

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高職組 機械科

090905

一刀兩用

學校名稱：國立曾文高級農工職業學校

作者： 職三 戴重安 職三 陳建霖	指導老師： 蔡森南
---------------------------------	------------------

關鍵詞：捨棄式車刀、電腦數值控制機械、
電腦輔助立體繪圖

一刀兩用 摘要

本研究以捨棄式車刀架為架構，在節省研磨刀角時間與刀具準備數量的考量下，將兩種不同車削功能之車刀建構在一把刀架上，一端具有車削外徑功能，另一端具有切槽之功能，其成品經由 CNC 綜合加工機大量製造後可供學校實習使用，可節省各式車刀架之購置成本，並藉由自行設計及製造來提升加工技術層次。

文中係以車床加工實習及機械加工丙級技能檢定題目中最高使用頻率最高的 2 把車刀(外徑車刀以及切槽車刀)為主要對象來設計製造車刀架原型，在製作過程中使用 3D 電腦繪圖技術及 CNC 電腦數值控制機械來輔助完成，並將模治具製作技術導入，最後再藉由 Solidworks 電腦繪圖軟體進行車刀架應力及變形分析，以了解車刀架於車削過程中之應力分佈、變位情形及其安全係數值等。

壹、研究動機

在使用車床進行材料加工時，皆需要先準備各類功能之車刀，在使用傳統式刀片銲接型車刀時光是研磨各式車刀之刀角至可供材料加工狀態就要耗費好幾個小時的時間，而且在加工過程中若有耗損或鈍化又需費時修整，因此光這些刀角研磨的準備工作就要耗掉不少的寶貴時間。但如果是使用捨棄式車刀來進行材料加工時，因車刀片都是製式化的現成品，如有破損或過度鈍化可直接更換刀片新品繼續加工，因此可以有效地節省下大量的研磨車刀刀角時間，相對的也可以有更充裕的時間來進行工作件的製作加工。

經市場調查市售之捨棄式車刀刀架，皆屬單把單一使用功能之刀架，如圖 1 所示車削外徑有專屬為切削外徑所設計之車削外徑用捨棄式車刀，如圖 2 所示切槽時有專屬為工件切槽時所設計之切槽用捨棄式車刀，如圖 3 所示車螺牙時有專屬為工件車螺牙時所設計之車牙用捨棄式車刀，如圖 4 所示車削內徑有專屬為切削外徑所設計之車削內徑用捨棄式車刀。



圖 1 車外徑用捨棄式車刀



圖 2 切槽用捨棄式車刀



圖 3 車牙用捨棄式車刀



圖 4 車內徑用捨棄式車刀

若每一位同學都要備齊各類加工功能之捨棄式車刀刀架，對免費提供車刀刀架之學校來說恐怕是一筆為數不小之建置成本支出，因此在經費有限的情況下在為求節省開支及提昇學生自製車刀架能力之動機下，遂想自製發展出一刀兩用之實體車刀刀架，也就是說能用一把實體車刀架在兩端各自搭配不同之車削功能，如：外徑車刀配切槽車刀、內螺牙車刀配內徑車刀、倒角車刀配外螺牙車刀...等。

貳、研究目的

本研究係先以車床相關實習課程及機械加工或車床丙級技能檢定題目中最為常用的 2 把車刀為主要對象來進行一刀架兩功用之原型作品的設計及製造，亦即以外徑車刀搭配切槽車刀來進行初步一刀兩用之刀架設計及刀架原型之製作，此研究將盡可能地以增進經濟效益及提昇自製能力為首要目的，並將自製之車刀架大量提供日後學校車床實習使用。

研究探討方向如下：

- 一、將各種車床加工過程中所使用到的車刀種類列出，了解市售捨棄式車刀之成品種類，研究傳統式刀片銲接型車刀與相同功能之捨棄式車刀在外型結構上之差異性。
- 二、分析同一類車削功能之捨棄車刀架之外型設計上之差異性及刀片安裝固定的方式，並進一步探討每一類車刀架自行加工製作之難易程度與可行性。
- 三、統整外徑車刀、切槽刀、牙刀、倒角刀及內徑車刀 5 把捨棄式車刀架可自行製作之捨棄式車刀架樣式。
- 四、研究一刀兩用之所有可能組合，因為要將 5 把常用之車刀進行兩兩配對組合，故會有 10 種可能之組合方式，如：外徑車刀配切槽車刀、內螺牙車刀配內徑車刀、倒角車刀配外螺牙車刀、內徑車刀配倒角車刀、外徑車刀配倒角車刀、內徑車刀配外螺牙車刀、內螺牙車刀配外螺牙車刀、倒角車刀配內螺牙車刀、...等。
- 五、研究同一把車刀架可安裝固定數種不同車刀片之可行性分析，如：外徑車刀片、倒角車刀片及外螺牙車刀片可使用於同一把捨棄式車刀架，內徑車刀片、內螺牙車刀片可使用於同一把捨棄式車刀架，即一刀多用。
- 六、透過車床實際車削過程中消耗功率的量測間接計算出切削力值，利用電腦軟體進行車刀架受負載後之應力及變位之模擬分析，進而了解車刀架之安全係數值。

參、研究設備及器材

一、研究設備

- (一) CNC 綜合加工機 (如圖 5)
- (二) 個人電腦及電腦輔助機械製造軟體 (如圖 6)
- (三) 高速車床 (如圖 7)
- (四) 高速鑽床 (如圖 8)
- (五) 可調角度式 V 型塊 (如圖 9)
- (六) 附錶式游標卡尺 (如圖 10)
- (七) 數位電流鉤錶三用電錶 (如圖 11)



圖 5 CNC 綜合加工機



圖 6 個人電腦及電腦輔助機械製造軟體



圖 7 高速車床



圖 8 高速鑽床



圖 9 可調角度式 V 型塊



圖 10 附錶式游標卡尺



圖 11 數位電流鉤錶三用電錶

二、材料

- (一) 製作一刀兩用車刀之低碳鋼方形斷面鐵材 (如圖 12)。
- (二) 製作一刀兩用車刀之方形斷面鋁材 (如圖 13)。
- (三) 製作切槽車刀用之模治具鐵材 (如圖 14)。
- (四) 製作外徑車刀用之模治具鐵材 (如圖 15)。



圖 12 低碳鋼方形斷面鐵材

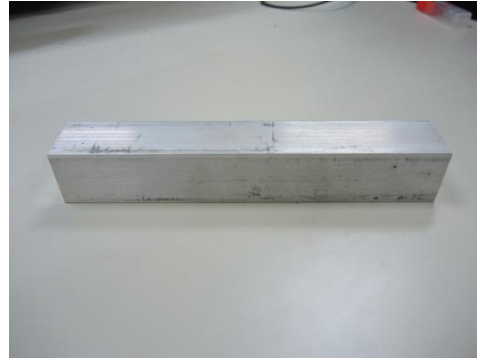


圖 13 方形斷面鋁材



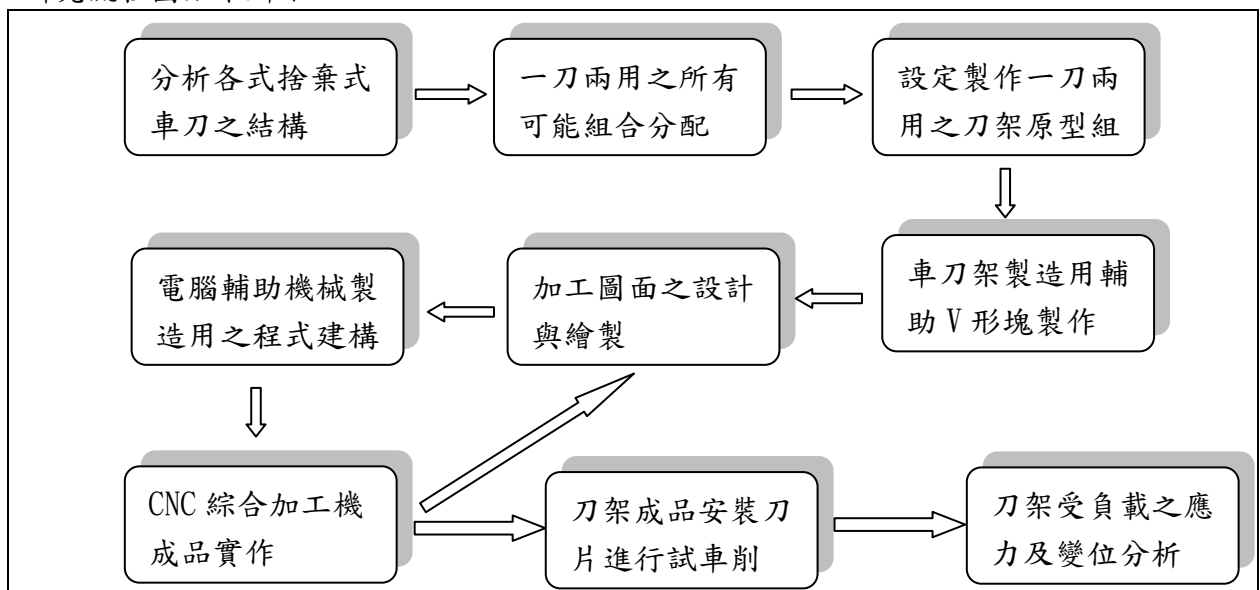
圖 14 切槽車刀用模治具鐵材



圖 15 外徑車刀用模治具鐵材

肆、研究過程或方法

研究流程圖如下所示：



一、分析統整各式捨棄式車刀之結構：

儘可能的從市場上或網路上收集各式車削功能之捨棄式車刀（如圖 1~4），進行細部結構之拆解並分析各零件之主要功能，從各式樣的捨棄式車刀架中尋求可自行以 CNC 綜合加工機設計製作完成之車刀架型式。

二、一刀兩用之所有可能組合分配

選定可自行設計製作完成之車刀架型式後針對各式車刀架研究一刀兩用之所有可能組合，因為要將外徑車刀、切槽刀、牙刀、倒角刀及內徑車刀這 5 把常用之車刀進行兩兩配對組合在刀架兩端進行製作，因此會有 10 種可能之組合方式，如：外徑車刀配切槽車刀、內螺牙車刀配內徑車刀、倒角車刀配外螺牙車刀、內徑車刀配倒角車刀、外徑車刀配倒角車刀、內徑車刀配外螺牙車刀、內螺牙車刀配外螺牙車刀、倒角車刀配內螺牙車刀、...等。

三、設定製作一刀兩用之刀架原型組

本研究為求實用性與急迫性先以車床加工實習及機械加工丙級技能檢定題目中
使用頻率最高的 2 把車刀為主要對象來自行設計製造一刀架兩功用之車刀架原型，
即以外徑車刀搭配切槽車刀之功能來進行一刀兩用之刀架初步設計及其原型製作。
其電腦繪製之 3D 組合圖，如圖 16 所示。外徑車刀與切槽車刀成 I 型配置。

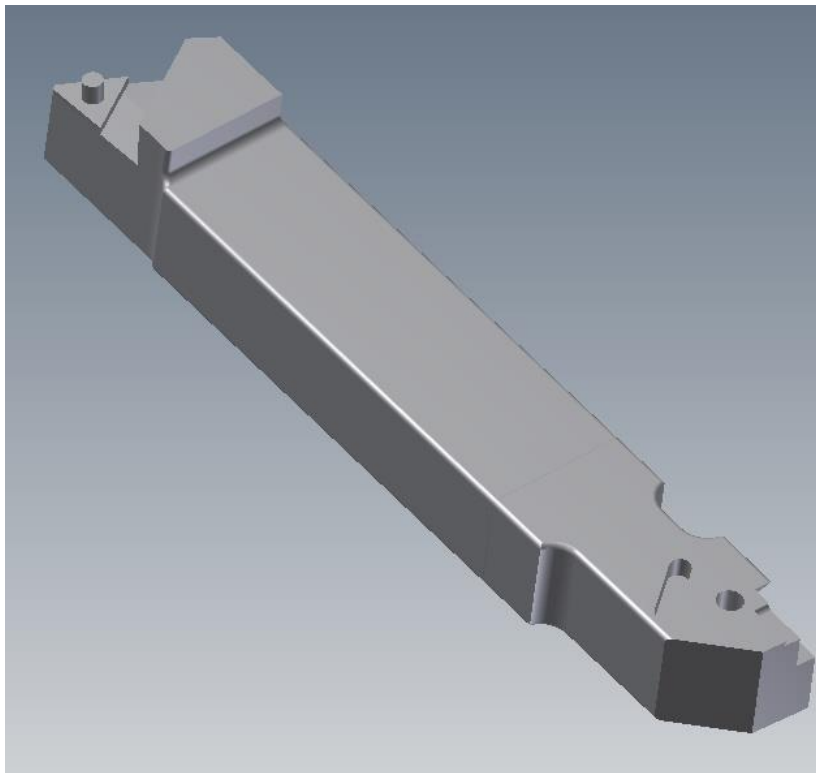


圖 16 車刀架原型電腦繪製之 3D 組合圖

四、車刀架製造專用輔助模具製作

切槽刀之車刀架加工面上在邊隙角方位上有一處單斜面，而外徑車刀架加工面上為了能順利排除切屑及使安裝後的刀片在 6 個刀角都能交換使用故需以複斜面形態存在。但學校所使用之 CNC 綜合加工機為三軸加工機，雖可用電腦輔助製造軟體以球刀來銑削單複面或複斜面，但因在這些面上都存在有與斜面相垂直之孔或圓柱突出物所以無法直接以學校之 CNC 加工完成所需之車刀架，幾經反覆思索探尋後理出了以模治具來輔助完成加工車刀架各部位刀角的構想，因此利用可調角度式 V 型塊來輔助設計製造出切槽車刀架專用之輔助模具，其斜度為 1：10(約 5.7 度)，如圖 17 所示。最後再利用前述之模具搭配 MasterCam 以球刀來銑削出外徑車刀架專用之輔助模具，其一方斜度 1：10 另一方斜度 1：17(約 3.4 度)，如圖 18 所示。



圖 17 切槽車刀架專用之輔助模具

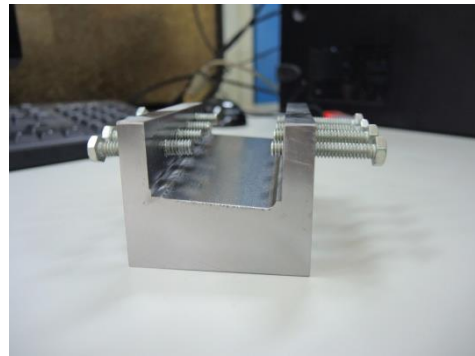


圖 18 外徑車刀架專用之 CNC 輔助模具

五、加工圖面之設計與繪製

為使能建構完整之車刀架設計加工圖面，能更清楚的了解到整個車刀架之外型與結構，因此以電腦繪圖軟體進行 3D 立體電腦繪圖，切槽用車刀架之電腦繪圖原型如圖 19 所示；車削外徑用車刀架之電腦繪圖原型如圖 20 所示。

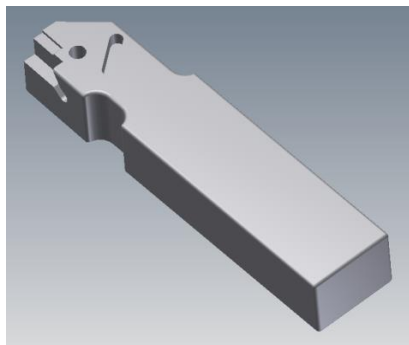


圖 19 切槽車刀架之電腦繪圖原型

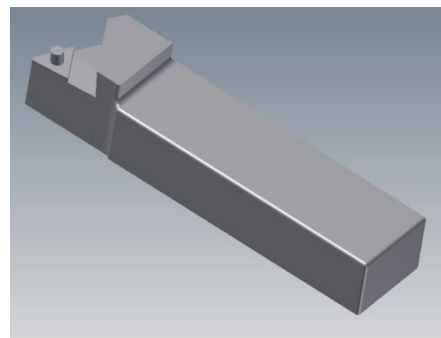


圖 20 外徑車刀架之電腦繪圖原型

六、電腦輔助機械製造用之程式建構

利用腦輔助機械製造 MasterCam X4 軟體建構出切槽用車刀架專用模具、外徑車刀架專用模具、切槽車刀架及外徑車刀架之所需之加工圖面與各部位加工條件之

定義，並經由電腦進行實體模擬加工來判斷是否可行，過程中藉由不斷的修正與試誤最終完成 NC 所需之程式內容。電腦模擬實體加工完成圖面如圖 21~24 所示。

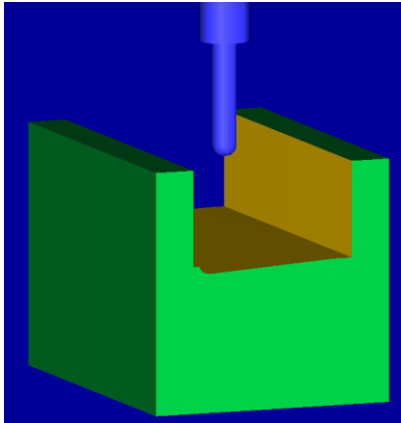


圖 21 外徑車刀架專用模具

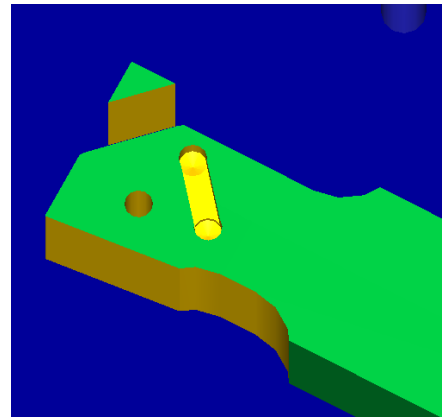


圖 22 切槽用車刀架第一面

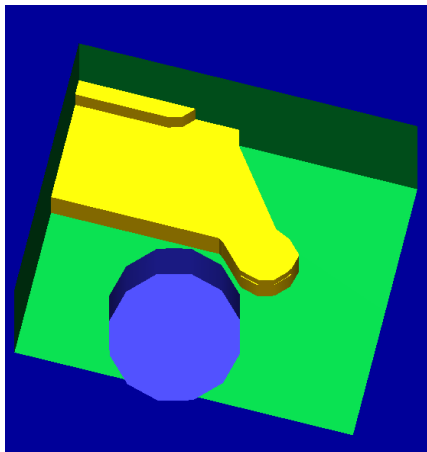


圖 23 切槽用車刀架第二面

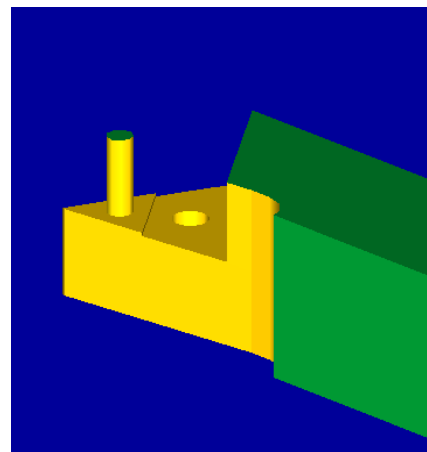


圖 24 車外徑用車刀架

七、CNC 綜合加工機成品實作

經由 MasterCam X4 軟體建構出之結果轉成 NC 機台所需之程式，再傳輸至 CNC 綜合加工機進行成品製作，並經手工攻螺絲，為使車刀片能正確無誤的安裝到車刀架上正確之位置，且使兩車刀片之刀尖同高，所以成品需經過再三的尺寸微調才能達到最終可使用之展品，如圖 25 所示為切槽用車刀架成品照，如圖 26 所示為車外徑用車刀架成品照。圖 27(a)(b)為一刀兩用車刀之裸刀架與安裝上刀片後之整體照。



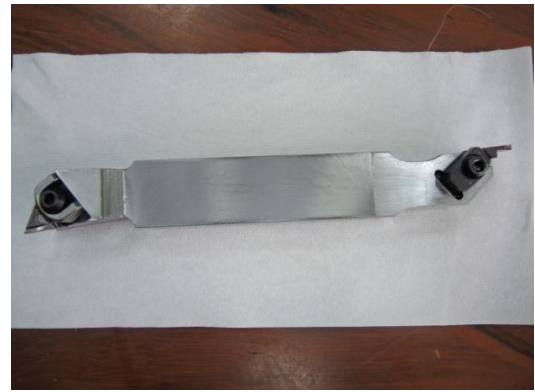
圖 25 切槽車刀架成品照



圖 26 外徑車刀架成品照



(a) 裸刀架

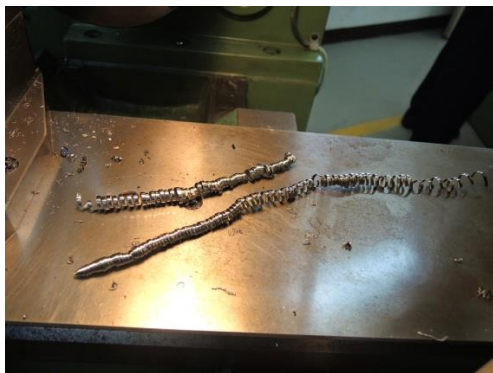


(b) 安裝車刀片後之車刀架

圖 27 一刀兩用之車刀架整體照

八、刀架成品安裝刀片進行試車削

為了解自行製造出來之捨棄式車刀架是否與市售之車刀架具有相同之切削功能，在本研究中必需進行工作件之試車削步驟，藉此步驟來確認車刀各部位之刀角設計是否得當，並可進一步了解車刀架之強度是否足以支撐刀片在車削過程所需之徑向、軸向及切線方向之切削分力。圖 28(a)(b)為切槽刀切削後之切屑形態及加工表面狀況，圖 28(c)(d)為外徑車刀切削後之切屑形態及加工表面狀況。經試車削後發現其切削性能佳，不論切屑形態或工件加工表面粗糙度皆有很好的展現。



(a) 切槽刀切屑形態



(b) 切槽刀加工表面狀況



(c) 外徑車刀切屑形態



(d) 外徑車刀加工表面狀況

圖 28 切屑及表面加工形態

伍、研究結果

本研究已建構完成捨棄式車刀一刀兩用之車刀架原型設計與製造，日後經由學校 CNC 綜合加工機將可大量製作供學生實習車削加工使用。將可大量節省購置市售捨棄式車刀架之成本，以本研究自行製造完成之成品成本約只有市售車刀架成本之 1/10 不到。在經濟效益上令人相當滿意，而在實際試車削過程中也與市售之車刀架相差無幾，因此本研究原先預期之結果已圓滿達成。

本研究另有一車刀架兩端刀頭 L 型配置之想法，與已完成製作之 I 型配置成品外型有些微差異，L 型配置之想法動機是可以不經由拆卸複式刀座上之車刀僅需轉動複式刀座即可完成 2 種車削功能之轉換目的，其外型配置之 3D 電腦繪圖如圖 29 所示。此車刀架外型在複式刀座上完成完裝後，在進行切槽及外徑車削時完全不用再拆卸下來掉頭重裝在複式刀座上只要轉動複式刀座即可進行車削，此種刀架配置方式可比原先 I 型設計更符合換刀時間效率，實體車刀架安裝於車床複式刀座上之照片如圖 30(a)(b)所示。

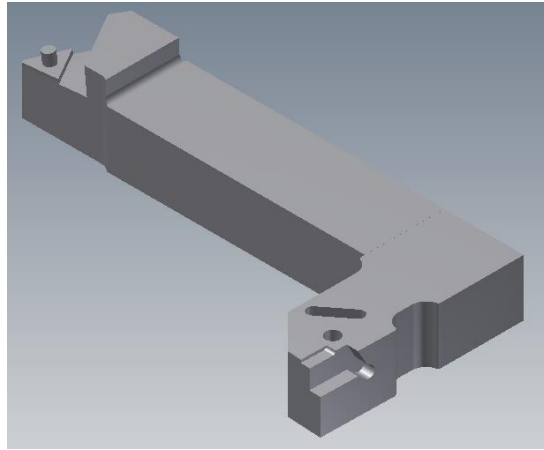


圖 29 另類一刀兩用刀頭配置之 3D 電腦繪圖原型



(a)使用外徑刀



(b)使用切槽刀

圖 30 車刀架安裝於車床複式刀座上之照片

陸、討論

一、本研究除了已針對捨棄式車刀架進行初步一刀兩用之構想設計與製作外，也進行了工作件試車削之測試，最後將進行外徑車刀架及切槽刀車刀架受負載後之應力、變位等模擬分析，藉此可進一步了解其相關數據，可作為改善車刀架強度與剛性之依據。

(一)切削力 (F) 為刀具在切削材料時使被加工材料產生變形所需之力，其為車削過程中切線力、徑向力及軸向力等三力之合力。一般而言切削力的大小可利用實驗結果所建立起來的經驗公式來計算求得，但在需求較為準確數據值的情形下就須進行實際量測來決定，目前被廣泛採用的切削力決定方式有以下兩種模式：

1.藉由測定機台消耗功率 (P) 來計算切削力值：

在量測出機台於切削過程中所消耗之功率後，藉由電能與機械能的轉換式進而求出切削力值，這種方式較簡單但僅能粗略的估算出切削力之大小值。

2.利用測力儀來量測出實際切削力值：

此種方式所量測出來之切削力數值較為精確，而測力儀的測量原理是利用切削力作用在測力儀上的彈性元件所產生的變形量，或其作用在壓電晶體上所產生的電荷經過轉換後，來讀出切線力、徑向力及軸向力三力之值，而目前較常被使用的是電阻應變片式測力儀。

在本研究中，礙於現有儀器設備之限制，故採用以量測機台消耗功率之方式來決定出切削力值，亦即使用可量測出車床運轉馬達電流安培 (A) 值之三用電錶，於切削過程中以勾錶量測出馬達之電流值，進而求出機台消耗功率，其使用之公式如下所示：

$$P = IV \cos \theta$$

I：車床電流值(A)，V：車床電壓值(V)， $\cos \theta$ ：功率因數。為求切削應力分析保守令 $\cos \theta$ 值為 1，車床電流值、電壓值亦皆取穩定時之極大值。

機台消耗功率即電能，單位為瓦特(W)，其與機械能之能量轉換公式如下所示：

$$P = IV \cos \theta = F V_c$$

F：切削力(N)， V_c ：切削速度(m/s)，D：工件直徑(mm)，N：車床轉速(rpm)

$$V_c = \frac{\pi D N}{60 \times 1000}$$

(二)車床車削時切削力之計算：

1.外徑車刀：

車床所夾持之工件為 $\phi 45 \times 150 \text{mm}$ ，轉速 $N = 1400 \text{rpm}$ ，進給量為 2.3mm/s ，表一為不同切削深度狀況下經由電錶所測得之車床馬達電流值、電壓值，並可經由

車床轉速及工件直徑計算切削速度值，最後經計算即可求得切削力值。

表一

單邊切削深度 (mm)	電流值(A)	電壓值(V)	切削速度(m/s)	切削力 (N, 牛頓)
0	6.8	230	3.3	0(未接觸)
1	7.1	230	3.3	495
2.5	10.3	230	3.3	718

2.切槽刀：

車床所夾持之工件為 $\phi 45 \times 150 \text{mm}$ ，轉速 $N=885 \text{rpm}$ ，表二為不同之進給量狀況下經由電錶所測得之車床馬達電流值、電壓值，並可經由車床轉速及工件直徑計算切削速度值，最後經計算即可求得切削力值。。

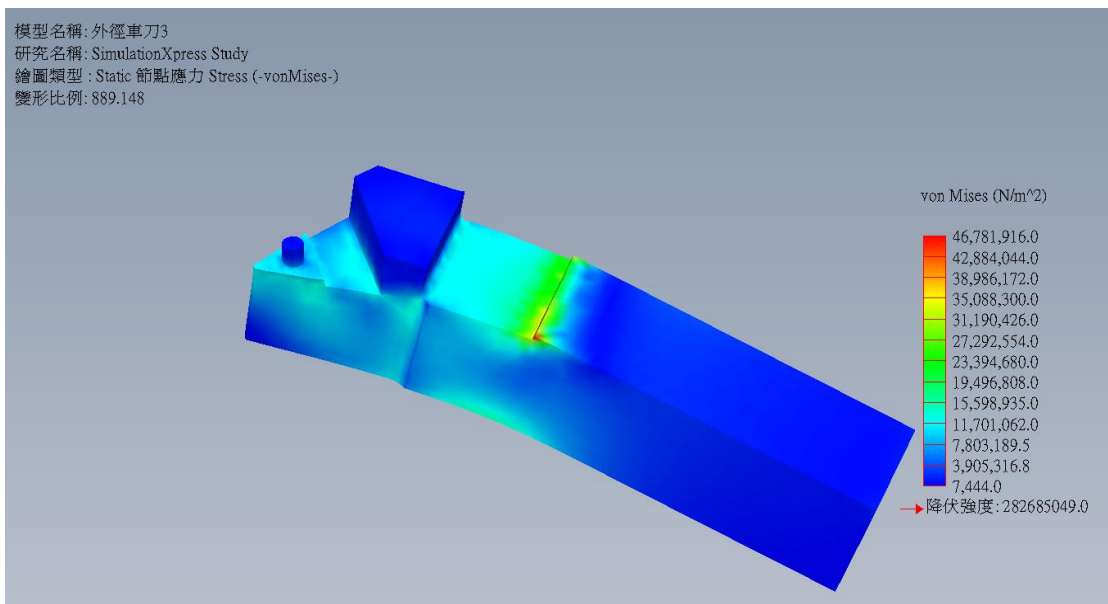
表二

進給量(mm/s)	電流值(A)	電壓值(V)	切削速度(m/s)	切削力 (N, 牛頓)
0	6.2	230	2.1	0(未接觸)
0.56	7.2	230	2.1	788
1.07	8.6	230	2.1	942

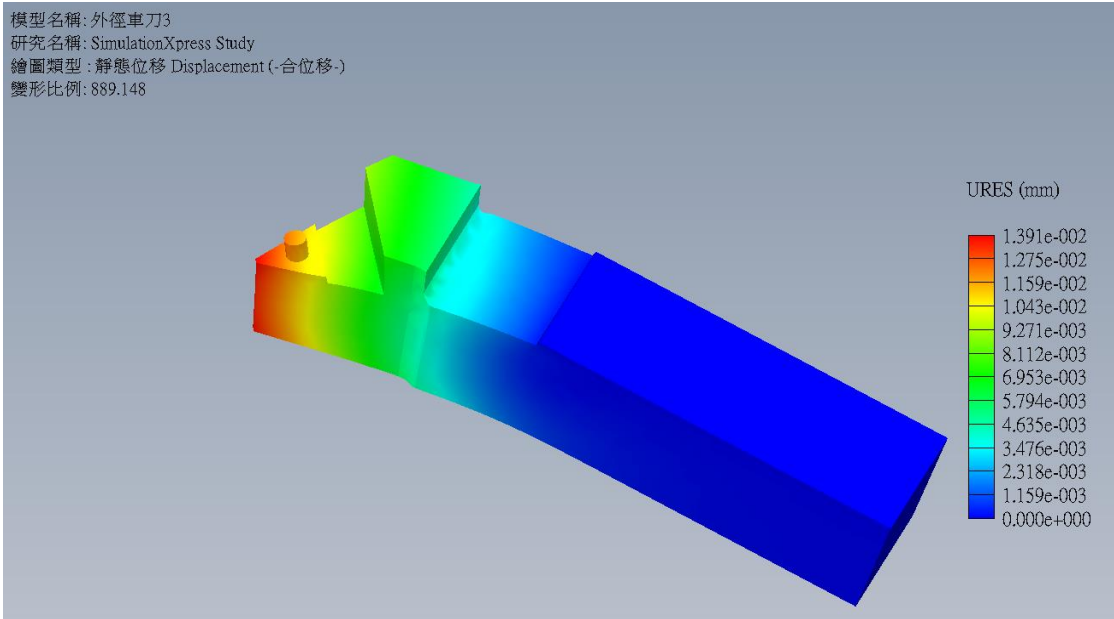
(三)應力及變位量分析結果：利用 Solidworks 2012 軟體內鍵功能進行分析。

1.外徑刀：切削力設定為 718N。

(1)應力分佈圖：車刀架之操作應力遠小於降伏應力值，最小安全係數測值為 6.04。

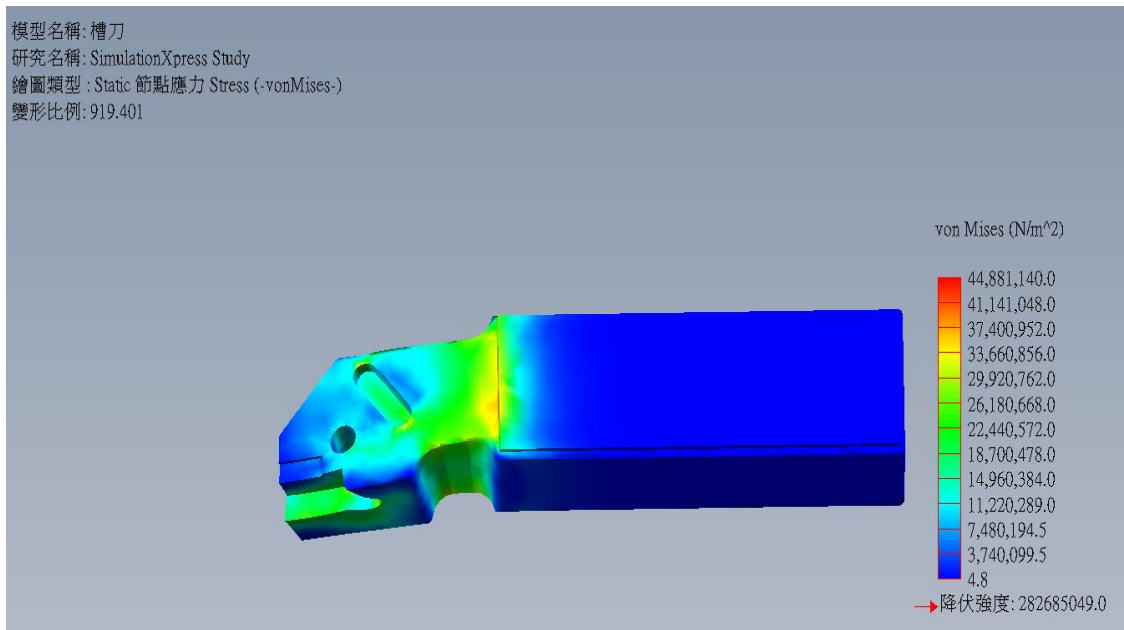


(2)變形圖分佈圖：車刀架最大變位量為 0.01391mm，在車刀架最前方。

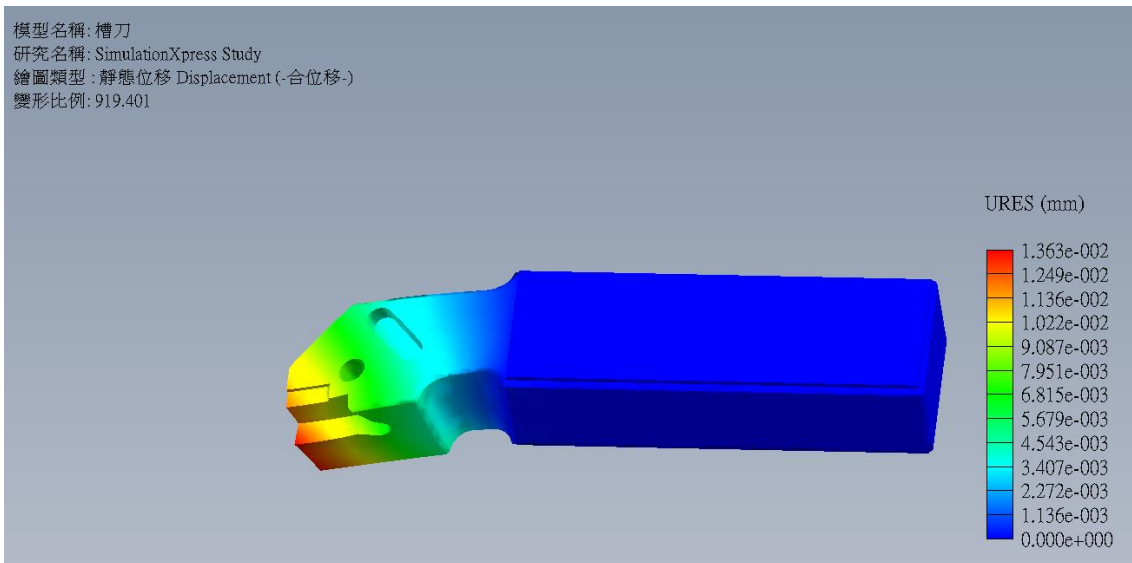


2.切槽刀：切削力設定為 942N。

(1)應力分佈圖：車刀架之操作應力遠小於降伏應力值，最小安全係數測值為 6.30。



(2)變形圖分佈圖：車刀架最大變位量為 0.01363mm，在車刀架前方。



二、文中係以低碳鋼母材來進行一刀兩用車刀架之製作，而車刀之車刀片及壓板是由市購而來，刀片皆屬碳化鈦等超硬質工具合金材料，當車刀在進行車削時受力點皆在硬質刀片與軟質刀架在安裝接合處，若車削過程中進給量太多或切深過大時恐會造成軟質之刀架材料在與刀片接觸處急速磨損或變形，此一可能發生之情形需要以硬化刀架之熱處理或以其他襯墊硬質合金塊來加以改善之。

三、本研究係以最常用之 2 把車刀，即外徑車刀及切槽車刀來進行一刀兩用之製作，對於其他功能之車刀架雖無完成之實做成品但已有局部之 3D 構想圖。下一步將可進行以倒角刀及外螺牙刀為主體進行一刀兩用車刀架之設計與製作，如圖 31 所示為其 3D 構想圖面。



圖 31 倒角刀及外牙刀 3D 構想圖

四、如果能在同一個刀架座的基礎上可無縫切換安置 2 種以上功能的刀片，那將可把捨棄式刀架的價值發揮到極致，即一刀多用，例如：在外螺牙刀架上除了可安裝外螺牙刀片外也可安裝上外倒角刀刀片。在內徑刀架上除了可安裝內徑刀刀片外也可安裝上內倒角刀刀片。此想法也可進行一系列之討論及設計。

柒、結論

- 一、藉由本研究我們成功的將機械本科所學的傳統車床、傳統銑床、鉗工、模具、電腦輔助立體繪圖、電腦數值控制及電腦輔助機械製造等運用在此成果中，讓我們能從無到有實際去自行研發、設計及製造出一個科展成品出來，這種將在學校三年來所學的應用在一個實現想法上的難得經驗與孕育展品的喜悅著實令人血液沸騰。
- 二、在設計與製作成品的過程中雖然失敗過很多次，但經過一再的交叉比對檢討與修正，我們克服了很多實際 CNC 加工上的困難與瓶頸，透過再三的討論與腦力激盪也使的很多的問題答案愈來愈接近真相，讓我們彼此增加了很多的自信心，更提升了自己在設計與製造上的技術層次。
- 三、在捨棄式車刀架一刀兩用的研究中，我們已成功的將最初的想法實現完成，最後並經由實際的工作件試切削，來驗證自產自製的刀架功能與市售之單把捨棄式車刀功能不相上下，雖然並沒有進一步去測試其使用的耐久性能及切削穩定度，不過在初始車削功能上已達到所有加工時所需之要求，唯一美中不足的是切槽刀因刀架的外型上的設計及刀片上的限制無法使單邊切削超過 7mm 的切深，日後我們將再進一步檢討如何提升切深之設計，希望能使其切槽刀更兼具有切斷刀之功能。
- 四、在學校的車床實習教學中因教學時間有限為避免因研磨車刀時間過長而影響教學進度目前皆已大量使用捨棄式車刀進行車床教學，而在業界裏為爭取時效更是經常使用在車床加工中，因此其使用頻率不可同日而語，而本研究最初除了希望能自行研發製造車刀架外，更期待能朝更精簡車刀架的數量方向來努力，因此才有了上述實現的想法，最終在齊心協力下我們做到了，也希望能給有心往這方向研究的同學一些參考。

捌、參考文獻

- 一、王金柱(2010)。機械基礎實習。文野出版社。
- 二、何益川、田潮訓、洪兆亮(2010)。機械基礎實習。龍騰文化出版社。
- 三、江元壽(2013)。機械材料。台科大圖書股份有限公司。
- 四、張樹人(2012)。機械材料。龍騰文化出版社。
- 五、楊玉清(2001)。數值控制機械實習。昱網科技股份有限公司。
- 六、劉宗旻、蔡明勳、吳浩生、陳俊宏(2012)。電腦輔助製造實習 Mastercam。台科大圖書股份有限公司。
- 七、劉風源、陳彥名、黃汶晨、曾志雄(2012)。Autodesk Inventor 實用教學寶典。台科大圖書股份有限公司。
- 八、王千億、王俊傑(2012)。機械製造。全華圖書股份有限公司。
- 九、弘展切削工具有限公司。<http://www.shangintool.com/cht/parting-off-blade/DGH.html>
- 十、萬事達切削科技有限公司。<http://www.winstarcutting.com/t/t-indexableturning>
- 十一、台中精機技術專欄第 55 期車床切削功率計算。作者：陳賜。
- 十二、台灣 Wiki 百科分類／切削力。
<http://www.twiki.com/wiki/%E5%88%87%E5%89%8A%E5%8A%9B>
- 十三、金屬切削。<http://www.taiwan921.lib.ntu.edu.tw/mypdf/mf14.pdf>
- 十四、切削力與切削功率。<http://www.autooo.net/utf8-classid151-id40317.html>
- 十五、國立高雄應用科技大學機械工程系許光城。切削加工。

【評語】 090905

1. 針對工廠加工實務的便利性，將二分別的刀具安裝於一夾持器之兩端，本創作新穎性在於二合一夾持器的設計，分別包括一種直式及另一種 90 度垂直式設計。
2. 分別就二種夾持器之設計，做學理性分析，包括應力應變及變形分析，以佐證設計之安全性。
3. 該新穎設計已製作實體，並於工具機上驗證顯示實用性及便利性。