

投稿類別：工程與技術類

篇名：雙刃端銑刀刀端間隙角研磨機構

作者：

李東諮。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年仁班

賴瑀婕。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年仁班

曾煒群。臺北市立松山高級工農職業學校。機械科三年仁班

指導老師：

陳添財老師

胡銘軒老師

壹●前言

端銑為銑床加工中相當重要的技能，主要是利用端銑刀對工件進行溝槽與肩角的加工（王金柱，2014）。其切削效果的好壞，關鍵在於端銑刀的各刀角是否能發揮應有的作用，例如間隙角能否防止刀具與工件之摩擦、斜角是否能發揮排屑的作用…等功效（洪良德，1981），因此研磨出正確的刀角對端銑加工效能具有極大的影響。

一、研究動機

我們在練習機械加工丙級的題目時，經常使用端銑刀進行加工，但因同學加工方式不當，常導致端銑刀的刀刃崩裂，學校的刀具磨床又損壞待修，此時就有勞老師以徒手的方式用砂輪機來進行研磨，但老師研磨端銑刀的速度遠不及學生破壞刀具的速度，因此我們嘗試探討刀具磨床研磨刀具的原理，並利用在學校實習工廠常見的砂輪機，設計一簡易刀具研磨輔助機構解決此一問題。

二、研究目的

基於上述研究動機，我們想運用在學校所學的機械相關知識與技能，設計並製造可以在砂輪機上使用的刀具研磨輔助機構，使其在砂輪機上也能達到如同刀具研磨機的磨削效果。

三、研究流程圖

本研究係在學校工廠實習課時發現上述問題，因此，利用高三專題製作課程的時間，與組員們討論問題與擬定可行的想法後，開始蒐集資料、參考相關文獻，並作機構之設計，最後再將設計的機構做出，進行檢測與修正，直至可行後，將其撰寫成研究報告。其研究流程如圖 1 所示：

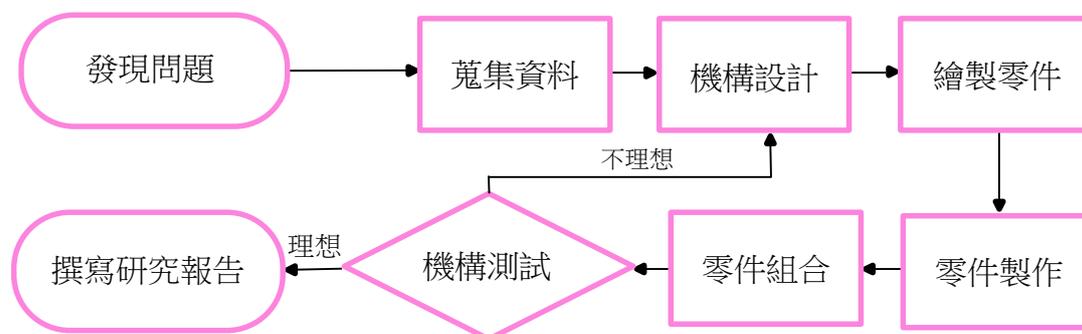


圖 1 兩刃端銑刀輔助研磨機構研究流程圖

貳●正文

一、端銑刀軸向刀角及其功用

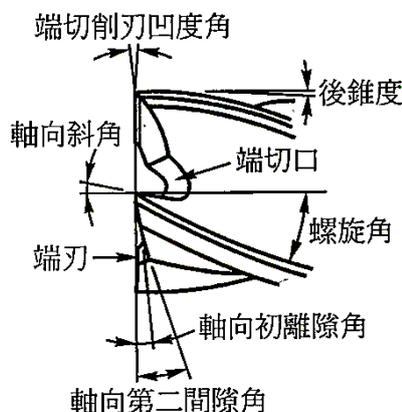


圖2 端銑刀軸向刀角名稱(蔡德藏，2008)

(一) 軸向初離隙角：

此離隙角在刀角當中扮演著很重要的角色，當刀具之離隙角過小時，容易導致工件與刀具產生極大的摩擦力使切削不易，進而造成刀具受損，因此軸向初離隙角的功用為「**避免刀背與切削面之摩擦**」(洪良德，1981)。此角之另一作用為使銑削過程中排屑順暢，當角度越大時排屑能力越好，反之，則排屑能力越差。應注意離隙角之角度與刀口強度成反比，且在銑削加工材料之選用應配合適當角度之端銑刀。

(二) 軸向第二間隙角：

軸向第二間隙角與軸向初離隙角之功用大同小異，具有排屑、防止刀具與工件有過多之接觸面，但其最為主要之功用為輔助使用者研磨軸向初離隙角，如圖 2 所示，軸向初離隙角在此間隙角之上，若無此刀角，則無法研磨出初離隙角，所以軸向第二間隙角的功用為「**增加銑削效果及容易研磨主間隙角，於刀背後再研磨一斜面成為次間隙角**」(洪良德，1981)。

(三) 端切削刃凹度角：

端銑刀為達到如同鑽頭一般的鑽削圓孔能力，因此設計此角度，此角度之功用為使端銑刀「**可直接在工作物上銑削圓孔**」(沈金旺，2008)，使端銑刀可具有插銑的用途。

二、刀角研磨原理

本刀具研磨輔助機構主要為輔助砂輪機研磨端銑刀之軸向第二間隙角及軸向初離隙角，而我們的機構設計為放置在砂輪機之扶料架上使用，但砂輪機之扶料架並未設計能準確偏擺其角度，我們也無法於學校之砂輪機上刻劃角度，因此我們不採用直接旋轉機構的方式來控制刀具研磨平面之角度，而是採用《工廠實習》一書中所述，關於研磨端銑刀刀角之原理：磨削端銑刀軸向刀角時，若以平直砂輪研磨，則砂輪中心需與銑刀中心偏置，其偏置量為 $0.0087 \times \text{砂輪直徑} \times \text{初離隙角度} \times \text{螺旋角的餘弦}$ （蔡德藏，2008）。此公式讓我們知道端銑刀刀角之研磨，除了將機構本身旋轉外，還可透過砂輪中心與端銑刀中心偏置來控制。其刀具中心與砂輪中心偏置示意圖如圖 3 與圖 4 所示。

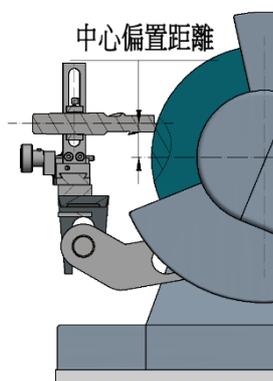


圖 3 砂輪中心與銑刀偏置

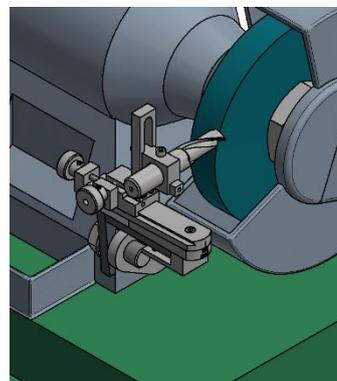


圖 4 砂輪中心與銑刀偏置立體示意圖

依據上述原理，可得知調整刀具與砂輪之中心距離，會影響刀具與砂輪的研磨面角度，當端銑刀與砂輪的中心距離越遠時，刀具研磨面與刀具軸向角度就會越大，如圖 5 所示；反之，若中心距離越小時，則刀具與砂輪之研磨面與刀具軸向的角度就越小，如圖 6 所示。

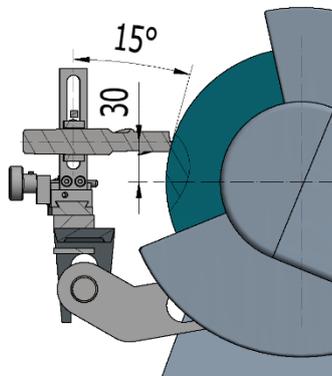


圖5 中心距離大、研磨面角度大

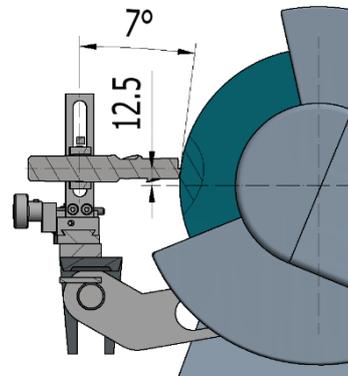


圖6 中心距離小、研磨面角度小

三、機構設計

(一) 初離隙角與第二間隙角控制機構

本機構係藉由調整刀具與砂輪之中心距離來控制初離隙角與第二間隙角，而距離可以透過調整砂輪機之扶料架來達成，但砂輪機之扶料架為透過螺栓來進行鎖緊，若時常拆裝螺栓會使螺栓頭產生滑牙的狀況，所以我們希望減少扶料架移動的頻率並能直接在機構上進行高度之調整，因此取而代之的是在機構上之零件開一個直狹槽，並透過使用六角承頭螺釘來控制刀具套筒固定的高度，如圖7為刀具套筒固定於機構之示意圖。六角承頭螺釘易於拆裝且較不易產生滑牙，與調整扶料架相較，此方法較為便利且能使工具之壽命延長。如圖8為機構調整高度示意圖。在刀具套筒部分，由於將套筒設計為每旋轉180度即可有螺紋孔可使螺釘鎖緊，因此只能研磨刀角相距為180度之雙刃端銑刀，當其一側之刀角研磨完畢時，可直接將刀具套筒旋轉180度，對另一刀角之磨削。

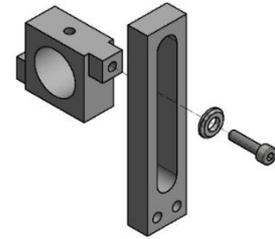


圖7 套筒固定於機構示意圖

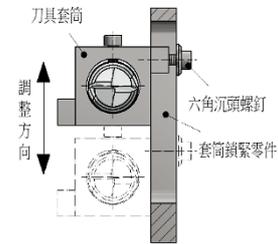


圖8 機構調整高度示意圖

(二) 端切削刃凹度角控制機構

設計此機構是為了配合端銑刀之端切削刃凹度角，當端銑刀固定於此機構的刀具套筒上時，機構若逆時針旋轉了A角度，則端銑刀也會跟著逆時針旋轉成A角度，如圖9所示，這樣就能透過旋轉機構來控制端切削刃凹度角的角度，同時我們也在零件側邊處銑削與旋轉機構之旋轉軸同心的圓弧面，並於零件弧面處增加角度刻度之設計，使我們能準確的控制端切削刃凹度角研磨至適當之角度，如圖10所示。

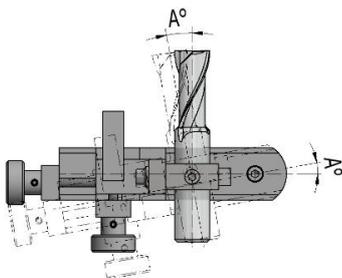


圖9 刀具與機構偏轉角度相同

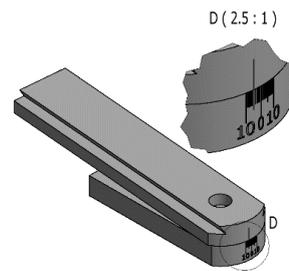


圖10 零件弧面刻度設計

(三) 刀具進給控制機構

本機構為控制刀具進給之裝置，其進給方式為使用螺桿來帶動滑塊移動，我們在兩方向皆有設計螺桿與滑塊之配合，使刀具能在兩軸向進給，如圖11所示。在螺桿傳動部分，螺紋具有輸送動力與傳達運動等功用(葉倫祝，2015)，能透過轉動螺桿來帶動滑塊，使刀具進給至欲研磨之適當位置。圖12為螺桿傳動部分零件示意圖。

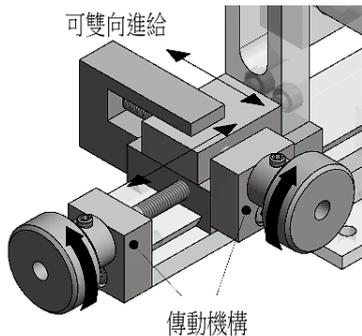


圖11 雙向進給機構

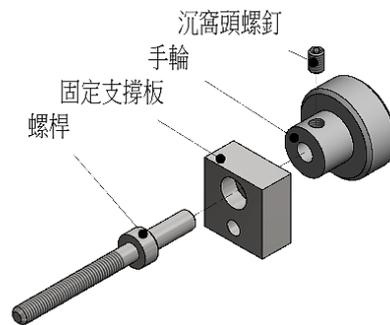


圖12 螺桿傳動機構示意圖

而在此機構的滑塊有兩種配合方式，分別為鳩尾與凹凸之配合，如圖 13 之滑塊，其使用鳩尾配合的原因，為考慮到凹凸配合須另製作零件才能將自由度限制為 1，而鳩尾槽配合無須其他零件就能使滑塊自由度限制為 1。如圖 14 所示之滑塊，並未使用鳩尾槽配合，原因為此滑塊體積小，可放置之位置也較為狹小，且使用鳩尾槽之缺點為零件體積變大、在空間較小處無法使用，正因上述鳩尾配合之缺點，所以我們在此處採用凹凸配合，但凹凸配合並未將滑塊上下方向之運動限制，導致磨削刀具時機構會有上翻的情形。為了避免上述狀況發生，我們增加了一個阻擋滑塊上下運動之零件，如圖 15 所示，使磨削時不會因為零件上翻而產生危險與影響刀具加工。

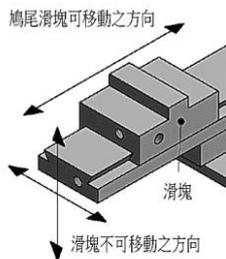


圖13 鳩尾滑塊配合與其可運動方向

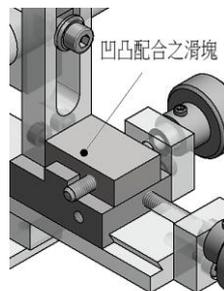


圖14 凹凸配合之滑塊

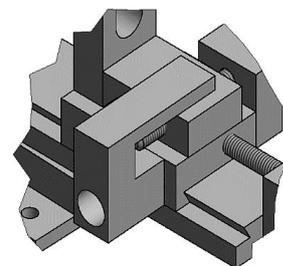


圖15 增加零件限制凹凸配合滑塊的自由度

(四) 底座固定機構

本機構設計為放置扶料架上使用，因此我們將底座採用C字型的樣式，方便卡於扶料架上，並以三點式的固定法來使用螺釘將機構固定，而採用此方法的原因為，三點式之固定為最基本的固定平面法，此一固定法能將各點形成一平面，使整面都能受力鎖緊；而不採用兩點鎖緊的原因為，會使平面無法固定之兩側產生鬆動。如圖16為底座設計與三點螺釘鎖緊示意圖。

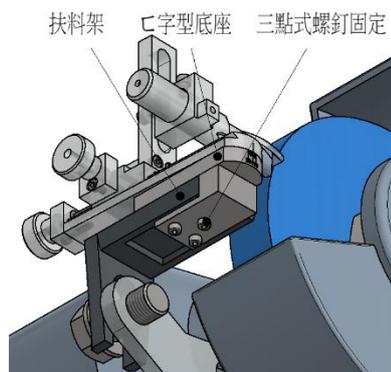


圖 16 機構C字型底座與螺釘三點式固定法

四、雙刃端銑刀刀端間隙角研磨機構示意圖

我們把機構之各零件依照草圖設計以3D繪圖軟體Autodesk Inventor繪製完成後，將零件於程式中組合起來，如圖17所示，檢查機構各個零件是否有設計不良或是尺寸不正確等問題，接著將模擬機構放置於砂輪機上，如圖18與圖19所示，從模擬機台動作中，分析本機構是否符合初始的設計構想，並將設計圖中的零件修改至最佳的設計，即可依照繪製出的零件圖，將機構零件依照設計方式進行實體加工，並依各零件的功能，選擇最適當之加工方法。

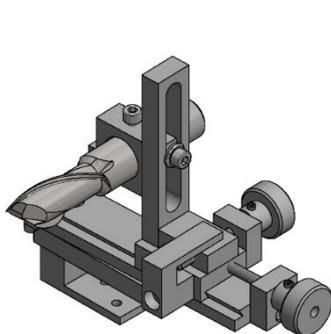


圖17 機構組合圖

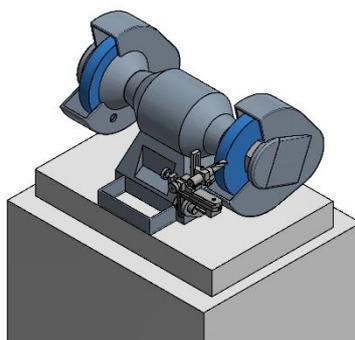


圖18 機構置於砂輪機上示意圖

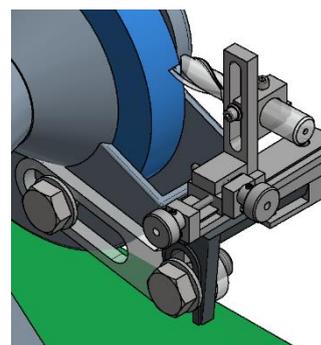


圖19 機構放置於砂輪機放大示意圖

五、機構製作

(一) 使用材料及設備

1. 使用材料：S45C、S25C、沉頭螺釘。
2. 使用工具：端銑刀、面銑刀、中心鑽、鑽頭、車刀、切槽刀、倒角刀、壓花刀、螺絲攻、沉頭鑽、圓鼻刀、雕刻刀、手工鋸。
3. 工具機：傳統車床、傳統銑床、綜合切削中心機、鑽床、帶鋸機。

(二) 零件製作

每個機構零件皆有各自的重要性，因此在零件之尺寸公差以及各式幾何公差中都要有相對應的精度，所以在決定零件製作方法時，成了機構能否順利運作的重要因素之一。

1. 初離隙角與第二間隙角控制機構製作

此控制高度機構的刀具套筒與放至套筒之零件直狹槽，為此設計最重要的配合，因為當直狹槽尺寸、垂直度不準確與表面粗糙度太大時，會使刀具套筒不易放置且容易產生歪斜，因此在直狹槽之製作方式設定為，先在槽之兩端鑽孔，再將兩孔間之餘料使用鋸切移除，並以銑床之端銑刀進行槽的銑削，將槽銑削完後，使用倒角銑刀為槽進行倒角，如圖 20 所示，倒角後之直狹槽能使刀具套筒方便放入。



圖 20 運用倒角銑刀進行直狹槽倒角

2. 端切削刃凹度角控制機構製作

此控制角度機構能透過在零件圓弧面上之刻度，使機構旋轉至加工者需求之度數，在零件之圓弧面的加工為使用綜合切削中心機進行，我們透過 Mastercam 此一軟體，製作銑削之程式使其進行加工，其曲面與刻度加工過程如圖 21 所示。

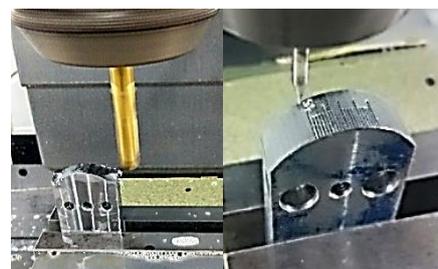


圖 21 綜合切削中心機曲面與刻度加工

3. 刀具進給控制機構製作

本機構之刀具進給部分採用螺桿帶動滑塊進給，在滑塊配合方面分為鳩尾與凹凸配合，而鳩尾槽與鳩尾座為進給機構最為重要之零件，若加工不當容易使滑塊上之其他零件產生歪斜，使機構無法正確進行轉動，因此在加工時應特別注意鳩尾的平行度與垂直度之製作，如圖 22 為銑床鳩尾加工圖。

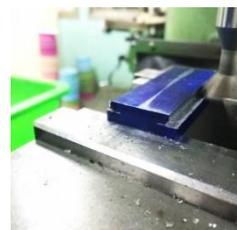


圖 22 銑床鳩尾加工

4. 底座固定機構製作

此機構底座為整體之基準，因此底座零件之幾何公差十分重要，若底部垂直度與平行度公差過大時，將造成整個機構歪斜與無法作用等問題，所以在底座零件進行加工時，須將銑床床台與主軸透過量表進行垂直校正，校正完畢後才可加工底座之零件，如圖 23 為使用量表校正銑床床台與主軸之垂直度。



圖 23 量表校正銑床床台與主軸垂直度

(三) 機構測試

為了證實我們所製作出來的刀具研磨輔助機構能達到如前文所述之研磨刀角功用。因此，我們希望透過實際測試，將一把刀角損壞之端銑刀研磨成理想的角度，如圖24為損壞之端銑刀，而我們把理想角度設定為如《切削刀具學》一書所述：端銑刀如銑削鋼料，其軸向初離隙角應為 $4^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，而軸向初離隙角只須比出離隙角大 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 即可(洪良德，1981)。所以我們將初離隙角、第二間隙角與端切削刃凹度角設定為 5° 、 10° 以及 2° 。

測試此機構之首要步驟為將其固定於砂輪機之扶料架上，並將刀具與刀具套筒鎖緊於機構，再旋轉機構至刀具之端切削刃凹度角的角度，並帶入前文所述之刀具中心偏置研磨刀角原理的公式計算出刀具中心與砂輪中心的距離約為19.4mm，其公式為 $0.0087 \times 240\text{mm}$ （砂輪直徑） $\times 10^{\circ}$ （第二隙角度） $\times \cos 20^{\circ}$ （螺旋角的餘弦） $\doteq 19.4\text{mm}$ （偏置量），將偏置距離調整完成後，就能進給機構使刀具進行研磨，將其損壞之刀角磨除，圖25為刀角磨削過程，而端銑刀一邊之刀角研磨完成後，將刀具套筒旋轉 180° 進行另一刀角磨削，使兩邊研磨成對稱之刀角即可。

第二間隙角研磨完成後，便可進行初離隙角的磨削，而兩刀角之研磨步驟大同小異，其中的差別為公式中所代入之刀角角度不同而使中心偏置距離改變，因此將公式中的刀角角度更換，求得偏置距離約為9.7mm，接著依照磨削第二間隙角的方式，就可將初離隙角研磨完成。如圖26為研磨過後之刀具。

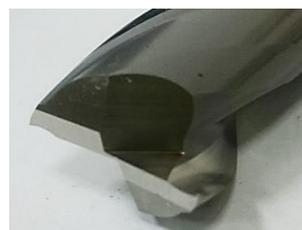


圖24 損壞之端銑刀

圖25 磨削端銑刀刀角過程

圖26 研磨過之端銑刀

理想刀角與研磨之端銑刀之刀角比較表如表1所示，其刀角與理想之刀角具有偏差，為了確認此偏差是否影響端銑刀之功用，因此我們將再透過全新的端銑刀與研磨過之端銑刀實際在銑床上銑削料件的測試，來證實本機構研磨之端銑刀與全新端銑刀具有相同的功用。

表1 理想刀角與研磨之端銑刀之刀角比較表

刀角名稱 比較項目	軸向初離隙角	軸向第二間隙角	端切削刃凹度角
理想刀角	5°	10°	2°
研磨之端銑刀	5.5°	11.5°	2°
角度偏差量	0.5°	1.5°	0°

在使用全新之端銑刀與研磨之端銑刀銑削料件的過程中，其刀具在於切削、排屑等功用並無明顯的差異，但在兩者銑削之平面則有刀痕多寡的差別，如圖27所示，左圖為全新端銑刀銑削之平面，右圖為研磨之端銑刀的銑削平面。然而在學校實習課當中，端銑刀最主要的功用為銑削工件達到其需求之尺寸，並無特別要求銑削面的粗糙度，因此



圖 27 左圖為全新端銑刀之銑削面，右圖為研磨端銑刀之銑削面

研磨之端銑刀雖無法銑削出較精細的表面，但在實習課中仍然能實際運用到，由此測試證明本機構具有研磨出使各刀角發揮其功用之端銑刀的能力，達到一開始所設計此輔助刀具研磨機構的目的。

參●結論

一、研究結果

本研究在實際測試完成後，發現所設計之機構能順利磨削出需求之刀角，且刀具也能實際運用在實習課堂中，因而達到本研究最初之動機與目的。讓我們未來在課堂上就算將端銑刀用至損壞，也能透過本機構輔助在砂輪機上自行進行研磨，無須使用刀具研磨機或是請求老師來協助完成，使刀具能有效的進行運用並延長其使用之壽命。

二、問題討論與未來研究方向

儘管本次製作的機構經過了多次的修改與校正，但仍有許多的問題是礙於目前的設備與資源使我們無法解決，如機構鎖緊於扶料架的C字型底座強度不足，若過度用力將螺釘鎖緊，容易導致底座變形，如能將底座的兩個零件以一體成型的方式製作，便能增加底座的承受力量以改善問題；在進給刀具轉動手輪時，並無刻度使操作者記錄進給的距離，若能透過車銑複合機在手輪上銑削出刻度，就能讓機構更易於使用；由於目前機構的刀具套筒只設計於磨削雙刃端銑刀，並無設計能磨削其他刀數之端銑刀，若能改變機構在於裝設刀具之套筒的設計，就能使機構在研磨端銑刀的種類運用能更加的靈活。希望在未來擁有更多資源與知識時，能夠對此機構加以改良，使機構之功用更為多元與完善。

肆●引註資料

- 一、王金柱（2014）。**機械加工實習**。新北市：全華文化。
- 二、洪良德（1987）。**切削刀具學**。新北市：全華文化。
- 三、蔡德藏（2009）。**工廠實習 機工實習**。新北市：全華文化。
- 四、沈金旺（2004）。**銑床工作法**。新北市：全華文化。
- 五、葉倫祝（2015）。**機件原理 I**。新北市。全華文化。