削加工面：素材管理員→滑鼠右鍵→點選建立銑削加工面。
- 2、銑削零件設定→點選基準面→確定。

### (二)零件參數設定

- 1、點選編輯定義→零件設定參數→選擇原點→按頂部中心。如圖 11 所示。
- 2、【主軸轉數(S)】：粗銑 2000rpm。
- 3、【進給速度(F)】：200mm/min。

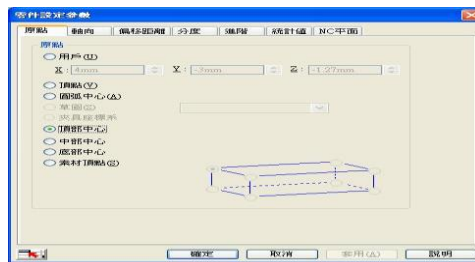


圖 11 參數設定

### (三)更改刀具已及刀具選用

- 1、點選編輯定義→刀具→更改刀具型號→設定主軸轉速以及切削進給率→設定預留量→下刀方式。

### (四)產生刀具路徑

- 1、銑削零件設定，檢查是否刀具正確。

### (五)自動產生加工計畫 如圖 12 和 13 所示。

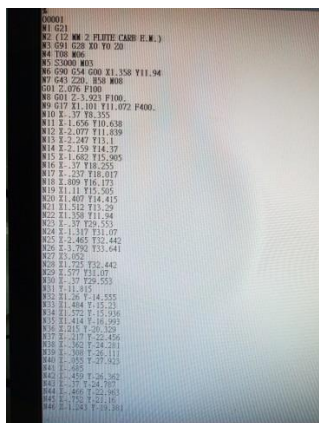


圖 12 上模加工程式

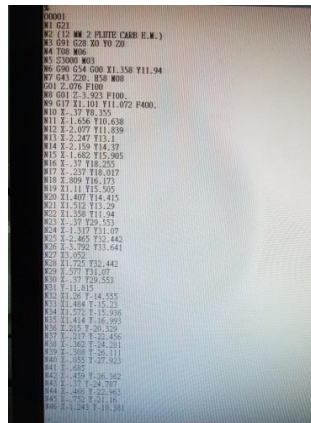


圖 13 下模加工程式

### (六)實作加工

- 1、將 100x97x30 的代木放上虎鉗。
- 2、對齊基準面並鎖緊代木。
- 3、將 NC 碼傳入即可進行加工。

### 七、射蠟過程與成品說明

- 1、先在模子上噴上均勻的分模劑，使其在拔模的時候能比較容易拔出來。
- 2、接著在模具上畫上幾痕小小的痕跡，可以使再射蠟時的空氣跑出來。
- 3、將模子放到射蠟機上，將手動壓模按鈕按下。
- 4、將壓模放下壓在模子上面，再將手動拉桿下上拉升，使其開始射蠟。
- 5、射蠟完成後，將其拿去泡在冷水中十到十五分鐘，再將模子拔出。
- 6、注意事項: 「製作蠟型時，須注意金屬模溫度，蠟的押入溫度、押入壓力、離模時間、蠟型的溫度以獲得尺寸安定性，使做出的模型才不易崩壞。」



圖 14 燭台模和成品



圖 15 燭台成品



## 參、結論與檢討

透過射蠟製作過程，瞭解到 CNC 銑削無法達到預定之精度，起初使用銑刀長度為 15mm 而導致無法將蠟模的深面銑削，立刻更換 25mm 的銑刀，完成模具銑削，要將削磨的底部平面削出拔模欲度才方便上下模拆開，不使拔模的過程困難，但不能過鬆這樣會使得射蠟時模具因射蠟衝擊力過大而模具裂開，在射蠟過程中，蠟有射滿且模具也是完好如初，完成此探討。

此次讓吾人了解讓我們更瞭解 SolidWorks 的功能，CNC 銑床、射蠟成型機的操作，使本文更了解機械加工的流程，藉由 3D 繪圖和 CNC 銑床了解機械加工的程序，完成此次的探討工件。此次的製作包含了製圖、製造、實作和 CNC 等各種機械知識，也學到了製作報告的能力，對於在未來的職場或升學上若遇到困難，就能提供相當的應對基礎來解決問題。

## 肆、參考資料

徐永源（2009）。**Solid Works 之自動化加工解決方案**。臺中市:加樺科技圖書股份有限公司。

孟繼洛（2008）。**機械製造**。新北市:全華科技圖書股份有限公司。

榮文（2008）。**工具設計**。新北市:全華科技圖書股份有限公司。

圖 2~15 及為作者自行拍攝或製作。拍攝地點：草屯商工機械科工科大樓。拍攝日期 2017 年 2 月至 3 月。