

投稿類別：工程技術類

篇名：

探討切槽刀刃角及切削材料對切屑型態之影響

作者：

張仕昕。台北市立松山高級工農職業學校。機械科三年仁班

謝秉均。台北市立松山高級工農職業學校。機械科三年仁班

指導老師：

胡銘軒老師

蘇瑜賢老師

壹●前言

一、研究動機

高二練習機械加工檢定時，車工方面的切槽加工是最令我們感到頭痛的地方。由於磨刀的技术還不夠成熟，對於許多刃角的功能也沒有深入的了解，導致實際切削時可能會產生排屑不順使切削困難；或是因為刀刃口不平整使切出來的表面呈斜面或精度不佳。因此我們想要對切槽刀各刃角的功能所引起的現象做討論，以探討切槽刀角對於各種材質最適合的刃角。

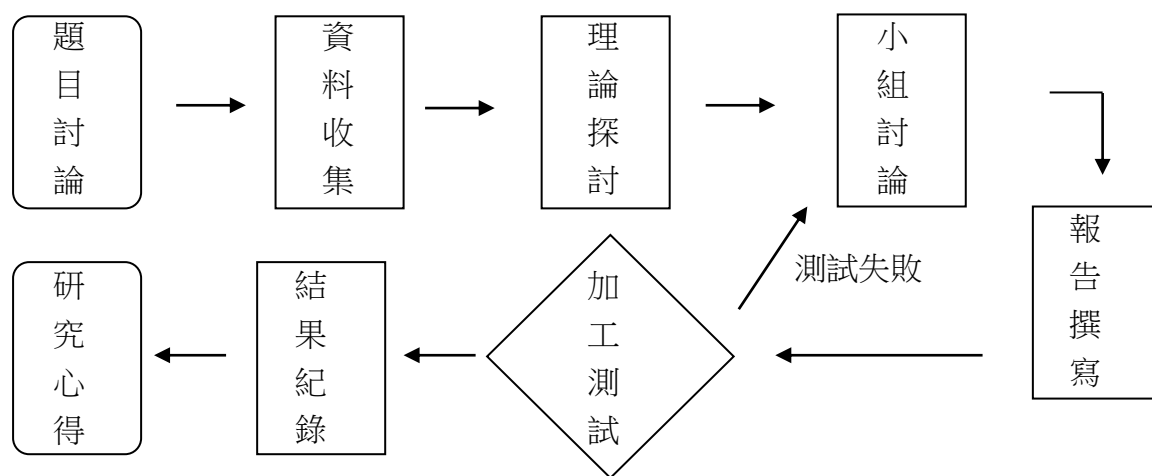
二、研究目的

本篇的研究目的主要是探討切削不同材料時，切槽刀各刃角所帶來的影響。由於教科書上只有介紹刃角所持有的功能與建議的範圍值，很少對於各種材料有較精確的角度值。因此我們想將切槽刀磨出不同大小的刃角，配合所切削的材料探討切削時的現象與問題。針對前隙角及後斜角探討不同材料切屑型態之影響，其研究目的如下。

- (一)探討切槽刀前隙角對不同材料切屑型態之影響。
- (二)探討切槽刀後斜角對不同材料切屑型態之影響。

三、研究流程

題目訂定後，我們開始蒐集有關於切槽刀材質與不同材料切削特性的資料，並進行討論與假設實驗的結果並寫進報告裡，最後進行加工測試與結果紀錄，最後撰寫有關於這次專題的心得。



圖一、研究流程圖

貳●正文

一、相關資料蒐集

(一) 實驗材料

「機械材料大致可分為金屬材料及非金屬材料兩大類。金屬材料分為鐵金屬與非鐵金屬」(王千億、王俊傑, 2012a)。鐵金屬材料包括一般的碳鋼或合金鋼等；非鐵金屬材料包括銅、鎂、鋁等合金。我們取機械加工常見的低碳鋼、黃銅與鋁合金為本次實驗材料，其各材料之特性如下。

1、低碳鋼

一般碳鋼是指含碳量在 0.02~2.0%間的鐵碳合金，而含碳量 0.3%以下的為低碳鋼。碳鋼含碳量越高，硬度越高不易切削；含碳量越低，延展性越高，容易產生刀口積屑(BUE)，亦不易切削，碳鋼以含碳量 0.3%的中碳鋼最容易切削。由於學校大部分提供含碳量 0.2%的低碳鋼，且與含碳量 0.3%的中碳鋼含碳量值接近，故本次實驗使用此材料。

2、黃銅

銅質軟但黏性強而不易加工，一般使用鑽石刀具作高速鏡面切削。而黃銅為銅與鋅的合金，切屑不連續且切削性不錯。由於黃銅硬度不高，在工廠有做為防止機件磨損的用途，例如在夾持工件時使用銅棒，不使用其他材質，即是為了防止工件磨損。為工業上常用合金，故選為本次的實驗材料之一。

3、鋁合金

純鋁質軟但富延展性，容易產生刀口積屑(BUE)，應與銅一樣作高速鏡面切削。鋁合金耐蝕性佳，機械性質優良，容易切削。鋁合金由於質量輕且容易加工，常用於強度不需很高又需輕量化的部位，例如筆記型電腦或手機的外殼，為工業上常用合金，故選為本次的實驗材料之一。

(二)使用工具機

「車床是將加工物固定在旋轉主軸上旋轉，刀具作軸向、橫向或曲線方式移動在工件上加工出所需形狀的工具機」(江元壽，2016)。車床可做外部的加工，如：車端面、外圓、圓錐、曲面、切槽與切斷、壓花、螺紋等，亦可做內部加工如：鑽孔、搪孔、鉸孔、車錐孔、內螺紋等。

車床依據用途不同而發展出許多不同種類，例如機力車床、凹口車床、立式車床……等。其中操作最方便的车床為機力車床，如圖二。「即一般所稱的普通車床，又稱引擎車床，為目前使用最廣泛的車床」(林英明、林昂、林欣，2014)。由於本實驗所使用之實驗材料並無特殊形狀或較大的體積，故使用機力車床即可。



圖二、機力車床

(三)切槽刀具材質

「切削工具為了適應各種不同條件的切削加工，必須具有韌性、冷硬性以及紅熱硬性等」(王千億、王俊傑，2012a)。一般很少有刀具能同時具有韌性以及硬度，例如高速鋼刀具雖有不錯的韌性，但硬度不高；陶瓷刀具雖然硬度高，但缺乏韌性無法進行間歇式切削。碳化鎢為一般工廠上最常用的刀具材質，而高速鋼刀具也常應用在重切削加工，以下為高速鋼與碳化鎢的材質介紹。

1、高速鋼

為鐵、鎢、鉻、釩等合金所組成，依需要還可加入鉬與鈷等元素，此刀具韌性最好且具有紅熱硬性，可在 600°C 高溫時仍然保持 HRC60 的硬度而不會退火軟化，如圖三，常用於間歇式切削與成形切削。依據工作用途而有鎢系與鉬系和鈷系，鎢系高速鋼用於切削溫度較高的場合，鉬系高速鋼用於刀具需有強大韌性的切削工作時，而本次實驗使用的為鈷系高速鋼，這種高速鋼是在一般的高速鋼中加入鈷元素，可同時

增加刀具耐熱性與硬度，使其耐熱性與硬度介於鎢系及鉬系之間，由於本實驗須使用耐熱性及硬度皆高的刀具，使其不容易在切削過程中崩裂，故選用鈷系高速鋼。

2、碳化鎢

此種合金耐熱溫度可達 1100°C ，但脆性大不耐衝擊，無法作為長條狀使用，並分成以下三類：

- (1) P 類：成分為碳化鎢、碳化鈦、鈷。用於碳鋼與鑄鋼的連續切削，使用率最高，為工廠最常用的刀具，刀柄塗藍色用以辨識，如圖四。
- (2) K 類：成分為碳化鎢、鈷。用於切削石材與脆性材料的不連續切削，石材或鑄鐵等低抗拉強度材料的切削，刀柄塗紅色用以辨識。
- (3) M 類：成分為碳化鎢、碳化鈦、碳化鉬、鈷。用於不鏽鋼與合金鋼及延性鑄鐵等抗拉強度大的材料切削，刀柄塗黃色用以辨識。

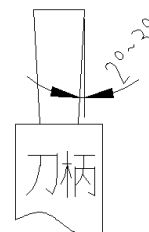
由於碳化鎢脆性大，較容易斷裂，為了防止在實驗過程中發生刀具崩裂的情況，我們使用具有較大韌性的高速鋼切槽刀，以防止實驗中刀具斷裂的情形發生。



圖三、高速鋼車刀與刀架



圖四、P 類碳化鎢

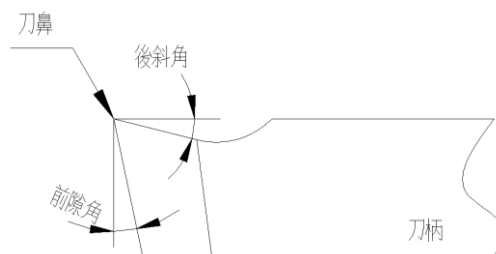


圖五、側間隙角

(四)切槽刀概要

本次使用高速鋼材質切槽刀刀片。由於切槽刀之刃角主要為前隙角與後斜角，故本次實驗主要針對槽刀的前隙角與後斜角不同的大小切削時所產生的現象。而槽刀刀尖部分較寬，刀刃至刀柄部分會形成 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 的側間隙角，以避免切削過程中因摩擦過大而導致斷刀，如圖五。

「切削刀具必須依工作需要，磨成適當的角度，才能發揮最大的效用」(王千億、王俊傑，2012b)。根據不同材料的硬度及抗拉強度，需磨成不同的角度。由於本次實驗所使用的切槽刀為成型刀具已有側間隙角，因此僅需磨前隙角與後斜角，前隙角與後斜角的位置，如圖六。因此本實驗僅針對此兩角度做探討，以下為斜角與間隙角之介紹。



圖六、斜角與間隙角位置

1、間隙角

主要功能為避免刀腹在切削時與工件摩擦產生熱量。大的間隙角與斜角太大時一樣都會造成刀尖切削時受力面積太小而崩裂、磨損；小的間隙角則會在切削時與工件產生過多的摩擦導致刀具退火。「一般而言，工件硬或刀具硬而脆者，間隙角應小；反之，則大」(王千億、王俊傑，2012b)。

2、斜角

主要功能為控制切屑的流向。若斜角太大會形成尖銳的刀尖，使切削時受力面積太小導致刀具容易崩裂與磨損；斜角小則會有較強的刀尖，但會造成排屑不順。「一般而言，工件硬度高、刀具硬而脆者，斜角應小；反之，則大」(王千億、王俊傑，2012b)。

四、實驗方法介紹

我們先從書上得知，切槽刀上最重要的角度為前隙角與後斜角，之後又得知此兩角度之建議值為 8° ~ 12° ，而決定選定之角度；後來我們查詢本次各實驗材料進給的建議值而選定自動進刀的數據，具體步驟如下。

(一)角度值的選用

由於我們選用的切槽刀為具有側間隙角之成型刀具，因此我們僅針對切槽刀上前隙角與後斜角做探討，且一次只對一種刃角的角度作改變。將

前隙角或後斜角固定為 10° ，並依實驗所需之變數使用砂輪機改變前隙角與後斜角之角度大小後進行實驗，最後紀錄結果並探討。「一般車刀之前間隙角與後斜角的建議值皆為 $8^\circ\sim 12^\circ$ 」(江元壽，2016)，為了使實驗結果有較明顯之差異，因此我們擴大角度範圍，對 5° 、 10° 與 15° 的角度做研究，並對結果作紀錄與探討。

(二)自動進刀

為了使切削速度相同，不影響實驗變因，故本次實驗應使用自動進刀。根據施忠良、徐世威(2009)提及切削材料與切削條件之推薦表與對策，得知低碳鋼合適的進給率是 $0.1(\text{mm/rev})$ ，黃銅和鋁合金的進 $0.4(\text{mm/rev})$ ，是較為理想之進給條件，故選為這次實驗進給速度的數值。

三、實驗步驟

我們將刀具前隙角與後斜角分別磨成 5° 、 10° 與 15° 三種角度後，進行材料切削，並對於其切屑型態做分析與探討，具體的實驗步驟如下。

- (一)使用外徑車刀將材料端面切除，以減少切槽時刀具的磨耗。
- (二)使用砂輪機將前間隙角磨至所需探討的大小後開始切削，並對切削時所產生的現象(例如：切屑型態、震動程度、是否易切入工件)進行紀錄。
- (三)使用砂輪機將前隙角及後斜角磨至所需探討的大小後開始切削，並對切削時所產生的現象進行紀錄。
- (四)重複步驟(二)至(三)直至實驗完成。
- (五)對於紀錄的結果作探討。

四、研究紀錄

我們將切槽刀的前隙角、後斜角分別磨成 5° 、 10° 與 15° 三種角度後，對金屬材料進行切削，並觀察切削後產生的切屑與切削時的狀況做觀察與紀錄，並對於此結果做探討與比較其切屑型態。




(一)前隙角

本實驗前隙角之切削條件係將刀具前隙角分別磨成 5° 、 10° 與 15° 三種角度，固定其後斜角之角度為中間值 10° ，分別對低碳鋼、黃銅、鋁合金進行切削測試，觀察其實驗結果。

1、低碳鋼

根據我們研究的結果顯示，低碳鋼在前隙角為 5° 時，不易切入工件，切削過程十分不易，此時切屑為細片狀，但在加入切削劑後改善些許切削性，切屑也成連續狀；當角度為 15° 時，易切入工件，切削過程十分順利，且切屑連續不中斷，但有切屑纏繞於工件上之問題。




表一、低碳鋼前隙角改變切削結果紀錄

前隙角	切屑型態	詳細描述
5°		不易切入，但加切削劑後稍微改善，切屑成連續狀。
10°		較易切入，切屑比前隙角 5° 時粗，且容易斷裂。
15°		易切入，且鐵屑十分流暢不中斷。

2、黃銅

黃銅在前隙角為 5° 時在切削上有些許不易，且不像低碳鋼在加入切削劑後有改善的現象；角度為 15° 時，切削更加不順暢且有因震動引起的噪音。我們認為黃銅為比重較大的金屬，當使用較大的前隙角時，會使刀口強度降低而不易切削，當角度太小時又不易切入，前隙角 10° 時應為最佳的切削條件。

表二、黃銅前隙角改變切削結果紀錄

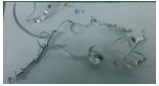
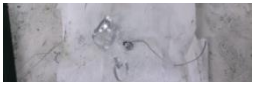
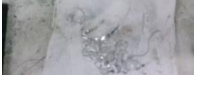
前隙角	切屑型態	詳細描述
5°		和低碳鋼相同不易切入，加入切削劑後仍未改善。
10°		較易切入，切屑型態比前隙角 5° 時細。
15°		切入時有噪音，但之後切削皆順暢，切屑易成片狀且比之前都細。

3、鋁合金

鋁合金的硬度比低碳鋼低，延性比低碳鋼強，前隙角在 5° 、 10° 與 15° 三種角度時接易切入工件，只是在前隙角為 5° 時有排屑不順的問題，

當角度為 10°與 15°時沒有出現此現象，因此我們認為在切削鋁合金時，應選用較大的前隙角避免排屑不順之問題。

表三、鋁合金前隙角改變切削結果紀錄

前隙角	切屑型態	詳細描述
5°		比低碳鋼、黃銅易切入，但排屑有些許不順。
10°		較易切入，且切屑成連續狀不易中斷。
15°		非常容易切入，且切屑幾乎不中斷。




(二)後斜角

本實驗後斜角之切削條件與前隙角之切削條件相同，將刀具後斜角分別磨成 5°、10°與 15°三種角度，固定其前隙角之角度為中間值 10°，分別對低碳鋼、黃銅、鋁合金進行切削測試，觀察其實驗結果。

1、低碳鋼

低碳鋼在後斜角為 5°時，切削性十分不良，加入切削劑後也只有些許的改善；角度為 15°時切屑成連續，且不像角度在 10°時會造成切屑纏繞於工件與刀具上。我們認為由於低碳鋼為延性材料，切削時切屑易成連續，應使用較大的後斜角引導切屑，使其不纏繞於工件或刀具上。

表四、低碳鋼後斜角改變切削結果紀錄




後斜角	切屑型態	詳細描述
5°		切屑不連續且成片狀，切削性十分不良，加入切削劑後切屑有些許的延展性。
10°		切屑捲曲但易斷，容易積在刀口上，造成排屑有些許不順。
15°		無排屑不順的問題，成連續，到一定長度自動斷掉，並無纏繞在工件上的問題。

2、黃銅

黃銅在後斜角為 15°時，與之前使用前隙角 15°的切槽刀切削時相同，會產生因震動而形成的噪音，因黃銅為脆性材料，無論後斜角為任

何角度，切屑皆成片狀，不會有切屑纏繞於工件與刀具上的問題，因此我們認為後斜角須選用較小的角度值增加刀口強度，減少震動的發生。




表五、黃銅後斜角改變切削結果紀錄

後斜角	切屑型態	詳細描述
5°		切屑成細粉狀，雖無排屑不順的問題，但切屑易黏附在刀口上。
10°		切屑成細片狀，排屑有些許不良，且會積在刀口上不易排出。
15°		切屑成粗片狀，全程切削皆有噪音，且切削有些許不順。

3、鋁合金

鋁合金在後斜角為 5°、10°與 15°時接容易切削，但在後斜角為 5°時，切屑纏繞於工件上之問題十分嚴重，由於鋁合金切削時切屑不易中斷，我們認為應選用較大的後斜角來引導排屑。

表六、鋁合金後斜角改變切削結果紀錄

後斜角	切屑型態	詳細描述
5°		排屑順暢但不易斷，使切屑易捲曲在工件上，造成切屑不順。
10°		切屑連續，排屑性好。有時切屑會積在刀口或纏繞在工件上，造成切削性不良。
15°		切屑成不中斷連續狀。皆會往刀口後方排屑，不造成切屑纏繞在工件與刀具上的問題。

參●結論

一、總結

經過我們的討論與研究結果，我們認為在切削低碳鋼時如果要獲得良好的切削性，切槽刀應有較大的前隙角與後斜角，符合書上所描述切削硬度較低工件時使用較大前隙角，材料延性大時使用大的後斜角來引導切屑，如上述的表一與表四的圖片中，前隙角與後斜角皆為15°時除了易切入工件，切屑接連續不斷，形成連續切削，排屑性好不纏繞於工件與刀具上。

切削黃銅時，應使用較小的後斜角增加刀口強度，並使用稍大的前隙角以便切入工件，如表五中後斜角為 15° 時切削不易，切屑皆成粗片狀，但在後斜角為 5° 時，切屑成細粉狀，因此並無排屑問題，全程皆容易切削。

鋁合金擁有比低碳鋼更好的延展性，切削時切屑幾乎不中斷，因此切削時刀具若沒有足夠大的後斜角，切屑纏繞於工件與刀具上的問題會十分嚴重，而鋁合金硬度又比低碳鋼低，因此在前隙角與後斜角的選擇上皆應選擇較大的角度，可使刀具容易切入工件且排屑性好。

經過這三種材料的實驗，我們得知在各方面書籍上對於前隙角與後斜角的說明是正確的，刀具間隙角的選用應與工件硬度成反比，若工件為延性材料則需有較大的後斜角，才可擁有優良的切削性。

二、研究心得

在做這次的專題研究前，磨切槽刀時我們都不會去注意角度的大小，只是模仿別人把刀具磨成自己看到得形狀，甚至覺得刀尖要越尖越好，而沒有去考慮材料的性質，使得常常把刀切到退火軟化甚至是崩裂而不知道問題所在。在經過這次的專題研究後，我們對各種常用的材料的切削角度都有一定程度的了解，且為了研究不同角度的切削性使我們花費不少功夫在磨刀上，使我們磨刀的技術也進步許多。相信日後我們在磨切槽刀時會先注意工件的性質再開始磨刀而不會再有先前刀尖鈍化或排屑不順的問題產生。

肆●引註資料

- 一、江元壽(2016)。機械基礎實習淡定高分王。新北市:台科大圖書。
- 二、林英明、林昂、林欣(2014)。機械製造含機械基礎實習淡定高分王。新北市:台科大圖書。
- 三、王千億、王俊傑(2012a)。機械製造 I。新北市：全華文化。
- 四、王千億、王俊傑(2012b)。機械製造 II。新北市：全華文化。
- 五、施忠良、徐世威(2009)。數值控制機械實習 II。新北市:台科大圖書。