

教學卓越計畫 教學行動研究結案報告書

課程名稱：快速原型與快速模具

補助類別：精簡型教學行動研究 進階型教學行動研究

學院：工程學院

系所：動力機械系

教師姓名：江卓培 副教授

成果繳交：

1. 研究成果書面報告
2. 成果投影片
3. 參與全校教學行動研究成果報告與研習活動
4. 同意將成果展示於學校網頁

研討會投稿或期刊投稿(需提供相關證明文件)

中 華 民 國 100 年 08 月 日

目錄

一. 前言

二. 研究目的

三. 文獻探討

四. 材料與方法

五. 結果與討論

六. 教學過程照片

七. 結論

中文摘要

快速原型(Rapid Prototyping, 簡稱 RP)技術是一種涉電腦輔助設計、產品造型、快速小批量生產、提供功能性測試等之技術，可以快速獲取產品設計的意見反饋，並對產品設計的可行性作出評估、論證。在市場競爭日趨激烈的今天，時間就是效益。為了提高產品市場競爭力，從產品開發到批量投產的整個過程都迫切要求降低成本和提高速度。而快速原型技術的出現，為這一問題的解決提供了有效途徑，倍受國內外所重視。因此，本學期開設快速原型與快速模具課程，提供學生關於快速製作的相關知識與技能，期能經由理論與實作的兼具的課程規劃下，使學生能瞭解 RP 技術的優點與極限。

人工牙釘具有獨特性、幾何複雜性以及少量生產的需求，因此、目前克制化極為困難。植牙植體的材料可以分為金屬與陶瓷材料兩種，金屬材料多為鈦合金、陶瓷材料則多為氧化鋁。鈦合金的加工以 CNC 加工機車削為主，氧化鋁則需先製成氧化鋁圓錠、再以 CAM 的方式進行加工；不論是金屬或陶瓷材料、都是以移除材料的加工方法為主，目前尚無增加材料的製作方式。本研究在於探討利用 RP 的方法達成製作陶瓷人工牙釘可行性之探討。

關鍵字：快速原型、人工牙釘、Eden350V、FDM

一、前言

牙齒分為乳牙與恆牙兩種。從出生六個月始至兩週歲，分別在嬰兒上下頷骨長出的二十顆小牙就是乳牙。自六歲至十二歲不等的時間，然後才把這個重任經過生理的脫換轉交給其後長出的恆牙來接棒。而牙齒的功能在以咀嚼食物，幫助消化、促進頷骨的生長發育、幫助口腔的發音、維持容貌的美觀為主要功能。

口腔是消化道的第一關，牙齒是擔任咬斷，撕裂與磨碎食物，幫助消化的角色，若沒有健全的乳牙，食物未經咀嚼即嚥下，則將增加腸胃的負擔，會引起消化不良或滋生消化道的疾病，然而當恆牙也掉落時，就不會再長出新的牙齒了，這時就必須尋找能代替其牙齒功能的東西來當剛這個角色。

而早期的替代方案大多以固定式的牙冠、牙橋或是活動假牙為主。傳統活動假牙是以金屬勾掛在旁邊的牙齒，吃過東西後或睡覺時，要取下來沖洗再浸在水中，比較不方便，戴入或取出時可能容易變形，又咀嚼東西時比原來的牙齒力氣小，有時容易遺失；而固定牙橋則須修磨缺牙區兩側的鄰接牙齒，犧牲兩顆鄰牙部分的齒質，再三顆一起套起來，也就是一般人所說的：缺一顆牙要補三顆。如果你(妳)的牙齒全都掉光了，那只能做全口假牙，因全口假牙沒有任何牙齒可依靠，只靠假牙與牙肉間的吸附力，所以在吃東西時容易鬆脫，又咀嚼的無力感常使患者對牛排館望之卻步，而上顎大部份的牙肉的味覺組織因被龐大的假牙所覆蓋，更是食而無味；有時在打噴嚏時甚至會飛出口外，尤其經常鬆脫掉出更是困擾著全口無牙患者，而影響其生活品質。

為了克服或改善上述種種傳統假牙的問題，隨著醫療科技的進步，『植牙』的技術也慢慢的廣泛討論和引進，植牙就是把鈦金屬做的人工牙根(植體 dental implant)植入口腔齒槽骨中，當作類似牙齒的原有之牙根，等三至六個月植體與骨頭緊密結合後，才在鈦金屬牙根上製作假牙，以恢復其美觀及咀嚼功能。如果顎骨太薄或太少，可以藉植入骨粉做骨誘導再生術或是做鼻竇提昇術，但必須等較久的時間，待植體與骨頭緊密結合後，才可以製作假牙。這項技術的發明，使得許多為缺牙或者美觀問題所困擾的人因此而受惠。

二、研究目的

臨床最常使用的牙釘大都為美國與韓國製作，台灣雖已有廠商投入生產加工，但因為不具有研發與製程開發的經驗，故仍屬於委託加工製作的階段。本研究的目的即在給予修課學生一個腦力激盪、創新實作與傳統製作方法之優缺點比較的機會，促使學生不但可以瞭解快速原型技術的原理外，亦能跨至生醫機械領域，利用夢工場之 RP 系統製作五種不同特徵的牙釘結構後，仍使用其它的量測方法獲得製作出之牙釘原型的螺紋完整性、強度、尺寸精密度以及加工時間的比較。而植牙植體的材料可以分為金屬與陶瓷材料兩種，金屬材料多為鈦合金、陶瓷材料則多為氧化鋁。鈦合金的加工以 CNC 加工機車削為主，氧化鋁則需先製成氧化鋁圓錠、再以 CAM 的方式進行加工；不論是金屬或陶瓷材料、都是以移除材料的加工方法為主，目前尚無增加材料的製作方式。本研究在於探討利用快速原型(Rapid Prototyping 簡稱 RP)之方法達成製作植牙用植體之目的。

三、文獻探討

用在醫療器材方面之自由形態製造技術有三種：

(1)電子束自由形態製造

電子束自由形態製造 (EBM) 屬於加法製造 (additive manufacturing)，可在髌臼杯表面作出模擬骨小樑之結構形態，用以促進骨整合(osseointegration)效果，但需在真空狀態下進行加工。Alder Ortho 小組利用 EBM 技術，以 Ti6Al4V 為材料製造出間隔為 700 μm 之三維層狀多孔結構，不同於以往之珠子燒結孔洞。解剖型骨板也可利用 EBM 技術生產。但 EBM 熱效率未必比雷射高，材料也不一定普遍及可用，故產業應用仍待觀察。

(2)三維印刷技術

3D 印刷技術(Three-dimensional printing)為一種自由形式製造，可直接從電腦模型產出零件，其過程為反覆進行粉末鋪層，再經由結合材料透過噴墨印刷選擇性黏合，如此可得具有多孔內面之陰模，應用於鑄造 Co-Cr 人工關節表面作為骨長入所需之次毫米表面紋理結構，之後須再進行二次燒結。

(3)直接金屬雷射燒結

金屬粉末燒結成型技術可以自動迅速地從三維 CAD 模型直接製得形狀複雜的金屬零件或模型。首先由 CAD 產生零件模型，經分層處理獲得各截面形狀的資訊參數，作為雷射光束進行二維掃描的軌跡，再透過選擇性地對材料粉末層進行掃描，一層燒結完成後，再鋪粉進行下一層掃描燒結，最終形成三維零件。

應用 RP 技術於醫療器材方面的優點：

- (1)實現了植入物與自體骨的形狀匹配，使每一植入體的製造都是針對具體的患者而進行的，從而大大提高了植入體的匹配性能。
- (2)能以很小的製造成本，很短的製造週期製作出任意複雜形狀的人工植入物原型，為術前的植入模擬提供了便利條件，從而可提高手術的效率和準確性。

四、材料與方法

實驗流程：快速原型與快速模具研究的流程圖所示，首先需利用繪圖軟體 Solid Works 來建模植體 implant，繪製完成的 implant 將其儲存成為 .STL 檔，接著進行 RP 製作，本次所用的 RP 製作機器為夢工廠之 Eden350V 快速原型加工機，當植體 implant 完成後，我們進行拆模，將 RP 件上的樹脂拆掉後就是我們所要的 RP 件，再來進行光學顯微鏡(OM)的拍攝及掃瞄式電子顯微鏡(SEM)的紀錄分析。

本研究選擇五個已商業化之不同特徵的牙釘植體如圖 1 所示，由左至右為別為 ITI、Zimmer、MKIV、Nano-tite 以及 Mini-implant。ITI 為標準植體，形狀簡單、易於使用 CNC 加工，Zimmer 的上端有一錐角(wide taper)的設計、且下方有一切口，CNC 加工較為複雜。MKIV 不但有 Zimmer 的特徵外，另外加一六角螺帽(external hexagonal screw)的外型，需兩段式加工、先以 CNC 為成基本外型，再以銑削的方式完成六角螺帽。Nano-tite 有小圓凹點(small tough)、亦需二次加工。最後是 Mini-implant，螺紋小且有 narrow neck 的設計，車削時加工不易。基於以上的加工困難度，是目前國內廠商僅能代工 ITI 與 Zimmer 牙釘的主因，故提出以快速原型技術試製作此五種牙釘的可行性分析，並探討以夢工廠之 RP 機台(Eden 350V)在製作此五種牙釘的加工極限，此極限的分析將以製作完成的原型進行螺紋完整性、強度、尺寸精密度以及加工時間的比較。

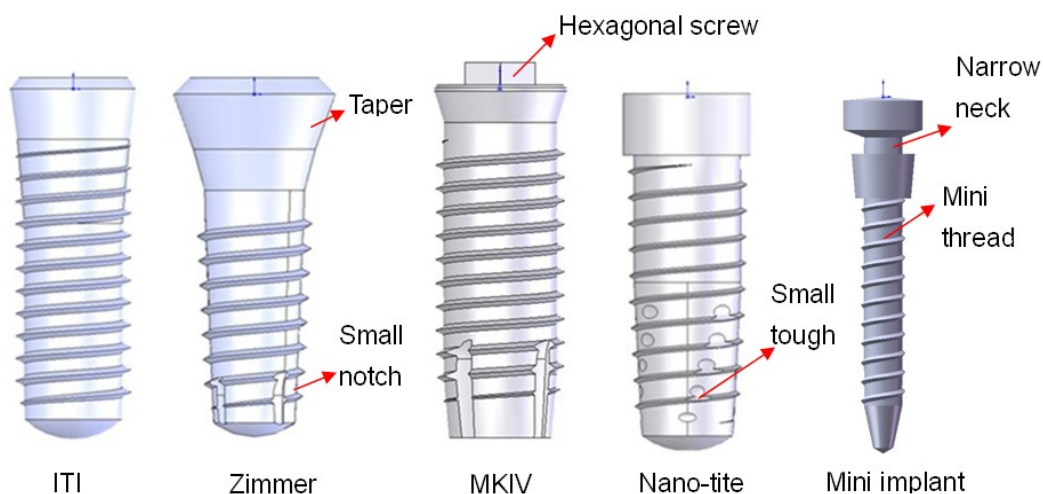
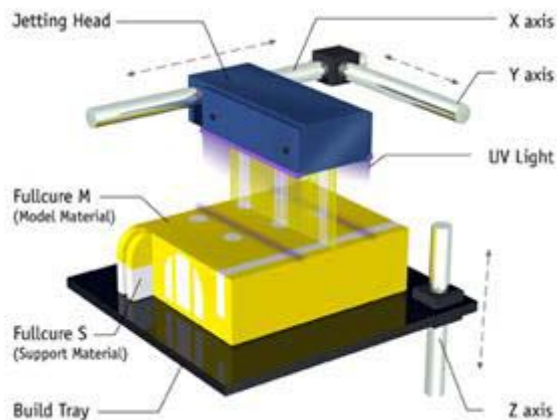


圖 1. 五種不同特徵的牙釘植體圖

2. Eden350V

Eden350V 是以 Objet 的 PolyJet 感光聚合材料噴射技術為基礎，如圖 2 所示為其加工原理圖與夢工廠機台寫真圖。採用 PolyJet 技術，層厚度只有 $16\mu\text{m}$ ($0.0006''$)，特徵表現精細，而且依據幾何形狀不同，超薄壁可降低至 0.6mm ($0.024''$)。PolyJet 的噴頭沿 X 軸方向來回運動，同時噴射出一層非常薄的樹脂在工作成型託盤上，之後，UV 紫外固化燈沿著噴頭工作的平臺發射出 UV 紫外光，立即成型和固化每層的光敏樹脂材料，這個步驟避免了使用其他成型技術時，需要後期另外再加工處理固化材料的過程。完成一層的噴印與固化後，設備內置的成型託盤即下降一個層厚的高度，噴頭繼續噴出光敏樹脂進行下一層的列印和固化。這樣一層接一層，如此反復，知道整個模型列印製作完成。



(a) Eden 加工原理圖



(b) Eden 350V 寫真圖

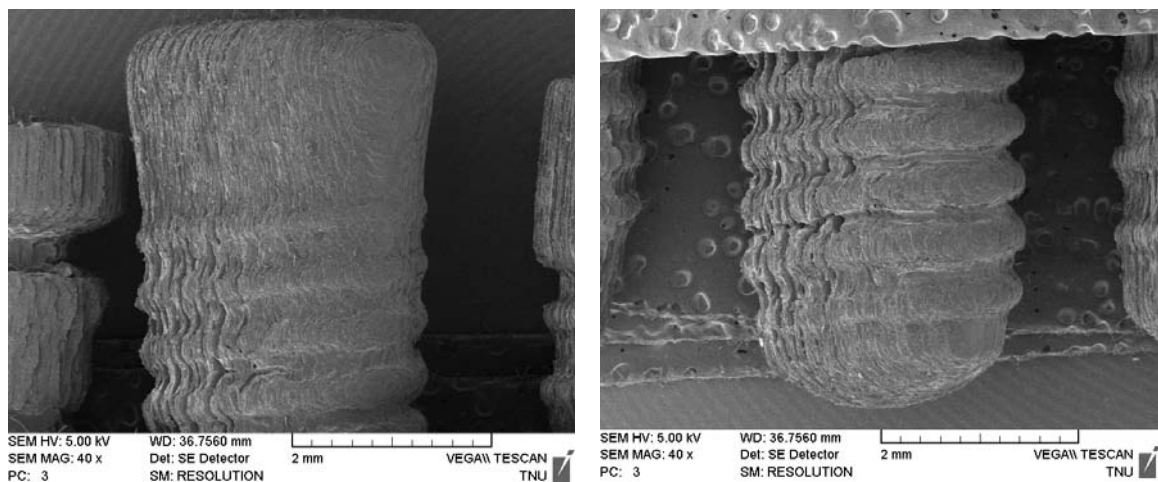
圖 2. 夢工廠之 Eden 350V 快速原型加工機之加工原理與寫真圖

五、結果與討論

本研究利用Eden 350V製作五種牙釘模型如圖3(a)所示為未拆除支撐材的原型圖，將支撐材拆除後可得完成之五種原型如圖3(b)所示，由左至右分別為Zimmer、ITI、MKIV、nano tite以及mini implant。由以上的完成圖可以發現、巨觀的整體結構可以加工出來，但對於微觀的細部特徵如螺紋的切角(cutting edge)、small notch、small tough、narrow neck以及mini thread的完整性則可以掃瞄式電子顯微鏡(SEM)的拍攝來觀察。



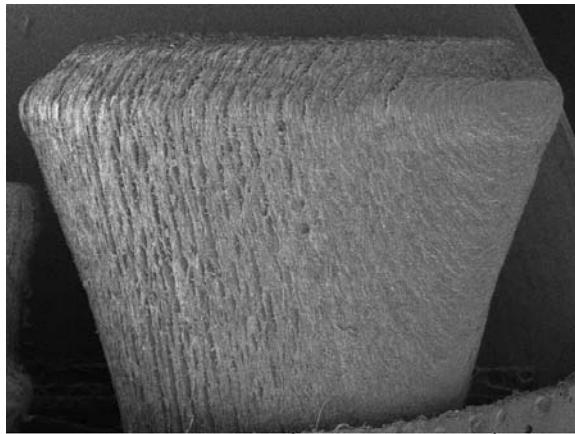
2. 掃瞄式電子顯微鏡(SEM)



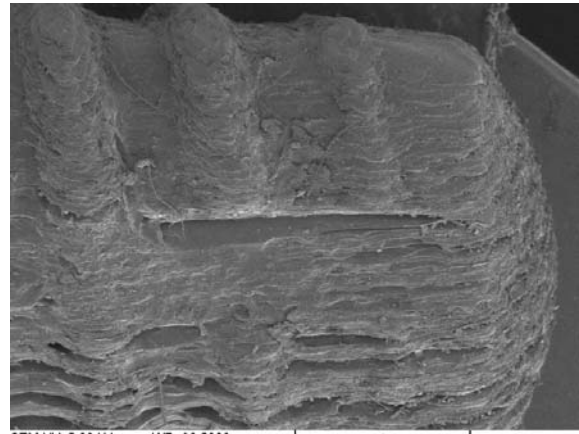
(a) 上螺紋

(b) 下螺紋

圖 4. ITI 人工牙釘之 SEM 結構圖

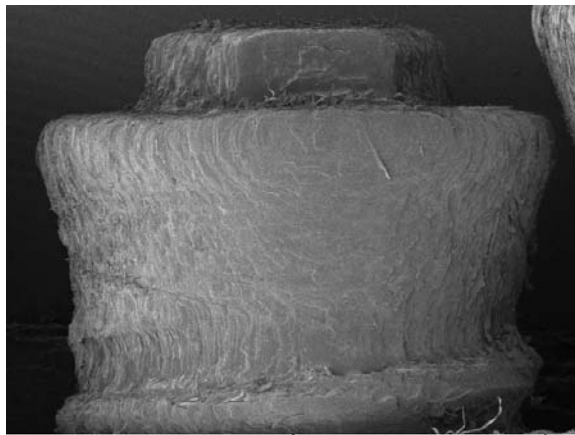


(a) 上頸部

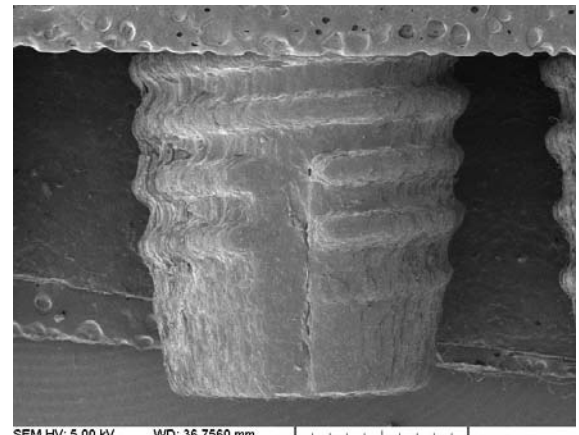


(b) Small notch

圖 5. Zimmer 人工牙釘之 SEM 結構圖



(a) 上螺紋

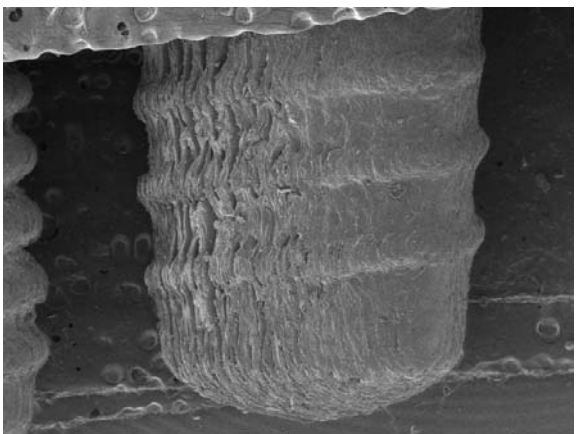


(b) Small tough

圖 6. MKIV 人工牙釘之 SEM 結構圖



(a) 上螺紋



(b) 下螺紋

圖 7. Nano tite 人工牙釘之 SEM 結構圖

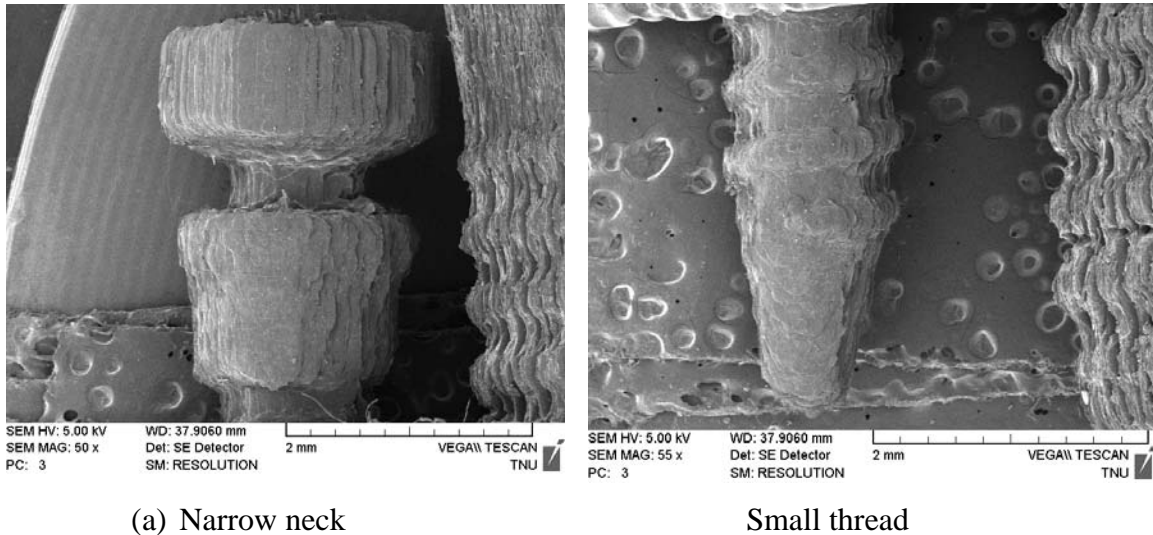


圖8. mini implant 人工牙釘之 SEM 結構圖

六、教學過程照片

6-1 快速原型與快速模具加工原理簡介

Eden 350V 是利用噴墨列印技術將光硬化樹脂此點陣的方式將其噴印在成形台上，並在噴印的過程中立即施予UV光的照射使光硬化樹脂固化而成形，因此、加工速度快且精度高，如下圖9所示為建構犧牲層後、開始噴印所設計之幾何外型，隨即施予UV光照射之加工過程圖。學生在課程中對於可加工的極限並不瞭解，因此、所設計之幾何外型大都為2.5D，此種幾何設計對於Eden 350V的加工製作是簡單且快速，故整體的加工時間未滿一個小時。對於此機台的加工極限無法充分的表現出來。

如圖10所示為2.5D簡易幾何設計之原型加工完成寫真圖。加工完成之原型是包覆蓋著支撐材，支撐材必須以人工的方式進行拆除；因此，學生對於細微的結構之用心且小心的拆除以防止細微的特徵在拆除過程中被破壞。無法拆除的情況發生時，可以將其浸入清水中軟化後，再進行拆除。如圖11所示為學生們正認真的拆除自己所設計並加工完成之原型的支撐材寫真圖。

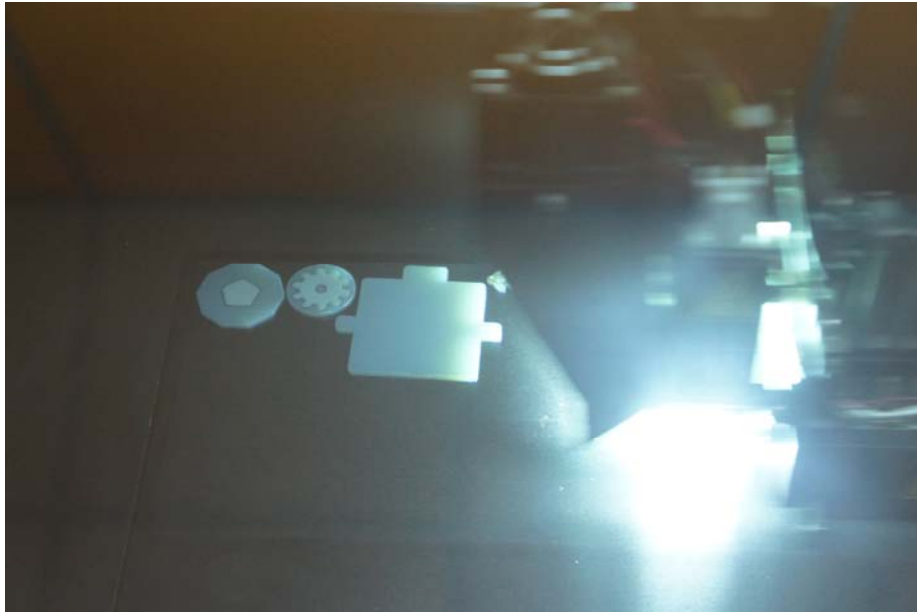


圖 9. Eden 350V 加工簡易模型過程圖

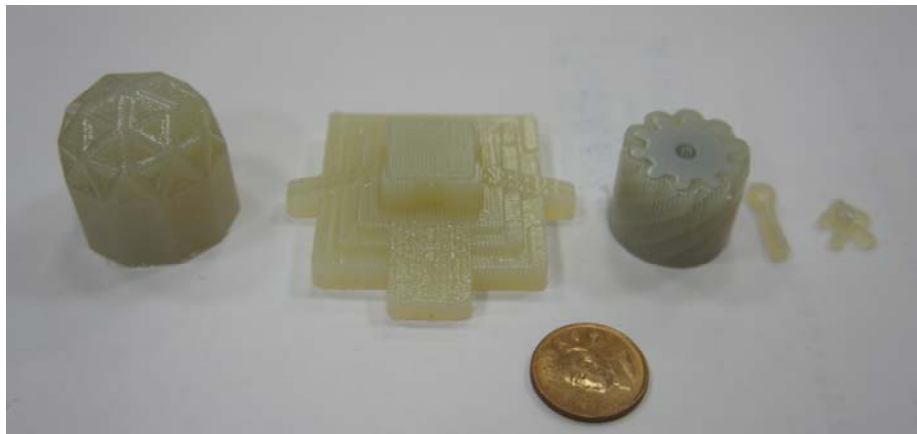


圖 10. 加工完成之原型寫真圖(包含支撐材)



圖 11. 學生拆除原型支撐材之寫真圖

6-2 學生自行設計簡易模型加工

學生在第一次的2.5D加工加工經驗中發現可以設計更為複雜、且為一般3軸CNC無法加工之原型，故設計出多網絡結構內含文字之原型，並利用Eden 350V進行加工之。此樣的設計是完全可以展現出快速原型加工的優點。

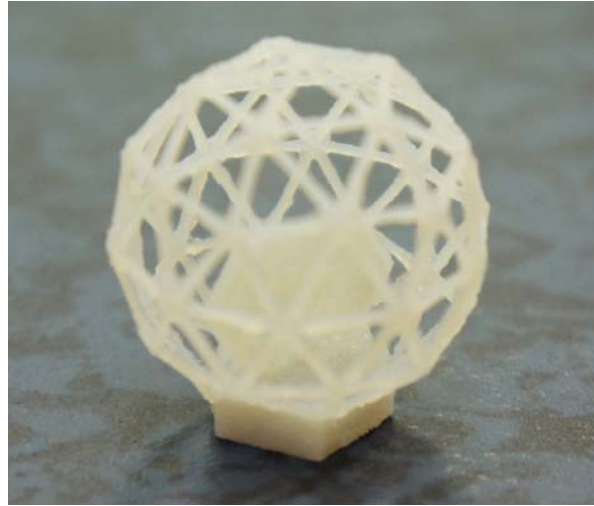


圖12. 多網絡結構內含文字之原型完成圖

6-3 人工牙釘實務的研究與討論



圖13. 藉由本課程，讓每位學生更熟悉RP的製程

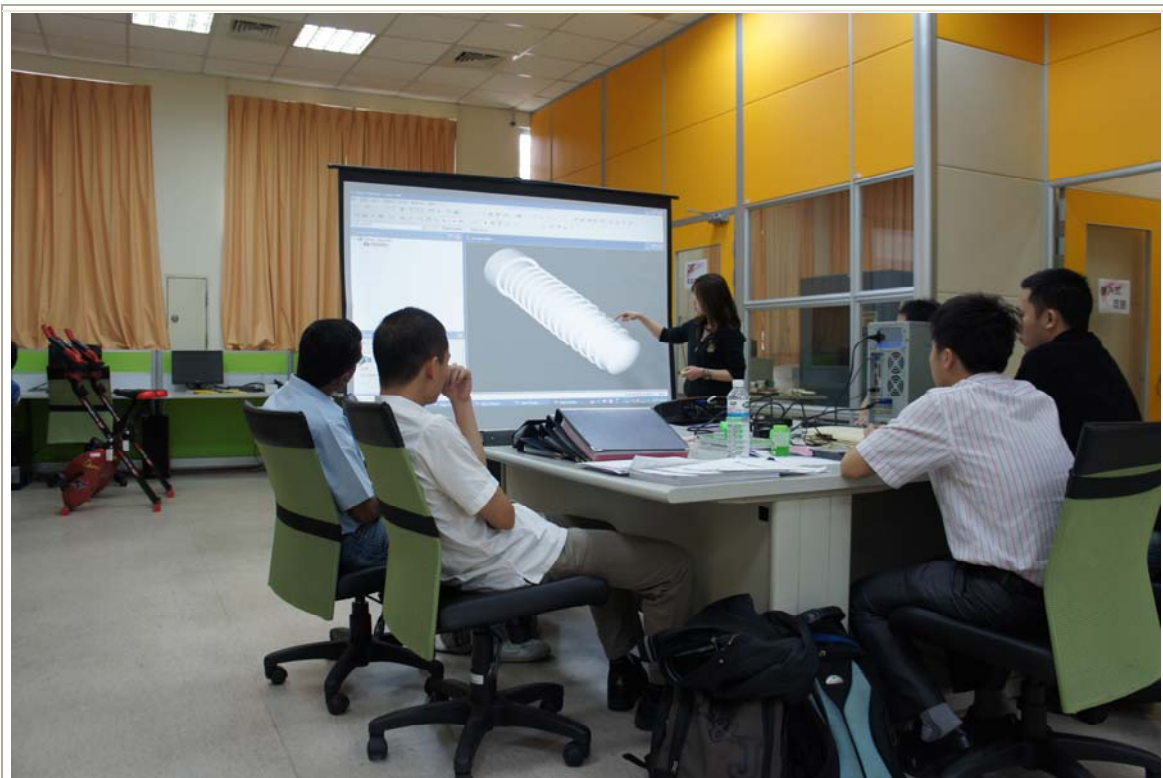


圖14. 將繪製好的牙釘匯入，並呈現各個的特徵



圖15. 進行support拆模

七、結論

快速原型與快速模具課程中，我們使用了 Eden 350V 製作五種牙釘模型，其五種牙釘都有成品的呈現，將 RP 件上的樹脂拆模後就是我們所要的牙釘，藉由進行電子顯微鏡(SEM)的拍攝，從中進行五種牙釘螺紋的比較，其拍攝出來的螺紋完整性可說稍嫌不佳，要進行翻模製作人工牙釘的可行性極低。