中華民國第57屆中小學科學展覽會
作品說明書

高級中等學校組　工程學科(一)科

佳作

052319

神磨之塔

學校名稱：國立新營高級工業職業學校

作者：	指導老師：
職三 陳品宏	陳錦明
職三 施智升	游創巖
職三 謝旺達	

關鍵詞：車刀、角度、研磨

摘要

為了減少實習課磨刀所消耗的時間，及提升刀具研磨的準確度，我們重新設計了一組刀塔「神磨之塔」，此刀座不僅能做角度偏擺(Yaw)及俯仰(Pitch)，亦能搭配自製的砂輪機構，直接在車床上做準確的刀具研磨；我們利用 Inventor 3D 繪圖軟體，將零件各部位尺寸繪製明確，再以零件模擬配合檢查干涉，確定無干涉後，利用 3D 列印，將其刀塔實體化，並組裝進行測試。

壹、研究動機

古人曰:「工欲善其事，必先利其器」；良好的車刀角度能提升加工效率，當我們在車床實習課時，因學生人數較多且砂輪機台數量有限的狀況下，導致我們等待輪磨車刀耗費較多的時間，因此我們想要設計出能在車床上磨車刀，亦能精準控制研磨刀角的裝置，減少我們浪費掉的時間。因此我們設計的這項專題，不僅能減少時間上的浪費，並在刀座旁加上了刻度輔助，使操作者可以準確操作刀塔偏移的角度位置。

貳、研究目的

依據研究動機的說明，將其歸納出以下幾點:

一、能進行研磨車刀的動作。

二、比用手磨出來角度，更加精確。

三、使每位學生都輕鬆上手。

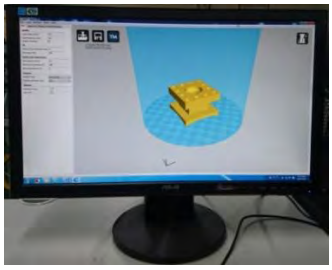
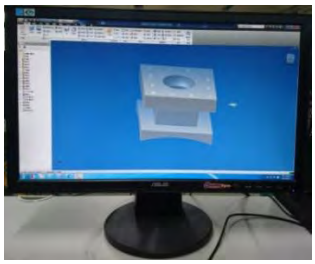
參、研究設備及器材

一、硬體設備：

數控銑床	數控車床
倒角機	3D 列印機
立式銑床	機力車床(三爪)
附表式游標卡尺	機力車床(四爪)

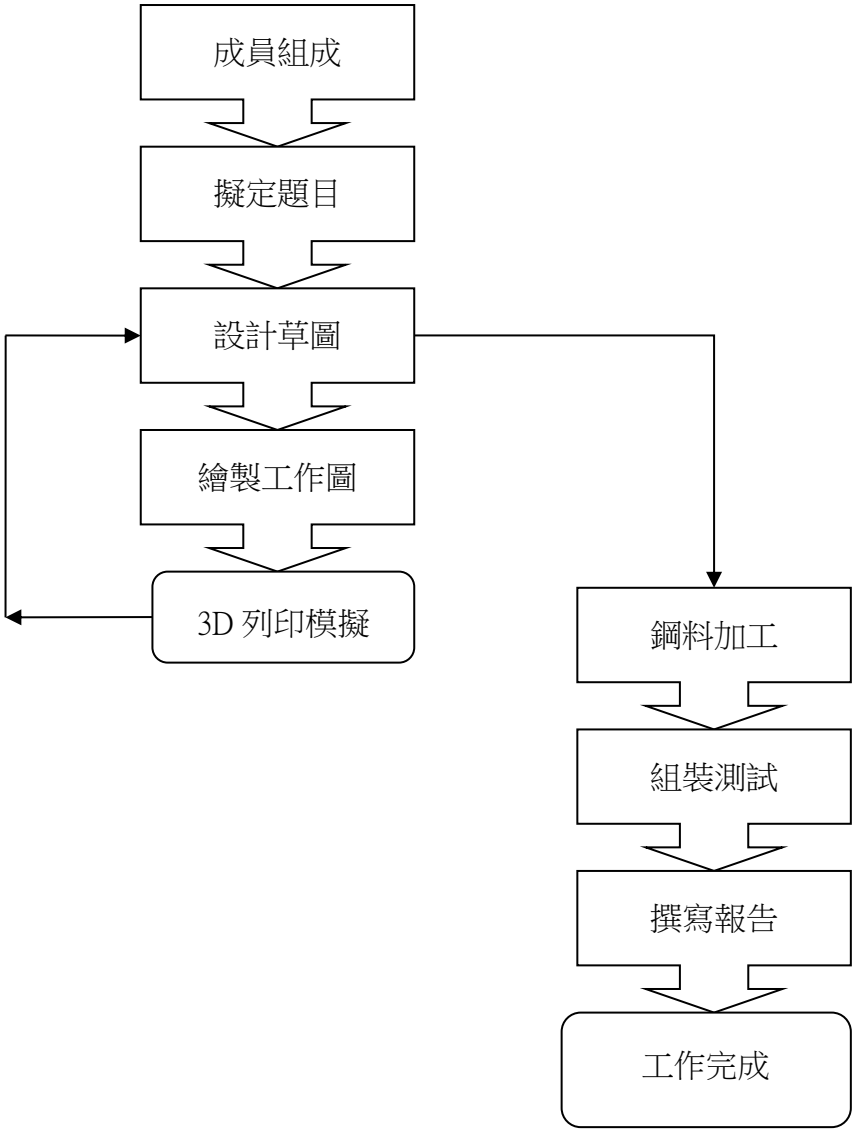
槓桿式量表	指示量表

二、軟體設備

	
Cura14.07	Autodesk Inventor 2010

肆、研究過程或方法

一、製作流程



圖一：流程圖

二、文獻探討

本節針對車床加工之專業名詞進行解釋。

(一)切削速度：

1、車床加工的切削速度以每分鐘多少公尺(m/min)表示。

2、影響刀具壽命最主要的因素是切削速度。

3、切削速度與切削阻力最無關。

4、切削速度(V)、主軸迴轉數(N)及工件直徑(D)三者關係: $V=\pi DN/1000$

公式中 V 為切削速度(m/min)，D 為工件或刀具直徑(mm)，N 為轉速(rpm)。

5、決定切削速度的因素，如下：

(1)工件材質:硬質材料用低速切削；反之，用高速。

(2)刀具材質:材質硬的刀具用高速切削；反之，用低速。

(3)進給大小:粗加工採用低速大進給量；精加工採用高速小進給量。

(4)冷卻劑:使用冷卻劑時，可選用較高的切速。

(5)工具機的穩定度:剛性好，穩定度高的機器，不易產生震動，可選

(6)用較高的切削速度。

(7)當切削深度增加時，為了避免負載過度增大，應降低切削速度。

6、進給：

(1)車床進給率是指工件旋轉一圈車刀移動的距離，以每轉多少公厘(mm/rev)表示。

(二)切削進給率：

1、一般車削的近給率約 0.05~0.5mm/rev 之間。

2、進給率大小的選用原則：

(1)車床剛性佳、馬力大，進給速率可加大。

(2)高韌性的車刀性質比高硬度的車刀，可用較快的近給率。

(3)切削深度愈深，車刀承受阻力越大，進給應愈慢。

(4)精車削進給率約 0.25mm/rev 以下，粗車削進給率約 0.25~0.5mm/rev。

(5)工件材質愈硬的材料，進給率越慢。

(6)進給率愈快，切屑越厚。

(三)切削深度：

1、切削深度指車刀橫向移動的實際距離。

2、影響切削深度的因素:

(1)剛性佳的車床，較能夠承受重切削，可增加切削深度。

(2)車刀的材質強韌者，可增加切削深度，脆硬者切削深度較淺。

(3)工件表面粗糙度要求愈高，切削深度愈淺。

(4)工件的材質愈硬的材料，切削深度愈淺。

(四)進刀原則：

1、粗車削:大切深、大進給、低轉速。

2、精車削:小切深、小進給、高轉速。

(五)一般車削：車床的車削操作，包括:端面車削、外徑車削、錐度車削、螺紋車削、倒角及切槽、壓花、鑽孔等。

(六)端面車削：

1、車削工作的第一步就是車削端面，使端面垂直於工件的中心軸，以便於做為量測的基準。

2、兩心間車削端面時，若尾座偏向操作者，端面會成凹形；偏離操作者，則會成凸形。

3、以高速鋼刀具進形端面粗車削時，進刀方式通常由工件外緣朝向中心車削；精車則是由中心朝向外緣車削。

4、碳化物車刀不論粗、精車都由工件外緣朝向中心車削。

(七)外徑車削：

1、車刀沿床軌方向縱向移動，將工件車削成所需大小的直徑。

2、外徑車削時，車刀之刀尖若低於工件中心容易造成插刀。故粗車時，宜將刀尖提高至比工件中心高 5 度。

3、車削外徑時車刀尖必須偏向進刀方向的後方，以免插刀。

(八)切槽與切斷：

1、切槽及切斷時應將切削速度放慢，並選用彈性刀把，以減少震刀。

(九)砂輪的基本認識：砂輪是屬多鋒刀具，為磨削時最常使用之切削刀具。砂輪構成的三個要素:磨料、結合劑及氣孔，經高溫燒結而成。

1、磨料：一般磨料有天然與人造兩類，天然磨料有鑽石、金剛砂、鑽石等；人造磨料 有碳化矽、氧化鋁、硼化物及人工鑽石等。

(1)碳化矽：磨料通常製成黑色及綠色碳化矽，兩者差別，如表一所示。

表一：碳化矽砂輪比較

名稱	代號	組織特性	主要研磨材料
綠色碳化矽	GC	硬脆、韌性極低	碳化鎢、玻璃等
黑色碳化矽	C	脆、韌性低	鑄鐵、黃銅、鋁、非鐵金屬等

(2)氧化鋁：磨料通常製成褐色及白色氧化鋁，兩者差別，如表二所示。

表二：氧化鋁砂輪比較

名稱	代號	組織特性	主要研磨材料
白色氧化鋁	WA	強硬度且韌	高速鋼、非鐵鑄合金、淬火金屬等
褐色氧化鋁	A	硬且韌性強	軟鋼、一般鋼材等

2、粒度：砂輪磨料顆粒的大小稱為粒度，以磨粒能通過「25.4mm(1 英吋)長度內」的篩網目數表示，如表三所示。

表三：粒度等級與號數

粒度等級	粒度號數
粗粒	10、12、14、16、20、24
中粒	30、36、46、54、60、70
細粒	80、90、100、120、150、180、220
極細粒	240、280、320、400、500、600、700、800
超微粒	1000、1500、2000、2500、3000、4000

砂輪磨粒之選用以表面粗糙度為主要考量，選用原則，如表四所示。

表四：砂輪磨粒的選用原則

選用原則	說明
磨削量大用粗磨粒;磨削量小用細磨粒	粗磨粒的切削量大，適合粗磨。細磨粒所磨出之表面粗糙度較佳,適合精磨。
軟韌材料用粗磨粒、脆硬材料用細磨粒。	脆硬材料不易磨削,需更多的刀口來參與切削，故用細砂輪。
工件與砂輪接觸面積大(如平面磨削)用粗磨粒、接觸面積小(如螺紋研磨)用細磨粒。	砂輪與工件的接觸面小,為確保較多的粒度數在接觸面上磨削，故用細磨粒。

3.結合度：磨粒以結合劑黏結之強度稱為結合度，以軟硬區分。結合度強者為硬砂輪，弱者為軟砂輪。硬砂輪之磨粒不易脫落，容易鈍化，且磨削熱多。軟砂輪則反之。結合度的軟硬以英文字母 A~Z 表示，字母愈前面愈軟，愈後面愈硬，如表五所示。

表五：磨輪的結合度

極軟	軟	中硬	硬	極硬
A、B、C、D、E、F、G	H、I、J、K	L、M、N、O	P、Q、R、S	T、U、V、W、X、Y、Z

砂輪軟硬(結合度強弱)的選用原則，如表六所示。

表六：砂輪軟硬的選用原則

選用原則	說明
軟質材料用硬砂輪；硬質材料用軟砂輪。	硬質材料因不易磨削，易生高溫，磨粒鈍化後應自行脫落，而由新切刃進行磨削，故用軟沙輪。
小面積工件用硬砂輪;大面積工件用軟砂輪。	大面積磨削因砂輪受力較大，磨粒易鈍化，需隨時換新磨粒，故用軟質砂輪。
砂輪迴轉速低用硬砂輪;轉速高用軟砂輪。	回傳速高，磨粒易鈍化且易產生高溫，鈍化磨粒要能自行脫落，故用軟質砂輪。
進給速率大用硬砂輪、進給速率用軟砂輪。	工件進給速率大，砂輪顆粒易脫落，用硬砂輪，以免顆粒脫落(消耗)太快。
粗磨或工件粗糙不平用硬砂輪、精磨用軟砂輪。	粗磨或工件粗糙不平，易使磨料顆粒脫落，為防止砂輪磨耗太快，故用硬砂輪。

4.組織：組織就是磨粒、結合劑和氣孔三者，在數量上比例的分佈狀態。如表七所示。

表七：磨料率與組織的關係

組織 NO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
磨料率(%)	62	60	58	56	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34
分級	密					中					粗				

砂輪組織的選用原則，如表八所示。

表八：砂輪組織的選用原則

選用原則	說明
精磨作業用密組織、粗磨用鬆組織。	密組織砂輪其單位面積上的磨粒較多(刀口多)適於精磨。粗磨則因切削較多。需較大的切削空間，故用鬆組織。
硬質材料用密組織；軟質材效用鬆組織。	軟材料因易切削、切屑較多，需較多的容屑空間，故用鬆組織。
接觸面積大用鬆組織砂輪;面積小用密組織。	因面積大熱量易上升,鬆組織砂輪有較大空間供冷卻劑流入。反之，用密組織砂輪。
濕磨削用鬆組織。	有較大的空間提供冷卻劑滲入。

5.製法(結合劑)：砂輪是由磨料顆粒與結合劑混和製成，結合劑在於砂輪不只是使磨料保持在一起，並使砂輪在一定速度下安全迴轉。常用的製法有:黏土法、水玻璃法、蟲漆法、橡膠法、樹指法、金屬法等，各製法說明如表九所示。

表九：製法說明

種類	簡稱	製作方法	特性	用途
黏土	V	黏土與磨粒燒結而成	結合力強、磨削力大、耐潮濕	一般材料的粗精磨，工業使用約75%以上
水玻璃	S	矽酸鈉與磨粒燒結而成	具潤滑效果、彈性較差、不耐濕氣、結合度差	較適合低溫的磨削
橡膠	R	橡膠加磨粒滾壓而成	富彈性、適高速旋轉、製成極薄切片砂輪	適於切割鑄件或一般鋼鐵
蟲漆	E	磨粒與蟲漆加壓而成形	結合度較弱、具彈性	不適合粗磨及高溫使用
合成樹脂	B	磨粒與樹酯烘燒而成	高硬度及強度、適高速磨削	適各種金屬、玻璃、陶器及各種塑性物質的切斷
金屬	M	銅、黃銅、鎳與金鋼砂或鑽石磨粒電鑄法、粉末冶金而成	磨削力大、切斷力大	可做為鑽石砂輪的成型、碳化鎢刀具的研磨

(十)砂輪機注意事項：

1、砂輪心軸孔套入心上應為鬆配合。

2、夾持砂輪的緣盤直徑須相等，並不得小於砂輪直徑之 1/3。

3、緣盤與砂輪間應加一層膠紙或橡膠圈，且夾持力不可太大，以免膠紙之彈性消失。

4、緣盤應略為凹下，並以此凹面和砂輪接觸，不可全面接觸；此種接觸方式能使緣盤對砂輪傳達最大之扭力。

5、支持架與砂輪周面之距離物大於 3mm。

6、安全罩與砂輪周面之距離物大於 6mm。

7、為防止螺帽於旋轉時鬆脫，右端心軸應用右螺旋；左端心軸用左螺紋。

(十一)車刀角度：下面為大家一一介紹刀角的名稱與功用及適當的角度範圍，這次的車刀材料為碳化物。

1、切邊角(側鋒角)：

(1)控制切屑的厚薄及切削受力的分布。

(2)角度愈大，切削厚度越薄，切屑寬度變寬，會使橫向與縱向切削分力變小，可以增加進給量。

2、刀端角(前鋒角)：

(1)減少刀腹與工件的摩擦。

(2)角度愈大，可減少刀尖與工件之間的摩擦，但刀口強度會降低。

(3)角度愈小，刀尖與工件之間的摩擦增加，容易產生震刀。

3、間隙角(讓角)：

(1)減少車刀刃口與工件的接觸面，讓刀口在進給時容易切入工件。

(2)工件硬或刀具硬而脆者，間隙角應小；反之，則大。

(3)間隙角依其作用的位置，可分為前間隙角圖四及邊間隙角圖五。

4、斜角(傾角)：

(1)控制切屑之流動。

(2)工件硬度高、刀具硬而脆者，斜角應小；反之，則大。

(3)斜角依作用的方向來分，有後斜角圖六及邊斜角圖七。

(十二)刀具壽命：刀具從開始切削一直到最大磨耗判定點，所經過的切削時間叫做刀具壽命。

1、因素:工件材質、刀具本身材質、工件表面狀況(光面的、黑皮的以及生鏽的)、進給方式(連續的、間歇的)、切削速度、切削劑等。

2、決定刀具壽命的基準有下列幾項：

(1)工件表面產生光亮的條紋時。

(2)刀口磨損已達一定尺寸時。

(3)切削阻力顯著地增加時。

(4)加工尺寸的變化已達到最大的容量。

(十三)刀具磨損：磨損中最常見的四種型式，如表十所示。

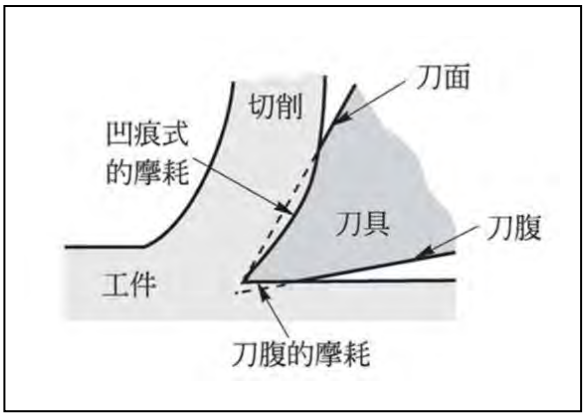
表十：磨耗型式

	說明
磨削性磨耗	由於工件上的小硬點磨損刀具表面所引起。
黏著磨損	由於刀口熔著的 BUE 脫落時，撕落刀具表面之材料所引起。
擴散磨損	當切削速度非常高時，切削刀具與切屑或工件接觸的邊界層溫度飆升將產生的擴散速度，造成刀具表面快速磨損。
氧化磨損	在高溫下刀具材料與外界的環境產生氧化作用而弱化所造成的磨損。

1、磨損部位

(1)切削脆性材料時，磨損部位在刀尖下方的刀腹面上，這部位的磨耗稱為「刀腹磨耗」，如圖二所示。

(2)切削韌性材料時，磨損部位在刀間後方的刀頂面上，這部位的磨耗稱為「凹口磨耗」，如圖二所示。



圖二：磨耗圖

(十四)切削溫度：切削時所加的能量，有一大部分轉變成熱而消耗掉。切削熱的多寡受到許多加工參數的影響，其中切削速度影響最大。因切削熱所造成的影響如下:

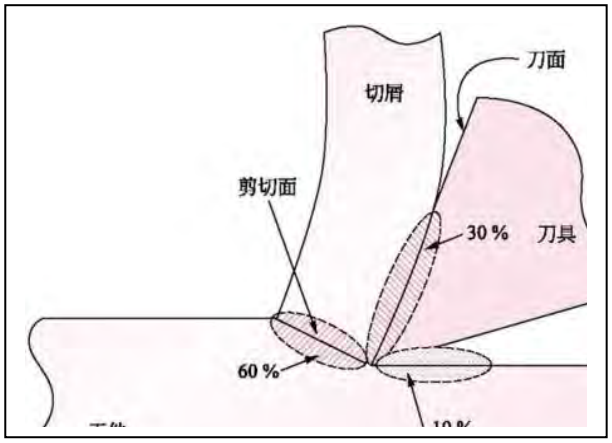
1、降低刀具強度、耐磨性、硬度。

2、工件因熱而膨脹，尺寸精度比較難控制。

3、高溫可能導致工件表面金相組織的改變，對材料的特性產生不利的影響。

4、工具機可能因高溫而產生扭曲，加工精度受到影響。

(十五)切削熱：切削熱主要是由於剪切面的剪切作用及切屑在刀頂面上快速流動之摩擦作用所產生。剪切區所生之熱約占全部熱量之 60%，刀頂面與工件面之摩擦約占 30%，刀腹面與工件之摩擦約占 10%，如圖三所示。



圖三：切削熱圖

三、製作過程

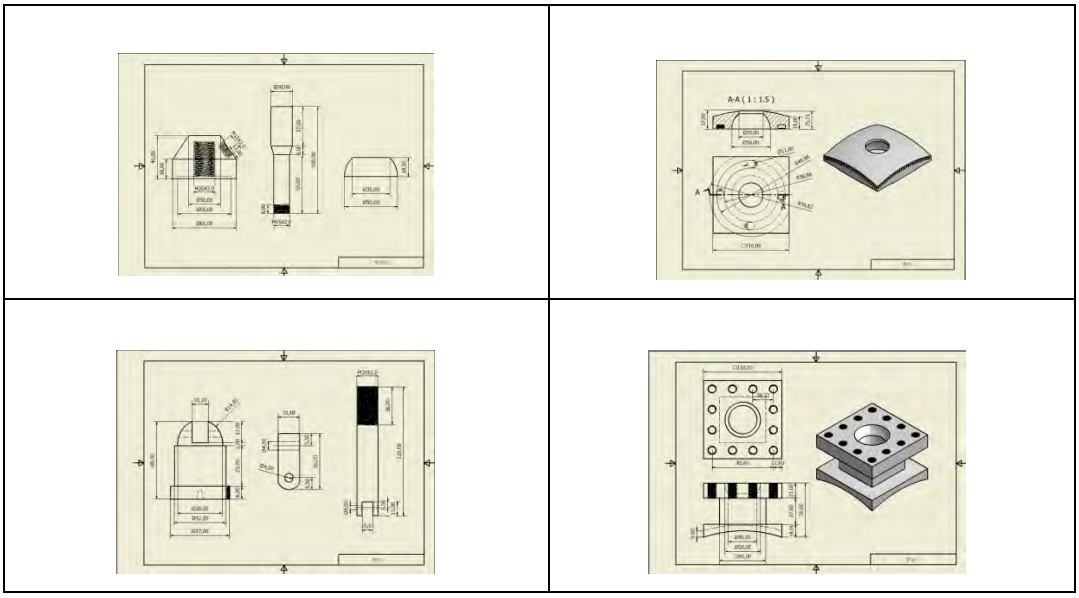
(一)甘特圖

1.設計繪圖	a 資料參考	b 設計草繪製圖	c 繪製立體圖			
2.加工	a 模擬實體	b 偵測干涉	c 檢討原因	d 重新設計模擬	e 結果符合	f 實體加工
3.書面製作	a 整理資料	b 成品討論				

年月份 / 進度項目	105年9月	105年10月	105年11月	105年12月	106年1月	106年2月	106年3月	106年4月
資料參考	●							
設計草圖	●							
繪製立體圖	●	●						
模擬實體	●	●	●					
偵測衝突及干涉		●	●					
檢討原因		●	●	●				
重新設計模擬			●	●	●	●		
實際加工				●	●	●		
資料整理					●	●	●	
成品討論						●	●	●
	10%	20%	30%	50%	70%	80%	90%	100%

圖四：甘特圖

(二)工作圖：利用 Inventor 繪製了 3D 圖，並轉換成 2D 工作圖



圖五：工作圖

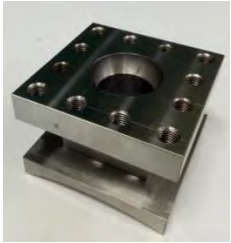
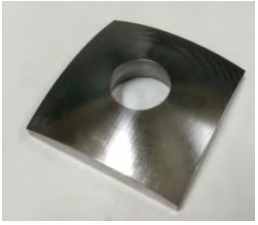
(三) 3D 實體化：

因為 3D 列印的快速成形以及方便性，所以我們才會使用 3D 列印技術將「神磨之塔」實體化，並且組裝後觀察有無干涉，才剛始進行後續的鋼料加工，如圖六所示。

圖六：3D 列印的「神磨之塔」

(四)零件說明：

我們把整個刀座分為刀座上部與刀座下部，如圖七(A)及(B)所示，上部底座的正方形改成凹球面，下部平面改成凸球面，目的在於能做偏擺運動，在內部零件上也把原本的滾珠軸承改成圓環，如圖七(C)所示，原因是圓擁有自動調心的功能。中間桿部分也從一體成形分為三部分:雙向連接體、子彈接頭、連接桿，如圖七(D)、 (E)及(F)所示，這個機構是仿照萬向接頭的原理，目的在於能配合刀架角度的偏擺。

		
(A)刀座上部	(B)刀座下部	(C)圓環
(D)連接桿	(E)子彈接頭	(F)雙向連接體

圖七「神磨之塔」零件實體圖

(五)測試說明：

測試目的：為了知道使用「神磨之塔」研磨過後的車刀角度有多精確。

測試工具機：機力車床(四爪)

測試工具：砂輪片、砂輪夾持器、銼刀、頂心。

測試量具：指示量表。

測試刀具：碳化鎢車刀

研磨刀角：刀端角、間隙角。

各部位刀角研磨

1、刀端角：

研磨前說明：

因我們測試用的工具機是四爪車床，所以為了不造成偏心的情況發生，所以需要使用指示量表進行校正中心的動作，如圖八(A)所示，校正完中心後，接著車刀需要用頂心進行對刀的動作。前置作業完成後，進行角度的調整，因刀端角位置關係，所以車刀擺放得位置剛好在主軸的縱向，並且調整複式刀座進行研磨，如圖八(B)所示。

(A)

(B)

圖八(A)校正中心與(B)刀端角研磨

2、間隙角：

說明: 因作用位置不同，又可分為前間隙角與邊間隙角。

(1)前間隙角作動說明:

前置作業與刀端角一樣，擺放位置也跟刀端角一樣只是不需要移動複式刀座。

圖九：前間隙角研磨

(2)邊間隙角作動說明:

前置作業與刀端角一樣，只是擺放位置在主軸的徑向。

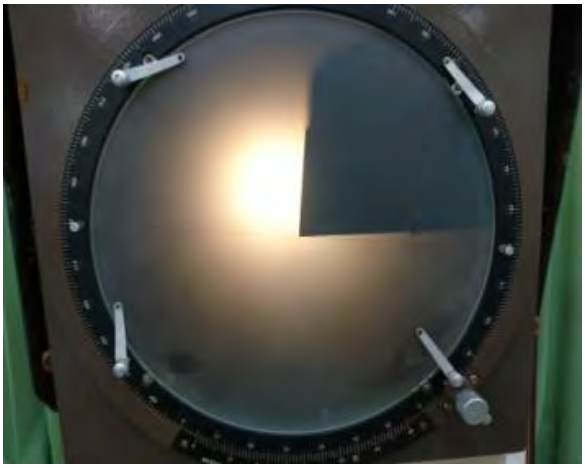
圖十：邊間隙角研磨

伍、研究結果

車刀是車床中影響工件表面粗糙度最大的工具，而車刀角度的大小影響著進刀量，減少摩擦等因素，為了知道「神磨之塔」磨出來的刀角是否能比手磨得更將準確，所以我們利用光學測量儀測量刀角如圖十一(B)及圖十二(B)，使用「神磨之塔」研磨車刀所得到的刀角數據。

一、刀端角

(A)



(B)

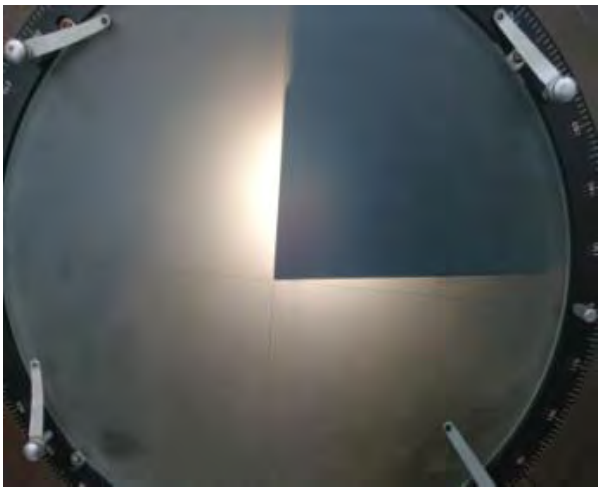
圖十一(A)：研磨後的刀端角與(B)刀端角投影

表十一為刀端角實際研磨角度，可清楚見誤差甚小。

表十一：刀端角刀角

欲磨角度	2°	3°	4°
實際角度	2°13'	3°15'	4°18'
欲磨角度	2°	3°	4°
實際角度	2°13'	3°15'	4°18'

二、前間隙角



(A)研磨後的前隙角　　(B)前隙角投影

圖十二(A)研磨後的前隙角與(B)前隙角投影

表十二為前間隙角實際研磨角度，誤差亦甚小。

表十二：前間隙角

欲磨角度	2°	3°	4°
實際角度	2°5'	3°6'	4°1'

陸、討論

一、第一次模擬：

將原本的刀座主體分成兩塊，中間都做一個曲面，達到我們角度偏移的目的，再將中間圓桿下方做一個圓弧，搭配一塊半圓球體跟主體做連結，使刀座能做到角度的偏移，經由模擬，發現能做到角度偏移，可是偏移的角度受到主體的干涉限制，因此進行修改。

二、第二次模擬：

為改良第一次設計缺失，將第一次模擬的圓桿分成三個部分，以兩個圓桿件的上下做一個溝槽、之後鑽孔，再搭配雙向連接體，插入銷，使它做出擺動的動作，下去做模擬，結果符合我們所預期。

(一)鋼料加工

1、數控銑床與傳統銑床

因為刀座上部的外形部分比較好加工，我們先以傳統銑床下去做外形的加工，鑽孔部分都以傳統銑床進行，上部底座的曲面部分以及下部弧面部分都以數控銑床做加工。

2、數控車床與傳統車床

子彈接頭、圓環因有球面所以使用數控車床進行加工，切斷後再以傳統車床整修到我們需要的尺寸，連接桿、把手桿與把手主體都以傳統車床進行加工。

三、設計修正：

因設計圖錯誤，使我們做的刀座下部的圓過大，與老師討論過後決定用補的，用數控車床車出另一個圓環，在使刀座下部與它配合，用的方式是在它的四分點鑽孔後鎖螺絲。

柒、結論

團隊裡的每個人都是環環相扣的，只要有一個人脫落，都可能影響到整個團隊，但人與人合作難免會有意見上的衝突，之後在老師從旁協助下，整個團隊一步步地往成功邁進。

依據本作品的結果，得出以下重點:

1、我們成功設計出一組刀座「神磨之塔」，在此刀座架刀之後能做角度偏擺(Yaw)及俯仰(Pitch)，如圖十三(A)及圖十三(B)。

2、「神磨之塔」研磨出來的車刀角度比用手磨出來的角度更準確如表十二及表十三。

3、車刀的刀角除後斜角外，都能利用神磨之塔研製成型。

(A)

(B)

圖十三(A)俯仰與(B)偏擺

捌、參考資料及其他

1、王千億、王俊傑(2014)。機械製造 II。全華圖書。

2、馬寧元、李新中(2006)。刀具破損之探討。機械工業雜誌。取自 http://www.automan.tw/mag_images/book/291-18.pdf。

3、王金柱(2010)。機械基礎實習。文野出版社。

4、簡文通(2008)。機械製造(修訂二版)。全華圖書。

5、孟繼洛、傅兆章、許源泉、黃聖芳、李炳寅(2005)。機械製造。全華圖書。

6、李金山、林瑞璋、梁榮濱、吳晟懋(2007)。刀具壽命最佳化之切削參數探討。

7、中國機械工程學會第二十四屆全國學術研討會論文集。取自 http://www.me.cycu.edu.tw/csme2007/pdf/D01-0035.pdf。

8、張弘智(2014)。升科大四技-機械基礎實習總複習。科友圖書。

9、楊仁聖(2013)。機械基礎實習(乙版)。科友圖書。

【評語】052319

設計了一組刀塔，此刀座不僅能做角度偏擺（Yaw）及俯仰（Pitch），亦能搭配自製的砂輪機構，直接在車床上做準確的刀具研磨。研究過程減少磨刀所消耗的時間，及提升刀具研磨的準確度，利用 Inventor 3D 繪圖軟體，將零件各部位尺寸繪製明確，再以零件模擬配合檢查干涉，確定無干涉後，利用 3D 列印，將其刀塔實體化，並組裝進行測試。具備實做、實驗、和數據分析，具實用價值，為好的科展作品。

作品海報

研究動機

古人曰：「工欲善其事，必先利其器」；良好的車刀角度能提升加工效率，當我們在車床實習課時，因學生人數較多且砂輪機台數量有限的狀況下，導致我們等待輪磨車刀耗費較多的時間，因此我們想要設計出能在車床上研磨車刀，且能精準控制研磨刀角的裝置，減少我們所浪費掉的時間。因此我們設計的這項專題，不僅能減少時間上的浪費，而且我們在刀座旁刻上了刻度，使操作者可以準確操作刀塔偏移的角度位置。

研究目的

依據研究動機的說明，將其歸納出以下幾點:

一、能在車床上，進行研磨車刀的動作。

二、比起用手研磨出來的角度，更加精確。

三、操作簡易，使每位學生都能輕鬆上手。

研究設備及器具

機台

數控銑床

數控車床

傳統車床(三爪)

傳統車床(四爪)

立式銑床

倒角機

指示量表

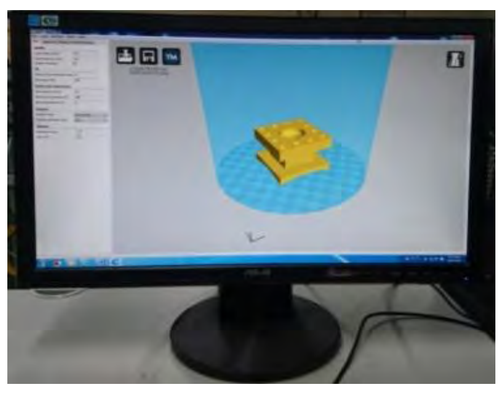
3D列印機

工具

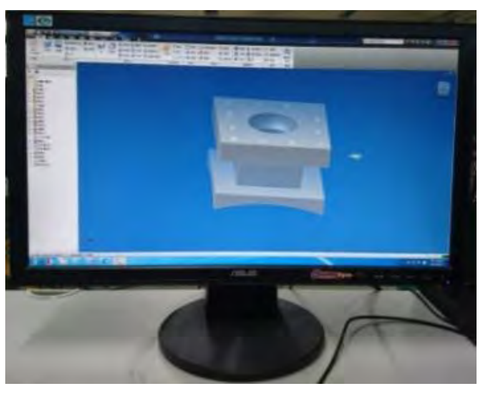
附表式
游標卡尺

槓桿式量表

軟體設備



Cura14.07



Autodesk
Inventor 2010

測試說明及研究結果

測試目的：為了知道使用「神磨之塔」研磨過後的車刀角度有多精確。
測試工具機：機力車床(四爪)
測試工具：砂輪片、砂輪夾持器、銼刀、頂心。
測試量具：指示量表。
測試刀具：碳化鎢車刀
研磨刀角：刀端角、間隙角。

各部位刀角研磨
1、刀端角：
研磨前說明：

因我們測試用的工具機是四爪車床，所以為了不造成偏心的情況發生，所以需要使用指示量表進行校正中心的動作，如圖(一)所示，校正完中心後，接著車刀需要用頂心進行對刀的動作。前置作業完成後，進行角度的調整，因刀端角位置關係，所以車刀擺放得位置剛好在主軸的縱向，並且調整複式刀座進行研磨，如圖(二)所示。

圖(一)校正中心

圖(二)刀端角研磨

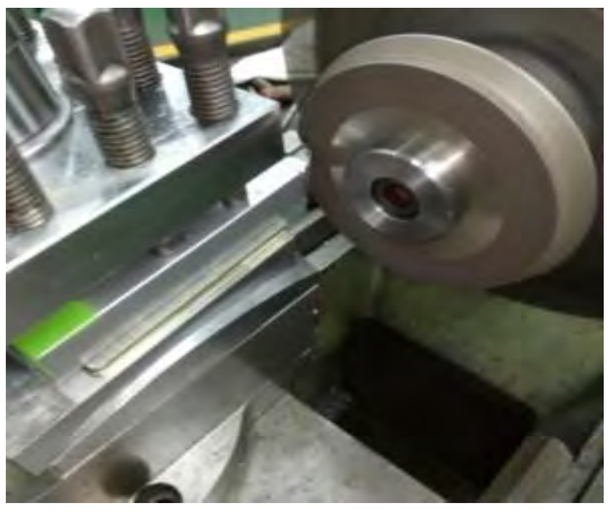
從右方表格中可看見，設定的角度與實際研磨出來的角度值，誤差極小；隨著角度增大，誤差的值就會愈大。

欲磨角度	2°	3°	4°
實際角度	2°13’	3°15’	4°18’

表一、(刀端角研磨測試結果表)

2、前間隙角：
作動說明：

前置作業與刀端角一樣，擺放位置也跟刀端角一樣只是不需要移動複式刀座，如圖(三)。


圖(三)前間隙角研磨

從下方表格中可看見，設定的角度與實際研磨出來的角度值，誤差極小；隨著角度增大，誤差的值就會愈小。

欲磨角度	2°	3°	4°
實際角度	2°5’	3°6’	4°1’

表二、(前間隙角研磨測試結果)

討論

一、第一次模擬：

將原本的刀座主體分成兩塊，中間都做一個曲面，達到我們角度偏移的目的，再將中間圓桿下方做一個圓弧，搭配一塊半圓球體跟主體做連結，使刀座能做到角度的偏移，經由模擬，發現能做到角度偏移，可是偏移的角度受到主體的干涉限制，因此進行修改。

二、第二次模擬：

為改良第一次設計缺失，將第一次模擬的圓桿分成三個部分，以兩個圓桿件的上下做一個溝槽、之後鑽孔，再搭配雙向連接體，插入銷，使它做出擺動的動作，下去做模擬，結果符合我們所預期的結果。

(一)鋼料加工

1、數控銑床與傳統銑床

因為刀座上部的外形部分比較好加工，我們先以傳統銑床下去做做外形的加工，鑽孔部分都以傳統銑床進行，上部底座的曲面部分以及下部弧面部分都以數控銑床做加工。

2、數控車床與傳統車床

子彈接頭、圓環因有球面所以使用數控車床進行加工，切斷後再以傳統車床整修到我們需要的尺寸，連接桿、把手桿與把手主體都以傳統車床進行加工。

三、設計修正：

因設計圖錯誤，使我們做的刀座下部的圓過大，與老師討論過後決定用補的，用數控車床車出另一個圓環，在使刀座下部與它配合，用的方式是在它的四分點鑽孔後鎖螺絲。

結論

團隊裡的每個人都是環環相扣的，只要有一個人脫落，都可能影響到整個團隊，但人與人合作難免會有意見上的衝突，之後在老師從旁協助下，整個團隊一步步地往成功邁進。

依據本作品的結果，得出以下重點:

1、我們成功設計出一組刀座「神磨之塔」，在此刀座架刀之後能做角度偏擺(Yaw)及俯仰(Pitch)，如圖(四)及圖(五)。

2、「神磨之塔」研磨出來的車刀角度比用手磨出來的角度更準確如表一及表二。

3、除了後斜角以外，其他的角度都能利用神磨之塔研磨而成。

圖(四)俯仰

圖(五)偏擺