

# 刀具破損之探討

Investigation on the Wear Mechanism of Cutting Tools

馬寧元

金屬工業研究發展中心  
精微成形研發處  
正工程師

李新中

金屬工業研究發展中心  
精微成形研發處  
專案經理

## 關鍵詞

凹陷磨耗	Crater Wear
熱變形	Thermal Deformation
熱龜裂	Thermal Cracking
深切凹口	Depth of Cut Notching
擴散磨損	Diffusion Wear
黏着磨損	Adhesion Wear

## 前言

刀具壽命可長可短，可具高產率，也可能無效率，在金屬切削過程中，與被切削物接觸之刀具表面易逐漸被磨損，當磨損發展到一定程度時，刀具便喪失繼續切削之能力，刀具磨損過快必然增加刀具消耗，影響加工品質，降低生產速率，且使加工成本提高。了解金屬加工切削力之基本特性，則可控制刀具磨耗與破損，進而利用金屬加工技術增進刀具壽命與產率。金屬加工切削時，刀具須耐高熱、高壓、磨蝕與熱衝擊，刀具刃口溫度可能超過 1800℃，高溫易使刀具黏結劑及組成物劣化，也造

成刀具與工件間致命之化學反應，磨蝕經常是刀具切削過程之一部分，於切削時，刀具常與工件接觸，有時壓力超過 2,000psi；此外，不同程度之熱與機械振動也會導致磨損，刀具之快速加熱與冷切常見於銑削，鑲刃於切削時會升溫，移除時會冷卻，銑削之機械振動、機械斷續車削加工也是破損因素。

## 刀具磨損過程

刀具磨損隨時間之變化一般可分為三個階段：

### 一、初期磨損

如圖一之 AB 段所示，此段磨損較速，因為刀具讓面微觀粗糙不平，於切削初期讓面接近刀尖及切削刃口處應力較集中，於切削力作用下微觀突起先被磨平，隨之讓面被磨出一磨損帶，此後壓力減少，磨損速度趨於穩定。

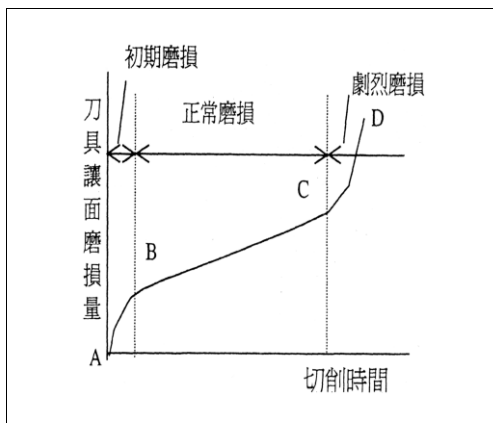
### 二、正常磨損

如圖一曲線之 BC 段，於此階段，刀具讓面磨損寬度隨切削時間增長而均勻增加，磨損狀況較穩

定，此階段為刀具加工之有效期，刀具應在此範圍內使用，正常磨損階段曲線基本上屬線性，直線斜率代表磨損率，此斜率代表刀具切削性能之重要指標。

### 三、劇烈磨損

圖一曲線中 CD 段代表刀具磨損過程進入劇烈磨損階段，此時刀具變鈍，切削力增大，切削溫度上升，磨損率急劇增加，刀具很快失去切削力，刀具磨損達此階段時，刀具材料損耗過大，刀具使用時應儘量避免進入此階段。



圖一 典型之刀具磨損曲線  
(讓面:切削刃口下方所形成之磨損帶)

## 刀具磨損原因

為達到改善刀具壽命又不降低產率之目的，需了解影響刀具壽命之因素，如物理性磨損、磨損機制及刀具破損型態等，基本之刀具磨損機制包括凹陷磨耗，熱變形與龜裂、刀鼻磨耗、深切凹口、破裂與斷裂、累積刃口、刀腹磨耗、氧化磨耗、黏著磨耗及擴散磨耗等，刀具須具備抗拒這些機制之特性，但亦須做些妥協，如碳化物刀具鑲刃之鈷含量增加，韌性會增加，但硬度即下降，因此耐磨耗、耐擊及化學穩定性常須適當平衡，目前應用於刀具

之硬質膜很容易平衡其韌性與硬度，可微調基材與鍍層間之元素成分，將耐衝擊性高鈷基材與耐磨耗硬質膜，如 TiN 或  $Al_2O_3$ ，組合，切削刃口因鈷富化而增加韌性，而其餘部分仍保持硬度。化學氣相蒸鍍(CVD)製程可有效應用於刀具，CVD 高溫製程易使刀具刃口強度劣化，物理氣相蒸鍍(PVD)及中溫 CVD 製程可加以改善，在 PVD 低製程溫度下即使尖銳之鑲刃刃口仍可蒸鍍，中溫 CVD 可維持刃口強度優於高溫製程。若 CVD 採用  $Al_2O_3$  陶瓷而 PVD 採用 TiAlN，則可擴大不同基材與鍍層之組合。磨耗機制一些因素或多種因素之組合均可能造成刀具之磨損。茲分述於下：

### 一、凹陷磨耗(Crater wear)

凹陷磨耗發生於鑲刃加工傾斜面或其上方，於高速切削加工鋼材時易發生，與磨蝕磨耗不同，這種磨耗是因切削熱造成刀具與工件材料間之化學反應。當高速刀具加工鋼材或其它材料時，這些刀具表面之磨損微粒會黏著至工件，而在刀具留下凹陷口，過度之凹陷磨耗易弱化刃口，阻礙切削之正常流動。增加刀具熱量與壓力易造成刀具磨損，為抗拒凹陷磨耗，高速切削鋼材時使用施加 TiC 及 WC 硬質膜之碳化物刀具可使凹陷磨耗降到最低。刀具形狀對磨耗亦有影響，刀具傾斜加工可降低切削與鑲刃之接觸而降低壓力，因而減少凹陷磨耗。凹陷磨耗改善之道：

(1)利用 TiC 或  $Al_2O_3$  鍍膜等級刀具，此類等級刀具具高硬度及極佳之耐凹陷磨耗性。

(2)使用冷卻劑：若冷卻劑未被使用，僅供備用，有時可協助控制凹陷破損，冷卻劑具潤滑與減熱效果，可壓制凹陷之形成。

(3)降低操作條件：若上述建議仍未能控制凹陷問題，則可降低所需求之操作條件，但亦可能降低產率，是最不被建議之控制法，然而降低操作條件可能是凹陷問題最佳解決之道。

## 二、熱變形(Thermal deformation)

加工產生之熱量與壓力易造成刀具黏結劑與碳化物晶粒之軟化，造成鑲刃材料磨損及鑲刃頭之變形，當熱變形持續進行，熱與切削壓力亦逐漸增加，由於發生非一致性之體積變化，會導致刀具斷裂。為降低熱變形，可選擇低 Co 含量、細緻碳化物晶粒與高立方碳化物(如 TaC)之鑲刃，而使用硬質膜鑲刃更好，因摩擦熱降低且熱變形最低。

## 三、熱龜裂(Thermal cracking)

切削刃口與鑲刃本體間之巨大溫度差異造成垂直於切削刃口均勻空間之龜裂，斷續切割或切削鈦金屬產生高熱之溫度變化，龜裂會緩慢進行，造成刀具碎裂與破損，可選擇高 Co 含量之碳化物刀具以提昇韌性、耐熱衝擊與龜裂，且避免使用冷卻劑，若使用冷卻劑時，流向須強、穩定及定向。

耐熱變形與耐龜裂改善之道包括：

(1)正確使用冷卻劑，不必完全使用：若冷卻劑間歇性施加或使用量不足，熱變形或龜裂可能惡化，若冷卻劑無法正確施加，應降低切削速度、進料率及切削深度等操作條件，而不使用冷卻劑加工。

(2)使用強固之碳化物鍍層：高鈷含量之碳化物

強固等級刀具對高溫溫度改變具較大的容忍度，如 TaC 即具耐熱性。

## 四、刀鼻磨耗(Nose wear)

加工硬化合金鋼時，刀具鼻部摩擦、磨蝕及局部變形均可能發生，當刀具鼻部發生磨耗時，組件大小改變，表面積加工狀態變差，可選擇高立方碳化物組成等級鑲刃及大刀頭半徑刀具以降低刀鼻磨耗。

## 五、深切凹口(Depth of cut notching)

加工不銹鋼、高溫合金及硬化材料會產生高溫，切削末端易發生深切凹口，造成毛邊生成，易使刀具破損。

耐深切凹口磨耗改善之道包括：

(1)使用較大切削刃口角度之加工，較大之切削刃口角度可使切削分布到鑲刃較大截面，會弱化切削及降低鑲刃切削刃口之磨蝕。

(2)增加切削刃口深切線區域之搪磨，利用附加搪磨獲得深切線較強之刃口，而減緩鑲刃對工件之磨蝕程度。

(3)降低進料速率：若較大切削刃口角度仍無法解決此問題，降低進料速率可消除凹口，但亦會降低生產力，僅在其它解決方法失敗時使用。

### 更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】291期 96年6月號

每期220元 一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011