

投稿類別:工程技術類

篇名：

CNC 車床接料機構

作者：

陳柏勳。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班

陳璿宇。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班

程友賢。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年智班

指導老師：

蔡宏谷老師

胡銘軒老師

壹、前言

本專題為設計 CNC 車床接料裝置，目的是希望在學校的實習課中，能更加方便的取下被切斷的工件，依據馬格努斯原理取得工件旋轉落下的位置，參考機器的內部尺寸，利用三角函數計算刀塔至主軸中心的角度與距離，最後因馬格努斯原理的誤差，角度值為原本計算的角度值加 2 到 3 度；在材料部分除了刀柄使用中碳鋼（S30C）之外，其餘使用壓克力。經過這次的專題，希望未來能夠學習更多的材料或設計原理來讓設計更加完整，以下為研究動機、目的及專題流程圖：

一、研究動機

在高二時，有上數值控制實習，期末要繳交一件用 CNC 車床加工的鋁料作品（ $\varnothing 38\text{mm}$ 和長度 65mm 以下），在製作過程中發現每當做完要做最後的切斷時，都會用一個紅色的大籃子放置工件下方，以用來接住工件。但這樣做都會使工件從高處落下，與籃子、切屑進行撞傷與擦傷，所以每次做完要拿取工件時，都會發現工件有幾處的受損。

因此，想設計可以放置在刀塔刀座上的一個機構，使其機構能夠在槽刀做最後切斷時，接住掉落的工件，並且能使切屑與工件分離，使工件不受到任何損傷。

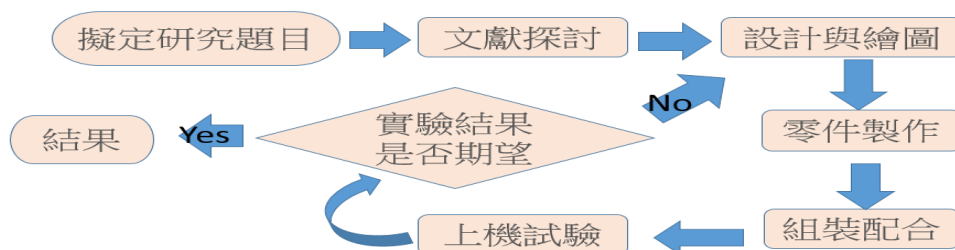
二、研究目的

本研究使用程泰機械股份有限公司之數值控制車床（GCL-2L）做為機構設計的基準，能接到最大工件設定為 $\varnothing 38\text{mm}$ 、長度 65mm。其研究目的如下：

- （一）探討旋轉工件是否會直線落下，達成接料的目的。
- （二）設計 CNC 車床接料機構將工件與鐵屑分離。

三、研究方法

一開始先思考之前在實習課時有什麼地方是不便的，先擬訂題目，擬定完之後，蒐集相關文獻及上網查詢是否有人做過相似的東西或研究，利用 Auto CAD 與 SolidWorks 繪製工作圖、零件圖、組合圖。各零件製作完成後，將其組裝並上機試驗，如果不符合期望，則回到設計與繪圖進行檢討與修正，若成功則撰寫報告結果。流程圖如圖（一）所示。



圖（一）專題流程

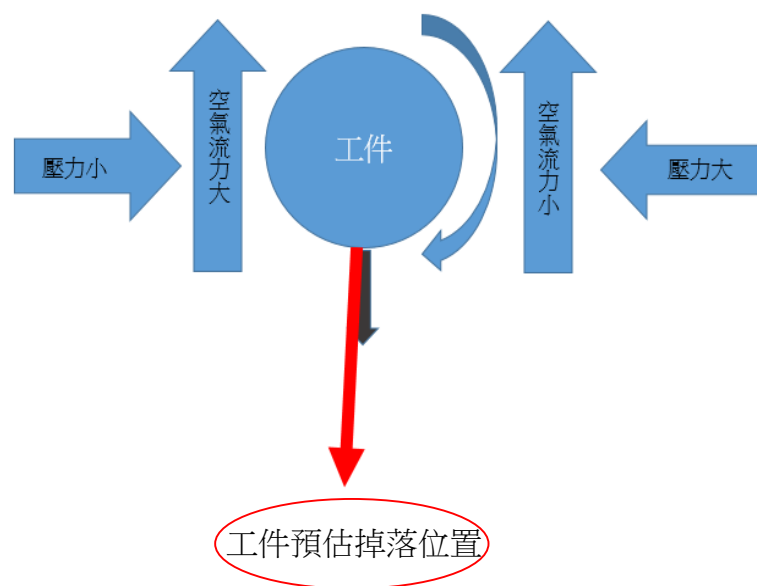
貳、正文

本正文為探討旋轉工件落下的原理、設計 CNC 車床接料機構、機構材料的選用、零件製作、實驗及成品展示，其詳細內容如下：

一、旋轉工件落下的原理

馬格努斯原理為「當氣體在同一高度旋轉時，在流速快的情況下則壓力較小，相反的，在流速慢的情況下則壓力較大」（馬格努斯，1852）。旋轉工件落下的原理就如棒球的上飄球的原理雷同，所使用的是馬格努斯原理，如圖（二）所示。

工件是順時針以最高轉速 2000rpm 周轉速 280mm/min 旋轉。工件往下掉落「因順時針導致左邊的空氣流力變大，壓力變小」（白努力，1741），所以右邊相對的流力變低，壓力就會變大，而壓力大的地方會往壓力小的方向跑。當工件旋轉切斷時，工件預估會往中心線的左側掉落（往箭頭方向掉落），如圖（二）所示。

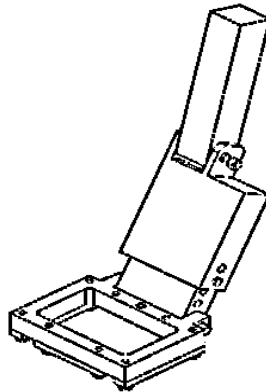


圖（二）馬格努斯原理圖

二、設計 CNC 車床接料機構

機構以程泰機械股份有限公司之數值控制車床（GCL-2L）為基準來進行量測、設計與研究，首先參考程泰機械股份有限公司之數值控制車床（GCL-2L）操作說明書（鄭文斐，2014）裡的機台內部規格，包含有檔屑版、刀塔規格、刀塔至主軸中心距等等…，計算車床前後、左右之干涉距離，再加以設計。在設計上，預設工件尺寸為 $\varnothing 38 \times 65 \text{mm}$ 的圓棒，為學校數值控制車床課程常使用之鋁材料大小。

材料進行切斷除料時，為了避免工件掉落時造成損傷，所以在工件正下方加裝一機構用於接住掉落的工件；另可於數值控制車床之刀座上與其他刀具進行更換且不會造成干涉，如圖（三）。



圖（三）設計立體組合圖

三、機構材料的選用

使用中碳鋼（S30C）、鋁、壓克力三種材料進行比較。中碳鋼的優點為強度高、不易變形、易取得，缺點為重量重且易生鏽；鋁和壓克力的優點為重量輕、加工方便且不會生鏽，但鋁在加工時產生刀口積屑「切削延性高的材料時，切屑間的壓力與摩擦產生若干微粒黏結在刀具面，切削繼續進行時，黏結的材料愈多」（王千億、王俊傑，2013），會磨損刀具，壓克力則否，而兩者在強度上皆低於中碳鋼的強度，如表（一）的材料比較表所示。

表（一）材料比較表

材料 性質	中碳鋼（S30C）	鋁	壓克力
質量	7.85 g/cm ³	2.70 g/cm ³	1.19g/cm ³
抗剪強度	約 12.1 MPa	約 8.5 MPa	約 6MPa
加工	質較硬，加工時間過長	質軟易加工，但產生刀口積屑	質軟易加工

因支撐點之負荷原因，必須在機構強度符合要求內，盡可能減輕機構之重量，來達到此機構最好的完整性。

此機構的刀柄裝在車床刀塔上，刀柄材料必須要選用強度高且不易變形的中碳鋼，其餘部分因不讓機構之重量過重，宜選用壓克力或鋁，但加工鋁的過程中會產生刀口積屑，使刀子的壽命減短。故選用壓克力。

四、零件製作

（一）設備與軟體

使用 AutoCAD 將數控車床的主軸、刀塔、擋屑板繪出，之後繪出機構的外觀。經過多次的討論及修改後完成各部位的零件，接著使用 SolidWorks 將機構的立體圖、數控車床的主軸、刀塔及擋屑板繪出。將機構結合到繪製出的刀塔上，再使用動態模擬，模擬工件切斷時是否能掉入接料區。依照所繪製出的工作圖製造零件，選用傳統銑床銑削外型及內槽，接著使用靈敏鑽床進行鑽孔及鉸孔，最後再用平面磨床改善表面粗糙度。此機構所運用之設備與電腦軟體詳列於表（二）中。

表（二）設備與軟體

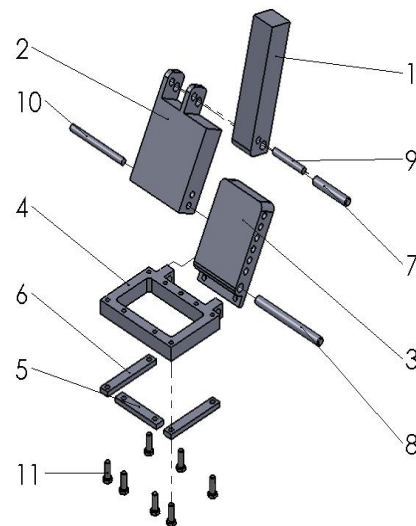
項目	名稱	單位	數量	備註
機械設備	傳統立式銑床	檯	1	銑削及尋邊
	靈敏鑽床	檯	1	鑽孔及鉸孔
	磨床	檯	1	改善表面粗糙度
電腦軟體	AutoCAD 2012	套	1	繪製工作圖
	Solidworks	套	1	繪製立體圖
	SoftLatheV5	套	1	模擬 CNC 車床之行程

（二）零件設計

將各零件相對位置繪製於立體系統圖如圖（四）及零件表如表（三）所示。

表（三）零件表

件號	名稱	數量	規格(mm)
1	刀把	1	25×25×120
2	連接板	1	100×66×24
3	伸縮板	1	92×56×19
4	接料板	1	96×81×14
5	壓板	1	56×10×5
6	壓板	2	66×10×5
7	銷	1	Ø8×40
8	銷	1	Ø8×80
9	銷	1	Ø6×40
10	銷	1	Ø6×70
11	M5 六角螺釘	7	M5×18



圖（四）立體系統圖

（三）零件功能

零件分為刀把、連接板、伸縮板及接料板，將各部為零件分成功能、配合、設計、製

作四個部分進行講解，詳細說明如下：

1、刀把

(1) 功能：固定於刀塔的刀座上。刀把上之圓角為配合連接板時能調整角度。

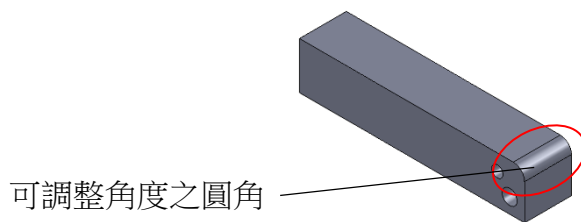
(2) 配合：使用 $\varnothing 8\text{mm}$ 與 $\varnothing 6\text{mm}$ 的銷與連接板連接，如圖（五）。



圖（五）銷孔

(3) 設計：將刀把裝於刀塔上，用奇異墨水畫出其大略中心點，並於 AutoCAD 上進行孔位、角度的計算。

(4) 製作：先將外圍銑至所設計之尺寸，再運用尋邊器進行尋邊，尋邊後需加上其尋邊器之半徑 3mm，換上所需之鑽頭，再進行鑽孔、鉸孔。換上 R6 之 R 角刀銑削邊緣。（大孔之尺寸為 $\varnothing 8\text{mm}$ 小孔之尺寸為 $\varnothing 6\text{mm}$ ），如圖（六）。

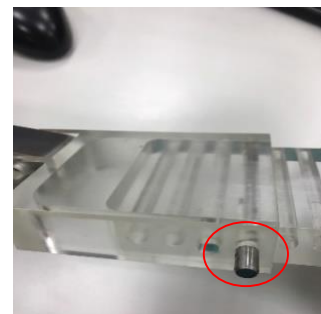


圖（六）刀把模擬圖（左）、刀把實體圖（右）

2、連接板

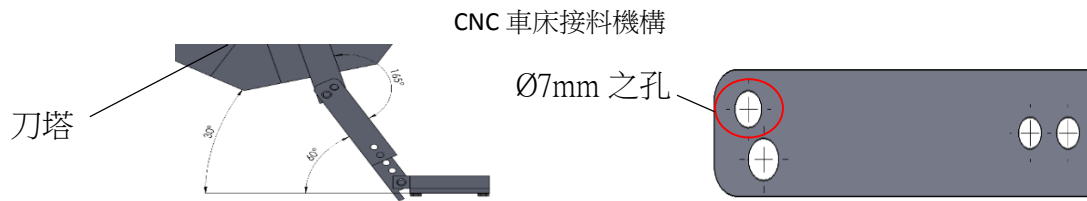
(1) 功能：連接刀把與伸縮板。

(2) 配合：上方使用 $\varnothing 8$ 與 $\varnothing 6$ 的銷與刀把連接；下方使用 $\varnothing 6$ 的銷與伸縮板連接，如圖（七）。



如圖（七）銷孔

(3) 設計：以設計完成之刀把設為基準，算出刀把與連接板之夾角約為 165° （接料板與水平面之夾角約為 60° ）如圖（八），並將刀把之孔位畫於連接板上，加以設計求出連接板之孔位。最後，將小孔之尺寸 $\varnothing 6\text{mm}$ 之孔改為 $\varnothing 7\text{mm}$ 的孔如圖（九），給予銷與孔一個空間，為了減緩材料掉落時所造成的衝擊。



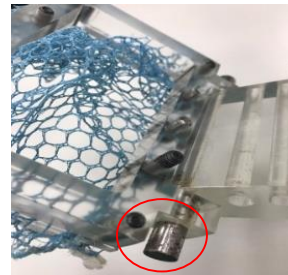
圖（八）機構之夾角圖

圖（九）連接板之前視圖

- (4) 製作：先將外型銑削到所設計之尺寸，利用尋邊器（作法如上），且須先進行鑽孔、鉸孔再進行銑削，避免工件孔內產生較大毛邊（不易清除）。因考量夾持之安全問題，所以優先銑削上半部之階級（由於中間為空心，較不適合夾持如圖（十）），再銑削其他部分。



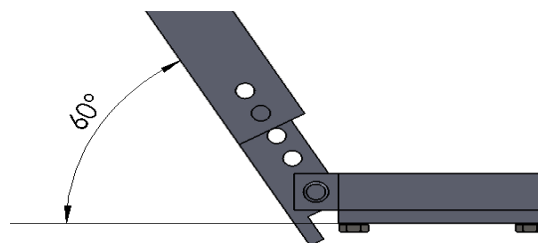
圖（十）連接板空心部分



圖（十一）銷孔

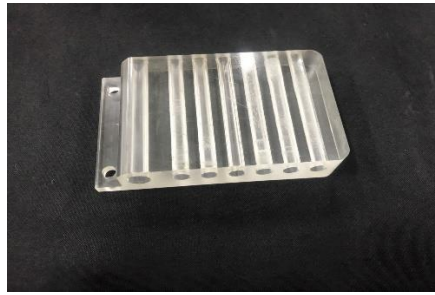
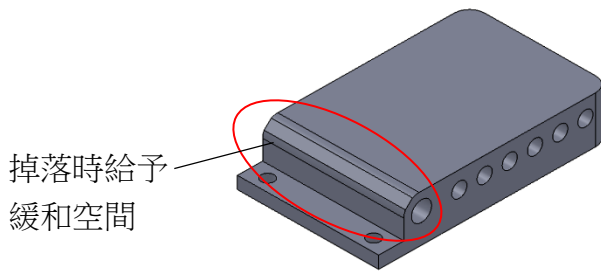
3、伸縮板

- (1) 功能：因應機台之刀塔與主軸的中心距離，進行調落位置之距離的調整。
- (2) 配合：使用 Ø8 的銷與接料板連接，如圖（十一）。
- (3) 設計：因其角度約為 60 度如圖（十二），所以每移一格（斜邊長 10mm）X 軸前進距離約 5mm、Y 軸前進距離約 8.66mm。而其倒角功用在於工件掉落時，給予接料板與掉落的工件一個緩和的空間，以減輕負荷，如圖（十三）。



如圖（十二）示意圖

- (4) 製作：先將外圍銑削到所設計之尺寸，利用尋邊器（作法如上），對孔位進行鑽削、鉸孔再進行銑削。再利用端銑刀銑出旁邊之階級，最後使用 V 形枕銑出倒角，如圖（十三）。

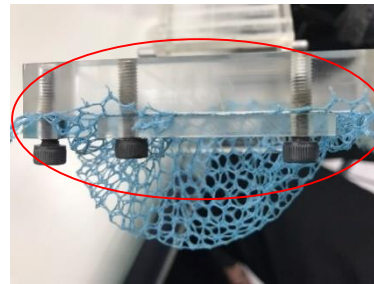


圖（十三）伸縮板模擬圖（左）、伸縮板實體圖（右）

4、接料板

(1) 功能：接住工件。又因為網子的特性，可將切削劑與鐵屑排除，並給予掉落的工件一彈力，減輕軸之負荷。

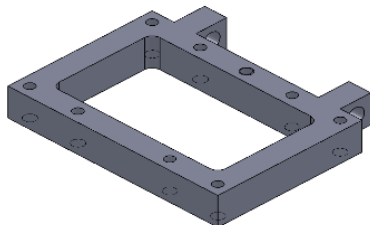
(2) 配合：使用 M5 螺絲，配合接料板之螺紋，利用壓力將壓板緊壓於接料板，使網子穩固，如圖（十四）。



圖（十四）接料板裝配圖

(3) 設計：將接料處外型設計成 96x65mm，內方孔設 76x46mm；為了安裝網袋於接料板上，而各處設計為 M5 螺紋孔。選用網子因運用其繩子之彈力與間隔性，不僅能減輕銷之負荷，又能排除小鐵屑與切削劑。

(4) 製作：先將外圍銑削到所設計之尺寸，利用尋邊器（作法如上），且須先對孔位進行鑽削、螺紋孔，為維持加持之安全性。鋸削其內方孔後進行銑削，到該尺寸去完毛邊之後再鋸削上半部之階級，為確保銑削夾持之安全性，如圖（十五）所示。



圖（十五）接料板模擬圖（左）、接料板實體圖（右）

五、偏擺角度測試

由於刀塔上裝上此機構使得工件與接料機構的距離短，使馬格努斯效應效果不明顯，所以將刀把與連接板的角度做測試，分別以角度不變、上升 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 和上升 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 進行測試。

經過實驗後，發現在角度正常不變的情況下，工件掉落時會撞到接料板邊緣然後彈出；在角度上升 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ 時，工件掉落時會撞到接料板邊緣然後彈進接料區內；在角度上升 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 時，工件直線掉落。角度測試，如表（四）所示。

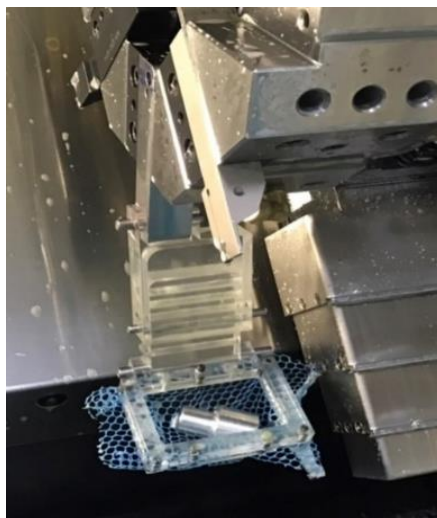
表（四）角度測試表

實驗項目 偏擺角度	伸出量	落下位置	實驗成功與否
正常	工件正下方	撞到接料區外圍彈出	失敗
上偏 $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$	向前約 2.6mm	撞到接料區外圍彈進	失敗
上偏 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$	向前約 5.1mm	直接掉入	成功

由實驗得知刀把與連接板的角度上偏 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$ 會達到最為理想的結果，工件將會掉落於接料板內。

六、組裝成品

首先我們將刀把與連接板、連接板與伸縮版及伸縮版與接料版以平行銷連接，並將網子放置於接料版與壓板中，接著我們將組裝完成的機構裝置於切槽刀下一個刀座，由於刀把外型是以右手車刀作為設計，所以在掉落時，機構才不會與夾頭干涉。在切斷的實驗中，得知我們的機構能成功的接住掉落的工件至 CNC 車床接料器內（如圖十六）所示。



圖（十六）上機實體圖

參、結論

本結論為探討實驗中的問題與解決、研究心得及未來展望，詳細說明如下：

一、實驗中的問題與解決

在實驗的過程中，發現並克服了機件過長、強度考量、實驗結果，詳細說明如下：

(一)機件過長採分段設計

發現原始機構設計過長，在數值控制車床刀座進行換刀旋轉時，會對車床本體及此機構造成撞傷，於是決定增加機件連接數量及分開進行組裝以排除干涉。

(二)支點強度考量

因怕支撐點之負荷過大，所以將機構的重量減輕，以防止工件掉落時，銷與機件承受過大的剪力而導致損壞，且在各零件配合處，給予兩連接機件一個緩和的空間。

(三) 實驗結果

上機實驗切斷工件時，小鐵屑與切削劑因網子的洞而落在機台底下。也依照馬格努斯原理來調整伸縮板的距離與刀把和連接板之角度，來達成接料的目的。

二、研究心得

經過這次的專題讓我們有不少的成長。在加工中，讓我們學習到更多的加工方式，例如：配合處的尺寸公差必須適時的做到上限和下限，才不會造成餘隙配合（鬆鬆的）和過盈配合（太緊）。在設計上，必須考慮到加工上是否有能力進行傳統加工...等事項；在製作專題中，難免會碰到意見分歧的時候，從一開始的爭執到後來的溝通，都讓我們更懂的去聆聽他人想法與意見、給予彼此更多的想像空間，並增進機構的完整性；俗話說的好：「三個臭皮匠勝過一個諸葛亮」，這句話讓我們了解到，即使是三個平庸的人集結在一起也能夠有很好的表現；在團隊上，我們變得更加團結，每個人都努力將自己的專長發揮到淋漓盡致。

三、未來展望

由於求學階段，所見的機台不夠廣泛，因此無法找出不同機台的共通點，使設計的機構只能適用於一種機台；在機構強度部分，使用壓克力，而強度不夠理想；在使用方面，機構因與機台干涉而無法配合刀塔進行旋轉，因此每做完一個工件進行換刀時就得拆下來。

在未來希望能接觸更多機台、材料來改善機台適用的種類及機構的便利性與強度；在使用方面，能利用其他的機件原理及其他更多的知識來減少機構的空間與負荷，使機構能配合刀塔進行旋轉。

肆、引註資料

王千億、王俊傑（2013）。**機械製造 II**。全華：台北市。

白努力（1741）。**白努力定律**。2016 年 10 月 25 日，取自
http://www.mingdao.edu.tw/acaaff/facility/volunteer/fun_room1.pdf

馬格努斯（1852）。**馬格努斯效應**。2016 年 10 月 25 日，取自
<http://scigame.ntcu.edu.tw/air/air-023.html>