

粉末冶金不銹鋼金屬吊飾品之研製與精密機械人才培育

鄭朝旭¹ 陳燕鴻² 杜讚發³ 黃立仁⁴

¹⁻⁴ 中州科技大學 機械與自動化工程系

(中州科技大學專題研究計畫，編號 CCUT-100-ME01)

摘要及關鍵字

台灣技職教育的特色，在於透過「作中學」的觀念培育優質之專業技術人力，因此技職教育必須不斷反省自身所處之環境與定位，於教育的內容與方法上與時俱進，提供產業所需之專業技術人才。本文是以不銹鋼金屬吊飾品的研究開發為案例，整合影像處理技術(數位圖片、2D 輪廓圖、2.5D 浮雕圖)、CAD/CAM 技術(模具銅電極浮雕、成型模具製作)、以及粉末冶金技術(成型、燒結、表面處理)等 3 個主要實作製程技術，全程透過電腦輔助設計與製造的觀念，來呈現精密機械人才在製品設計、模具技術、成型生產技術等三個技術需求。

關鍵字：影像處理技術、CAD/CAM 技術、粉末冶金技術

通訊作者

姓名：鄭朝旭

E-mail: : chaohsu@dragon.ccut.edu.tw



壹、緒論

由於台灣社會結構的變化，教育環境受到升學風氣與缺乏正確的就業認知，而忽視了技術性高之傳統產業仍為台灣重要的競爭力與就業市場，造成業界普遍存在人才斷層的隱憂。然而「技職教育」的重點即在於培育務實致用的專業技術人力，為一種以產業人力需求(進行人才培訓)的「技術及職業教育」(techno-logical and vocational education, TVE)。因此台灣的技職教育更應透過產學實務連結以彰顯技職教育的實作能力，導正社會認知，克服傳統產業所面臨的人才供需失衡，以因應台灣當前產業所面臨的情勢與挑戰。

本研究是設計以小象造型不銹鋼金屬吊飾品的開發進行製程探討，如圖 1 所示。一般而言，金屬吊飾品的開發製作係結合藝術原創與金屬加工的一種跨領域整合技術。早期金屬吊飾品之模具製作均以手工為主，此方面之師傅需經長期的培養，且需配合本身之藝術天份，故其製作非常不易且價格高昂。後來利用連桿式或液壓式之仿製機從事複製的工作，其需先有一原始模型才能進行複製，故如要以照片影像來製作浮雕式之金屬吊飾品有其障礙之處。

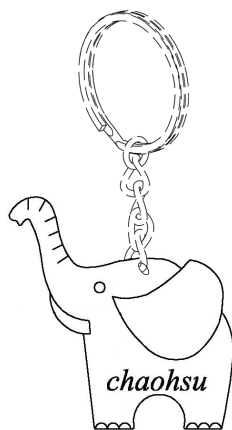


圖 1 小象造型不銹鋼金屬吊飾品設計示意圖

近年來由於 CAD/CAM 技術的進步，使在各式加工上能有所突破。CAD/CAM 在一般工業產品的應用上已達到非常成熟的階段，然而在美感造型方面的技術尚嫌不足。本開發案係結合藝術、CAD/CAM 技術、粉末冶金技術等專業，製作出具特色之金屬吊飾品。開發過程歷經了數位圖片的影像處理、2D 輪廓圖繪製、2.5D 浮雕圖繪製、以 CNC 浮雕銅電極、粉末冶金模具製作、成型、燒結、表面處理等過程。本不銹鋼金屬吊飾品的開發實作過程，著眼製品設計、模具技術、成型生產技術等三個技術的建置與串聯。

在不銹鋼金屬吊飾品的設計方面，所需之圖像乃透過影像處理技術及 CAD/CAM 處理技術來進行開發與研製。先以 CAD 前置處理程序，將一幅數位圖像透過增強影像之對比、濾除雜訊、及分離圖像輪廓等技術進行影像前置處理作業，以改善圖像之視覺效果；接著進行 CAM 模組處理程序，是使用影像處理技術所獲得的 2D 幾何形狀製作 2.5D 浮雕凸起曲面之藝術造形。

在粉末冶金模具技術方面，其金屬吊飾品模具電極的製作是以 Mill 模組來處理，針對 2.5D 浮凸曲面進行數值處理產生 CNC 加工程式，並以電腦模擬刀具銑削路徑後，透過 CNC 五軸加工機及五軸雕刻機進行模具電極加工。不銹鋼金屬吊飾品模具的圖像面取經放電加工後，施以細部拋光等模具製作程序。

在成型生產技術方面，使用了不銹鋼粉來製作金屬吊飾品，期間經歷了成型、燒結以及表面處理等三道程序，來實現與驗證不銹鋼金屬吊飾品之設計成果。結果顯示透過不銹鋼金屬吊飾品之設計與製作，藉以提供一種學習誘因，來達成人才在製品設計、模具技術、成型生產技術等三個能力的培養。

貳、文獻探討

影像處理技術應用於浮雕製作上之文獻甚少出現，但是將影像處理技術應用於其他方面上之相關文獻屢有出現，Ying-dong et al.^[1] 使用影像處理技術應用於噴敷工程之線上檢測上，使均勻塗佈及消除雜質，並使用 Sobel-Zernike 方法以尋找塗佈層之邊界；Hsing-Chia Kuo, et. al.^[2] 使用模糊理論及影像處理技術分析熔接工程，並對 CNC 機器做適應控制；Pi-Cheng Tung, et. al.^[3] 發展以影像導引之銲接機器人，能偵測裂縫之位置，並從事 SMAW 自動化銲接；H.I.Shafeek, et. al.^[4] 利用影像處理技術，發展能識別管路氣銲缺陷之專家系統；Li Laiping, et. al.^[5] 使用影像特徵技術分析 GTAW 熔接之熔池表面形狀，以建立銲接參數。

參、研究方法

本製程實作共分三個面向來進行，分述如下：

3.1 在不銹鋼金屬吊飾品的設計方面

金屬吊飾品之圖像設計構思是以可愛之小象為金屬吊飾品之正反兩面圖形，如圖 2 所示。

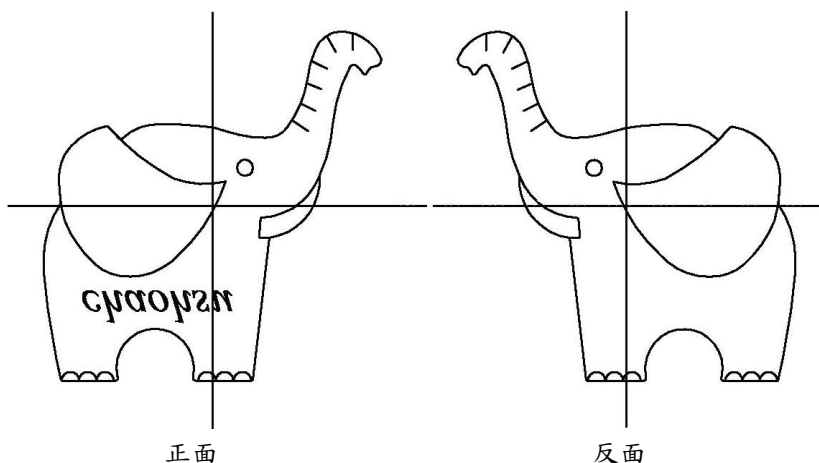


圖 2 不銹鋼金屬吊飾品的正面與反面可愛大象圖樣設計

先以影像處理描繪外形輪廓成 2D 向量圖形，在 CAD 軟體上描繪照片上物体之輪廓，此步驟為本製程研究需花費較多人工操作之部份，數位圖片需先經影像處理如強化對比、加強清晰度、尋邊處理…等手續，則可減少外形描繪之時間，此部份之描繪影響爾後成型之逼真與美觀，故製作者最好能具備有藝術之基礎，如素描、卡通繪畫…等，以補照片邊界模糊處之不足及線條之取捨或彌補。影像處理之技術有許多方法和功能，比較重要的有下列幾項：

1. Laplace-Gauss operator

一般照片常包含許多雜點及模糊地帶，對於影像特徵的抽取(Feature Extraction)易造成誤判，為使影像簡化到僅剩邊緣的形狀，使用 Laplace-Gauss operator 有良好的效果。

首先使用 Gaussian function 來平滑影像的雜訊，所得的函數再和 Laplacian function 做迴旋積分(Convolution Integral)^{[6]、[7]}，以強化影像之邊界。

Gaussian function 及與 Laplacian function 做 Convolution Integral 表示式分別為：

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right]$$
$$\nabla^2 * G(x, y) = \left[\frac{-1}{2\pi\sigma^2} \left(2 - \frac{x^2 + y^2}{\sigma^2}\right)\right] \exp\left[-\frac{(x^2 + y^2)}{2\sigma^2}\right]$$

其中 σ 為 Gauss 空間常數， σ 愈小強化後之影像愈詳細、邊緣愈細化，但相對的雜訊亦將增加^[8]。

數位相機的解析度越來越高，拍攝的影像 pixels 也越多，需使用較大的遮罩(mask)來處理，文獻中^[3]使用 11×11 mask 及 $\sigma^2=2$ 進行 Laplacian of a Gaussian 處理，有良好之結果。

2. Zero-crossing

經 Laplace-Gauss operator 處理後之影像為去除雜訊及強化邊界之影像，下一步需再經過零點(Zero-crossing)^[3]處理以描繪影像之真實邊界，Huertas and Medioni^[9]發展了一 3×3 patterns，其有 15 種符合邊界的情況，只要符合 15 個情況之一，則 3×3 patterns 中央之像素即為影像邊界交接之處，故將其灰度值設定為 0，否則灰度值設定為 255，整個影像處理完成後為二值化之影像，物體之邊界即可顯現。

3. Median filtering

數位影像中常有許多雜訊，若能先行去除雜訊，則能使以後影像處理之效果更佳。一般影像在去除雜訊的過程中，常易使影像更模糊，如 Lowpass spatial filtering^[10]，是將像素周圍的所有像素灰度值平均，以取代該像素的灰度值，此方法使雜訊降低但會使影像變模糊，若要去除雜訊又要保有原本形狀的邊緣時，以使用 Median filtering 效果較佳，其方法是將某一 Mark 內之像素灰度值先予排序，再取其位於排序中間位置之灰度值，以此灰度值取代 Mark 中央像素之灰度值，以此方法去除雜訊又不使影像模糊有良好之效果。



4. Histogram processing

使用 Laplace-Gauss operator 來抽取(Feature Extraction)交界影像時，交界兩邊之灰階對比越明顯，所或得之交界邊緣越清晰，然而在一般數位影像中常有交界模糊之地帶，若使用 Laplace-Gauss operator 來抽取(Feature Extraction)交界影像時，易使交界處形狀喪失，故需先將其灰階對比強化，以便清晰分辨其輪廓，Histogram processing 可自動達成此功能^[5]。

有些影像灰度值集中在暗區或集中在亮區，則整張圖像對比就不明顯，而呈現過暗或過亮現象，Histogram processing 可以根據影像中像素之灰度值出現的數量重新分配其影像呈現的灰度範圍，像素灰度值出現的數量較多者，其可得到較大的灰度範圍，亦其呈現的對比會較明顯。

Histogram processing 方法係運用統計影像中每一像素之灰度值在整個影像像素中所佔之比率，再依照此比率調整其灰度值，如一影像其原本灰度值分佈在 $[0, L-1]$ 之範圍，每一像素經下式處理後得到一新的灰度值 s_k ^[5]：

$$s_k = \sum_{j=0}^k \frac{n_j}{n}$$

式中 n_j 為灰度值 j 在整個影像像素裡之數目， n 為影像全部之像素數目，又 $k=0,1,2,\dots, L-1, L$ 是影像裡灰度值的數目。

將數位相機所攝製之校園景觀及人像，經上述影像處理過程自動描繪出影像之外形輪廓成 2D 向量圖形。2D 向量線條建構後，因仍為 2D 之平面，無法顯示出 2.5D 立體感，故需利用浮雕圖像設計軟體以人工之方式設定每一區塊凸起之高度，凸起高度之形狀及大小亦是需借助製作者之藝術感覺，才能達到美觀之程度，無一定之標準。

3.2 在粉末冶金模具製作方面

2.5D 實體形狀建構後，接著進行 CNC 浮雕銅電極、粉末冶金模具之製作。粉末冶金模具銅電極的製作，乃是利用所建構之 2.5D 實體形狀以 CAM 軟體 Mill 模組來產生 CNC 銑床加工程式，並以電腦模擬刀具銑削路徑後，透過 CNC 五軸綜合切削中心加工機及五軸雕刻機進行模具 2.5D 浮凸曲面的銅電極加工。

其中五軸綜合切削中心加工機適合於較大工件及需進行重切削時使用，可用於浮雕之粗加工，其規格為 X 軸行程 600mm，Y 軸行程 400mm，Z 軸行程 500mm，精度 0.001mm，主軸轉速 35-4300rpm。而五軸雕刻機則適合於精細且外形複雜之工件加工，用於浮雕表面切削甚為適合，行程為 400x200x250 mm，精度 0.001 mm，主軸轉速為 25000 rpm。

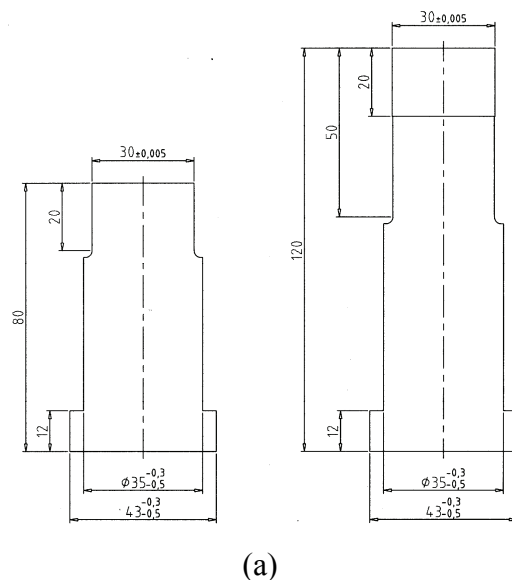
銅電極的 2.5D 浮凸曲面著重表面之光亮平滑度，故切削使用之刀具一般使用極細之尖頭刀，且以高轉速加工才能有高品質之加工表面。

粉末冶金模具銅電極，經 CNC 五軸綜合切削中心加工機及五軸雕刻機加工後之銅電極。接著使用 CM434C 型放電加工機，進行模具沖頭面取之放電加工，放電加工機 XYZ 三軸皆

具有位移精度 $1\mu\text{m}$ ，工作台 X×Y 軸行程為 $400\times 300\text{mm}$ ，主軸(Z 軸)伺服行程可達 350mm 。模具沖頭放電加工將銅電極置於負極，模具沖頭置於正極，絕緣加工液使用商用放電加工專用油，其主要成分為煤油，放電加工參數設為放電電流 4A 、高壓輔助電流 0.9A 、脈衝時間 50s 、放電持續時間 3s 、極間間隙 5m 、電極消耗率 0.6% 來進行模具沖頭面取之放電加工。模具沖頭經放電加工後的面取如圖 3 所示。模具之上下沖與中模之規格則如圖 4 所示。模具之上下沖與中模時實體則如圖 5 所示。



圖 3 粉末冶金模具上下沖經放電加工後之金屬吊飾品模具面取。



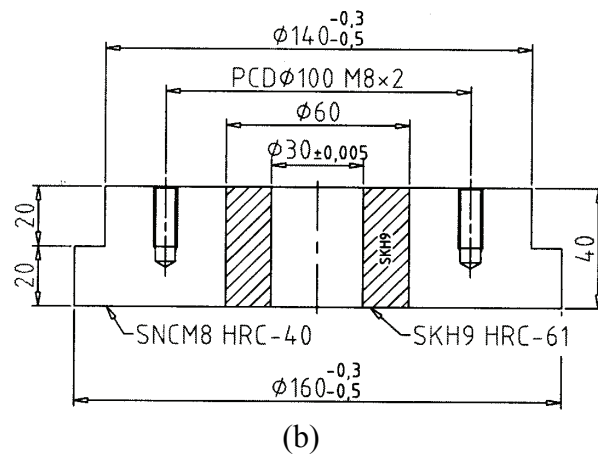


圖 4 成型模具之圖面尺寸(a)模具上下沖；(b)模具中模。



(a)



(b)

圖 5 成型模具實體(a)模具上下沖；(b)模具中模。

3.3 在成型生產技術方面

完成模具的製作之後，接著進行不銹鋼金屬吊飾品之成型，成型所用機台為以最大出力 30 噸的教學用粉末成型機。以不銹鋼粉壓製中州金屬吊飾品成型密度為 6.60 g/cm^3 。

成型後的金屬吊飾品胚體如圖 6 所示，經過 1150°C ，30 分鐘燒結，燒結設備為燒結爐，燒結後粗胚經過表面拋光處理之金屬吊飾成品如圖 7 所示。



圖 6 粉末冶金製不銹鋼金屬吊飾品胚體



圖 7 小象造型不銹鋼金屬吊飾成品

肆、研究結果與討論

不銹鋼金屬吊飾品之開發過程，以極簡的圖像，經過 8 個製程實作歷程，(1)對圖像的影像處理→(2)繪製 2D 輪廓圖→(3)繪製 2.5D 浮雕圖→(4)加工浮雕之放電銅極→(5)製作粉末冶金模具→(6)成型→(7)燒結→(8)表面處理。

由本製程實作之執行，可串聯相關領域之實用技能，如影像處理技術、浮雕設計技術、CAD/CAM 技術、CNC 加工技術、模具製作技術、粉末冶金技術等等。此製程實作結合創新研發與動手實作的技職教育精神，冀望使培育出之人力能在精密機械領域中有傑出的表現。

對產業技術方面的貢獻，提供一種透過電腦輔助創意設計與電腦輔助精密製造結合之模式，來建立電腦輔助工程於粉末冶金模具與粉末冶金製品之應用。此彰顯了技職教育是強調務實致用及落實培育技術人力之特色，藉以強化產學實務連結、培育優質專業人才。

由此可印證，技職人力在此優質的教育理念與卓越的教學團隊的薰陶下，本著強化電腦輔助與精密機械的教學成效下，提升人力在工程應用之能力，使培養其具有創意設計及精密製造的能力，並養成技職人力具有學理兼具與動手實作的本質學能。

誠如目前教育部門所推動的技職教育再造方案所述：『過去，技職教育已為臺灣經濟發展提供大量優質人力，培育經濟建設各級技術人力，為社會經濟繁榮作出重大貢獻，邇來，面對全球化國際競爭及產業轉型，技職教育必須不斷反省自身所處定位，於內容與方法上與

時俱進，更應在現有基礎上，進一步再造、變革、創新及優化，成為推動我國經濟發展的重要動力。』^[11]故結合產業資源之需求來養成人才實務致用的技能，實為優化技職教育之本。

伍、結論與建議

- 1) 本實作成品係一種「不銹鋼金屬吊飾品」之設計，為一種可供諸多鑰匙集中吊掛的日常用品，該設計亦可應用於項鍊、吊牌等飾品。
- 2) 在本實作研製過程，透過影像處理技術及 CAD/CAM 處理技術，可快速開發粉末冶金模具所需的銅電極圖像，提供了一種電腦輔助創意設計與電腦輔助精密製造結合之模式，來建立電腦輔助工程於粉末冶金模具與粉末冶金製品之應用。
- 3) 在精密機械人才養成中，可藉由創意飾品之設計與製作以提供一種學習誘因，來達成人才在製品設計、模具技術、成型生產技術等三個能力的培育。
- 4) 台灣技職教育的特色，在於透過「作中學」的觀念培育優質之專業技術人力，並以結合產業資源養成人才實務致用的技能。技職教育必須不斷反省自身所處之環境與定位，於教育的內容與方法上與時俱進，提供產業所需之專業技術人才。

誌謝

本計畫承蒙中州科技大學之經費補助，使本計畫(CCUT-100-ME01)得以順利完成，在此敬誌謝忱。

參考文獻

1. Qu Ying-dong, et. al. (2006). "On-line measurement of deposit dimension in spray forming using image processing technology." *Journal of Materials Processing Technology* (172), pp195-201
2. Hsing-Chia Kuo, et. al. (2002). "An image tracking system for welded seams using fuzzy logic." *Journal of Materials Processing Technology* (120), pp169-185
3. Pi-Cheng Tung, et. al. (2004) "An image-guided mobile robotic welding system for SMAW repair processes." *International Journal of Machine Tool & Manufacture* (44), pp1223-1233
4. H.I.Shafeek, et. al. (2004) "Automatic inspection of gas pipeline welding defects using an expert vision system." *NDT&E International* (37), pp301-307
5. Li Laiping, et. al. (2005) "The modeling of welding pool surface reflectance of aluminum alloy pulse GTAW." *Materials Science and Engineering A* (394), pp320-326
6. Marr, D., et. al.(1980) "Theorem of edge detection", *Proc. Roy.Soc. London Ser,B* 207, pp187-217.
7. Van Vliet, et. al.(1989) "A nonlinear laplace operate as edge detection in noisy images", *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 45, pp167-195.
8. David A., et. al.(2003) "Computer Vision A Modern Approach", Upper Saddle River, New Jersey.
9. A. Huertas, et. al.(1986, September 5) "Detection of Intensity Changes Using Laplacian-Gaussian Masks," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-8, pp651-664.
10. Rafael C., et. al.(1993) "Digital Image Processing", Addison-Wesley publishing company, New York, 1993.
11. 教育部技職司(2009年, 7月)「技職教育再造方案構想」, 高教技職簡訊, Vol. 31.

