# 國立勤益技術學院機械工程系
# 二專部專題製作報告

題 目 高速切削刀具測試


指 導 教 授： 張子欽 教授

組　　長： 陳柏勇

組　　員： 張育誠

組　　員： 吳泳錩

組　　員： 劉家良

組　　員： 翁偉良


中 華 民 國　95　年　5　月

# 緒言

銑刀爲一種多鋒之圓形刀具，通常在圓板或圓柱體之周緣製成或裝置多數刀刃而成，以旋轉產生切削作用之切削刀具。

銑刀在銑削過程中，銑削大量之金屬，雖然每一刀刃之銑削厚度不大，但仍必須具有相當硬度及足夠之強度，以承受銑削中之壓力，尙須具有韌性以抵抗刀刃與工件接觸時之震動，同時爲欲維持銳利之刀刃，亦必須具有能抗熱及抵抗銑削之磨擦才可，故選擇銑刀之材質時，必須考慮銑削材料，銑削性質，銑削速度及銑床性能等，以決定適當之材質，方能獲的最適用且最經濟之工作。

刀具在高科技產業已應用於光學、光電、醫療、航太、汽車、精密模具、PCB、LCD導光板、液晶面板、手機面板、數位相機、液晶電視面板、精密檢治具、鑽石耐磨件與超精密加工上。而在今天也已經被廣泛地運用在於加工各總的曲面加工之上，尤其是在鑄造鍛造模具、航太結構元件、汽車零件等方面的應用，更使其成爲切削加工中不可或缺的重要刀具。

爲了避免刀具的磨損、破壞及變形，以致使工件精加工的品質受到影響，適當切削條件的選擇便甚爲重要。因此，在不同切削條件下的銑刀切削力學模式中來建立與分析，便成爲增進其切削加工品質的重要參考指標。

# 導論

## 1. 研究動機

現在的加工技術逐漸趨向超高速、高精密加工，使刀具能夠用運在超高速加工上，刀具必須具有優良的切削狀況、良好的排屑狀況以及刀具的高耐磨度。而影響這三個狀況的
條件在於，刀具的各種角度上的設計、排屑槽的設計、鍍層的種類等等…。

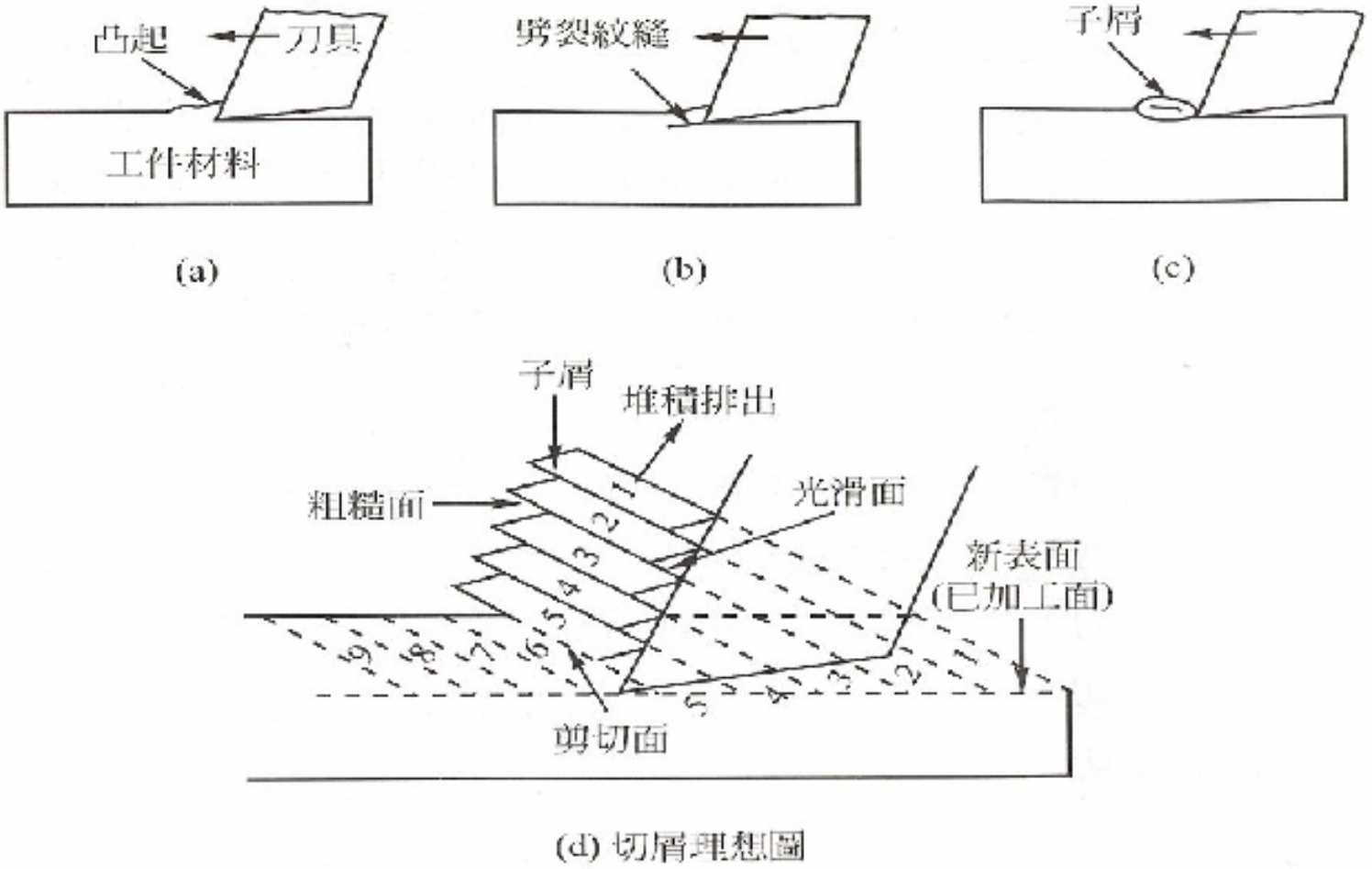
而本實驗利用高速主軸高速的切削速度來進行試驗，由許多不同的參數來去著手實驗。提高切削速度是金屬切削技術長期追求的目標，也是切削加工提高效率、降低成本的主要措施。目前，高速切削已經在航空工業、模具工業和轎車工業受到重視，正在向更廣的應用領域拓展。

## 2. 研究目的

本專題研究是延續學長在刀具上的研究，這次實驗爲針對刀具的刀口幾何不同與材料性質不同，在銑削時對於工件的影響，如表面平滑度，切屑成長，與觀察切屑得知刀具的力量大小。

# 切屑形成與切屑型態
## 切屑形成過程

在切削過程中，刀具自工件材料中切除多餘的部分稱爲切屑，切屑形成過程如下圖所示：



- 切屑型態
- 切削過程中，切削之形成不但將工件材料之型態改變，而且本身組織亦發生變化，主要原因除受強烈的塑性變形及切削之高溫所致外，尚與工件材料性質有關。但同一工件材料亦隨切削條件及刀具形狀之不同而形成不同之切屑型態。切屑基本形態可分爲連續切屑、不連續切屑、具積屑刃口之連續切屑等三種。

- **(1) 連續切屑(continuous chip)**
- 形成連續切屑的主因係工件材料的特性所致。切削高抗拉強度的工件材料，如鍛鐵、軟剛、銅、鋁等晶粒傾向於變形而非折斷，故其切屑之形成並非斷裂，而是密集地連續變形及成長條狀自刀面流出稱爲連續切屑。

  - 形成連續切屑之切削條件
- a . 高切削速率、中切削深度、小進給。
- b . 具有銳利的刃口及較大傾角的刀具。
- c . 切削過程中，若使用切削劑亦有助於連續切屑之形成

  - 連續切屑對切削作用之影響
- a . 所切削的加工面極爲光滑
- b . 爲一種穩定式的加工情況，在一定的刀具磨耗下，其切削力之變化不大。
- c . 在相同切削條件下，刀具刃口之切削溫度爲三種切屑型態最低。

- **(2) 不連續切屑(discontinuous chip)**
- 當切屑形成之際，在刃口前局部工件材料產生塑性變形時，若工件材料之本質很脆(低抵抗強度)，如鑄鐵、鑄青銅、鑄黃銅等基本變形區切屑及行斷裂，切屑滑離刀面後即變成碎片的型態，稱爲不連續切屑。
- 切削脆性材料恰與延性材料相反，刀具刃口未完全達切削點前，切屑既先因材料之晶粒斷裂而形成。

- 形成不連續切屑之切削條件
- a .低切削速率、大切削深度獲大進給。
- b .小傾角的刀具

- 不連續切屑對切削作用影響
- a .所切削的加工面粗糙度尚可
- b .切屑在刀面之流動阻力小，刀具承受之切削力亦適中。
- c .切屑容易處理

- **(3) 具積屑刃口之連續切屑(continuous with built-up edge)**
- 切削延性工件材料時，有時切削與刀面間的摩擦將會大得使切屑熔著魚刀面上，而此種熔著於刀面上的切屑會增加切屑與刃口接觸面的摩擦，排屑的壓力加於刃口，促使小粒的切屑積存於刃口上，如此切屑刃口將不斷的增加，直至不穩定而分裂，此種現象稱爲積屑刃口(built-up edge)，簡稱 BUE 。
  - **BUE的產生與脫落**
- BUE以1/10 ~ 1/200秒週期性:發生à成長à分裂à脫落。BUE分裂所產生之殘屑有些沿著切屑的底面被帶走，有些黏著於已加工面則稱爲加工硬化變質層，將使工件表面變成粗糙，並可能爲刀具磨耗之原因。另部份的殘屑熔著於刃口鄰近之刀面，如欲除之將使刃口崩碎，或切削到工件材料中的硬點將加速刃口崩碎。
  - **BUE對切削作用之影響**
- a .根本改變刀口幾何形狀及切削機構。
- b .使已加工面變成很粗糙
- c 刀具變成積屑摩擦，刀面被積屑刮傷，影響刀具壽命。
- d .使工件尺寸之精度不易控制。
- e .切削阻力增大，促使切削作用不安定。
  - **BUE發生之原因及消除方法**
- 積屑刃口產生之主因係工件材料本質及切削溫度之關希，因爲切屑之形成有一定溫度，如鋁爲230℃，碳鋼爲500 ~ 600℃，18-8不銹鋼爲650 ~ 700 ℃。因此，適當選擇切削條件或刀具形狀，使被切削工件超出再結晶溫度範圍就可使積屑消失

# 切削條件之計算

銑削速度爲銑刀之圓周速度，以每分鐘公尺(m/min)表示。銑削速度爲影響銑削速率最重要因素之一，銑刀圓周速度太慢將會浪費工作時間，圓周速度太快將使銑刀容易磨耗，花費更換銑刀或重磨銑刀之時間，故在這兩種情況之間即爲銑削工件材料之有效銑削速度。

銑削速度如同車床車削時之圓周速度，在車床工作時工件每分鐘之轉速，依工件直徑之大小選擇適當之車銷速度，而銑床工作時，銑刀每分鐘之轉速，依銑刀直徑大小選擇是當之銑削速度。由於工件材料之性質如硬度，成分及切削性等之不同，銑削速度亦因之而異。

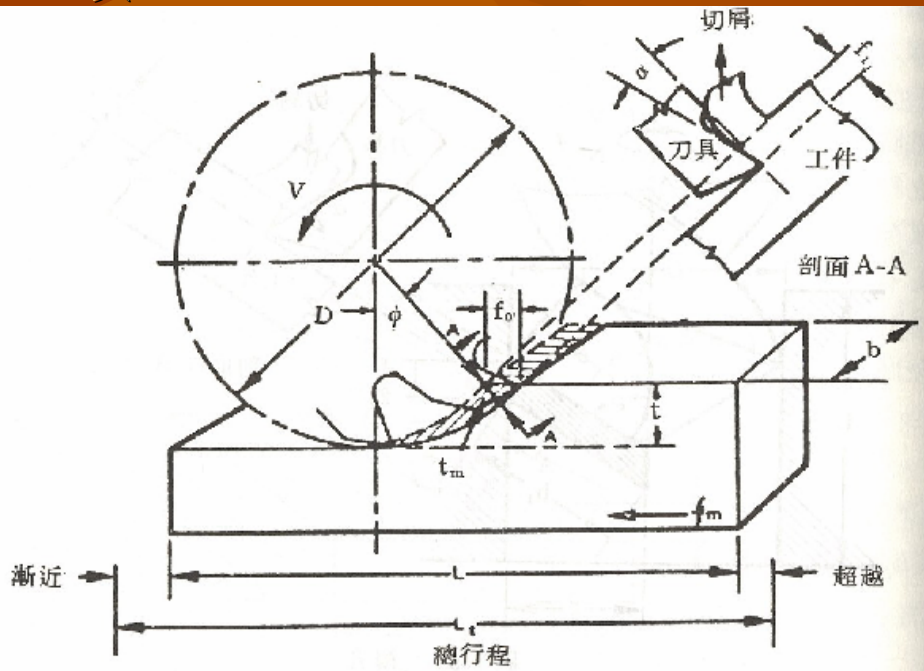



圖 1-97　銑削

切削速度，$V = \pi D N$

進刀（給）率，$f_m = f_o Z N$

材料切除率 $Q = f_o Z N b t = f_m b t$

最大切屑厚度 $t_m = f_o \sin\phi$

切削時間，$T_c = \dfrac{L_t N_c}{f_m} = \dfrac{L_t N_c}{f_o Z N}$

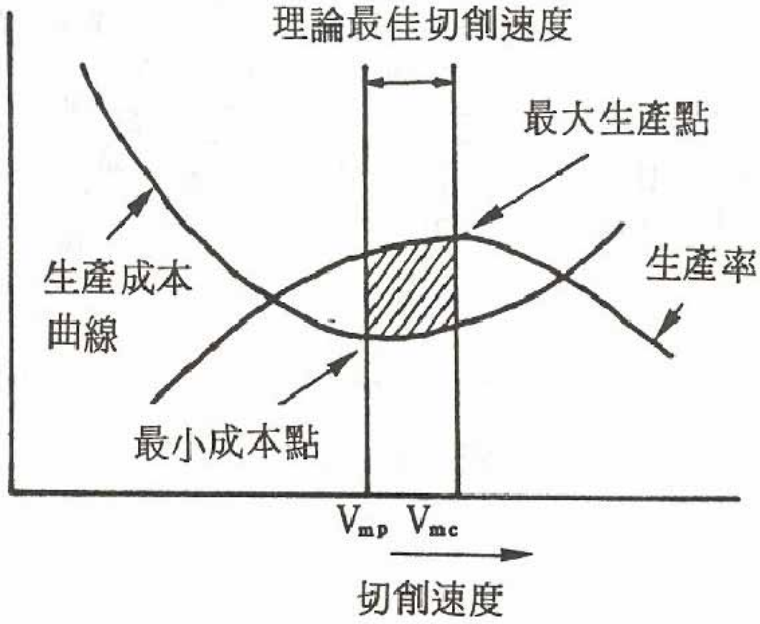
$N_c$ = 工作台往復數

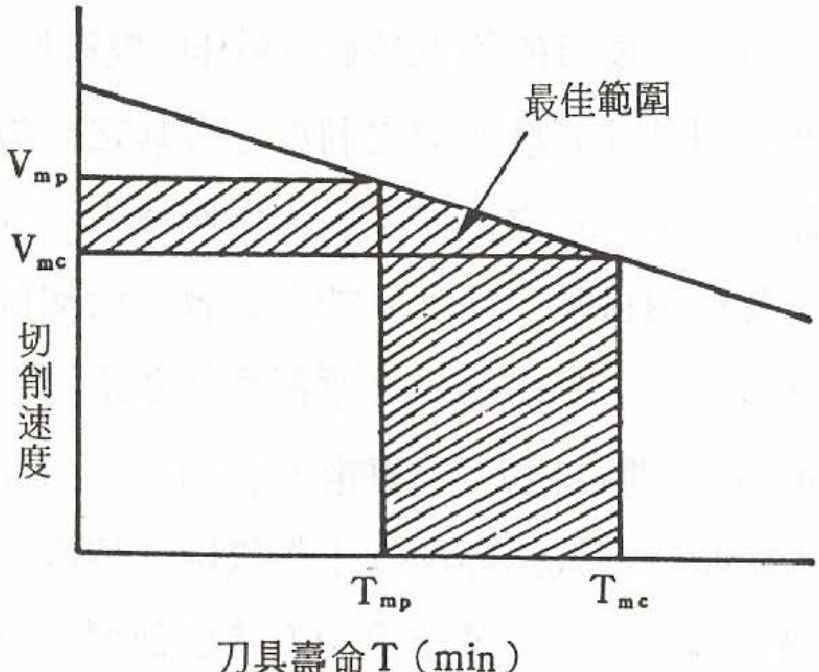
**銑刀銑削速度**

| 銑刀材質 | | 高速鋼 | | 燒結材料 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 銑削材料 | 銑削性質 | 粗削 | 精削 | 粗削 | 精削 |
| 鑄鐵 | | 15~18 | 24~33 | 54~60 | 106~121 |
| 剛性鑄鐵 | | 12~15 | 19~27 | 42~48 | 75~90 |
| 可鍛鑄鐵 | | 24~30 | 30~39 | 75~90 | 121~151 |
| 鑄　鋼 | | 13~18 | 21~27 | 45~54 | 60~75 |
| 銅 | | 30~45 | 45~60 | 181 | 303 |
| 黃　銅 | | 60~90 | 60~90 | 181~302 | 181~303 |
| 青　銅 | | 30~45 | 45~54 | 181 | 303 |
| 鋁 | | 121 | 212 | 242 | 303 |
| 鎂 | | 181~242 | 303~454 | 303~454 | 303~454 |
| SAE 鋼 | | | | | |
| 1010(低碳鋼，粗進刀) | | 18~24 | 18~24 | 90 | 90 |
| 1020(低碳鋼，細進刀) | | 30~36 | 30~36 | 136 | 136 |
| 1035(中碳鋼) | | 22~27 | 27~36 | 75 | 75 |
| 1050(高碳鋼) | | 18~24 | 30 | 60 | 60 |
| 2315(鎳鋼) | | 27~33 | 27~33 | 90 | 90 |
| 3150(鎳鉻鋼) | | 15~18 | 21~27 | 60 | 60 |
| 4340(鉬鋼) | | 12~15 | 18~21 | 60 | 60 |
| X-1315(錳鋼) | | 53~60 | 53~60 | 121~151 | 124~151 |
| 不銹鋼 | | 18~24 | 30~36 | 72~90 | 72~90 |

因爲加工材料及銑床性能均可能改變銑削速度。爲獲得更滿意之銑削效果，可依據下列原則：

- 1)爲增加銑刀壽命，選用上圖表之銑刀銑削速度內所推薦中較低職之銑削速度。
- 2)了解工件材料之性質，如硬度，成分，切削性。
- 3)剛開始切削時，選用較低速度，若工作情況許可，在逐漸增加銑削速度。
- 4)若要精銑，寧可減低進刀而不要增加銑削速度。
- 5)選用適當切削液，可吸收銑削之熱量，產生潤滑作用，及沖洗切屑，並能產
生更佳之加工面，延長銑刀壽命。



# 鍍膜刀具的介紹

在切削過程中，刀具材料與工件材料間相對運動、相互摩擦，會使刀具切刃發生磨損、磨耗；剪切作用所產生的熱量會使刀具材料軟化、刀具強度降低，使刃口磨損加速；而切削過程中機器振動或工件材料中硬點，都有可能使刀具斷裂。爲了獲得穩定而持久的切削，刀具材料必須具有高強度、高韌性、耐衝擊、耐磨耗等特性，但至目前爲止，沒有一種刀具材料具有這些所有的優點。

所以硬度和韌性的觀點來比較各種刀具材料，這些材料大致上可分爲韌性高的高速鋼系材料、高溫硬度高之陶瓷系材料以及在兩者中間之超硬合金、瓷質合金系材料。

# 主要刀具材料種類：

## 1. 高速鋼

高速鋼是用來製造高速強力的切削工具，含有W、Mo、Cr、V等特殊元素。將刀具快速加熱通過845℃到930℃的脆化溫度範圍而到達非常接近鋼之熔點的溫度，然後再予以淬火（1200℃）的話，將可以增進鋼的熱硬性，同時發現，在較高的回火溫度（550℃）實施回火時，硬度可到達HRC65，但當切削溫度超過550℃時，硬度會降低。

## 2. 披覆刀具

披覆碳化鎢刀具大約是在1969年時所開發的，最初的努力方向是針對一般鋼切削等級的碳化物刀具，利用氣相蒸鍍法在刀具表面披覆TiC薄層，TiC厚度大約是5μm～8μm。此種由於在刀具表面有一層很薄的塗層存在，因此必須使用很久以後，才會到達所定的凹坑深度；而且到達預定之凹坑深度的時間隨著塗層厚度的增加而增加。雖然其他碳化物與氮化物也曾被用來當作塗層材料，但較廣泛使用的披覆材料只有TiC、TiN 和Al2O3三種而已。

## 3. 氮化硼刀具

立方晶氮化硼(CBN)是將硼(B)和氮(N)的化合物結晶，以陶瓷和鈷爲結合材料，在高溫高壓下予以燒結而成的刀具材料。CBN爲目前硬度僅次於鑽石刀具材料，由於熱傳導效應，切削熱不易聚集於切刃位置，再加上對鐵金屬化學穩定性很高，因此非常適合於硬化鋼材、燒結合金、冷激鑄鐵等切削。

## 4. 超硬合金

俗稱燒結碳化物，係將WC、 TiC、及TaC等碳化物粉末，以Co爲結合劑，予以混合後，置入模具中加壓成形，然後置於1400℃左右燒結爐中加熱燒結成形，其常溫及高溫硬度皆很高，因此相當適合當作刀具材料。

依照國際標準(ISO)，當刀具材料使用燒結碳化物，依據其成份及適用範圍可爲P(鋼切削等級)、K(鑄鐵切削等級)及M(延性鐵材、硬鋼及高溫合金的間斷切削等級)三類。

- 鍍膜材料
- 自60年代末期塗層刀具開發至今，隨著技術的成熟及經驗的累積，碳化鎢刀具的使用壽命已可經由鍍層的保護，在選擇適當操作條件下，提升數倍至數十倍不等，另外經由蒸鍍處理的刀具亦可大幅的提高切削速度，而壽命的提升將減少停機的時間，皆有助於生產力的提高。以下有幾種目前鍍層刀具市場上泛見的鍍層材料。

- 1. TiC：
- 它的硬度分布於2800~3300kg/mm2之間，有優良的耐磨耗性，尤其是抗黏著磨耗及抗磨粒磨耗，摩擦係數亦低，但組成中有碳，因此它的抗氧化性不佳，約400℃以上即迅速氧化。

- 2. TiN：
- TiN的結晶化學特性和TiC類似，硬度略遜於TiC，約在1800~2500kg/mm2之間，但韌性則優於TiC，因此是今日最廣泛應用於工具耐磨耗鍍層或裝飾用鍍層的硬質膜；另外，它有較低的摩擦係數，應用於低速切削的塗層刀具上，可降低切屑黏刀的可能性。它的抗氧化性略優於TiC，但仍在500℃以上即迅速氧化。

- 3. TiCN：
- TiCN是TiC和TiN的固溶體，因此它的性質介於上述兩者之間，一般認爲它結合TiC的硬度和TiN的韌性及低摩擦係數，前者提供優越的耐磨粒磨耗性質，後者則提供潤滑性，爲一相當看好的鍍層材料。

- 4. Al2O3：
- 由於是氧化物，因此Al2O3在大氣環境下使用具有良好的化學惰性及優於TiC、TiN及TiCN的熱穩定性。Al2O3亦是頗佳的擴散障層材料能降低擴散磨耗的進行。另外，Al2O3隨溫度升高而降低的熱傳導係數值使其有效地阻隔切削時所產生的熱，傳至刀具，因此能防止刀刃因受熱塑性變形而破損。

| 特　性 | 鑽石 | DLC | CBN | $Al_2O_3$ | TiC | TiN | (Ti, Al)N | 超硬合金 | 高速鋼 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 融　點（℃） | 3727 | — | 3227 | 2015 | 3160 | 2950 | — | 1300 | 1153 |
| 密　度（$Mg/m^3$） | 3.52 | 1.8 | 3.48 | 3.97 | 4.90 | 5.44 | 4.3 | 12~15 | 8~9 |
| 硬度 HV（GPa） | ~10 | 3~5 | 4.7 | 2.6 | 3.2 | 2.1 | ~3 | 1~1.8 | ~6 |
| 楊氏模數（GPa） | 990 | — | 710 | 350 | 320 | 320 | — | ~550 | ~350 |
| 熱傳導度（W/m-K） | 2000 | 20 | 1300 | 42 | 38 | 30 | — | ~50 | ~60 |
| 熱膨脹係數（$10^{-6}$/k） | 3.1 | — | 4.7 | 7.9 | 8.1 | 9.4 | — | 5~6 | 10~13 |
| 軟化溫度（℃） | 1100 | — | 1000 | 1200 | 600 | 600 | — | 800 | 500 |
| 耐氧化性（℃） | 660 | 500 | 1360 | 安定 | 800 | 800 | 1000 | 800 | 400 |
| 鋼及其反應性 | XX | XX | ○ | ◎ | △ | ○ | ○ | X | XX |

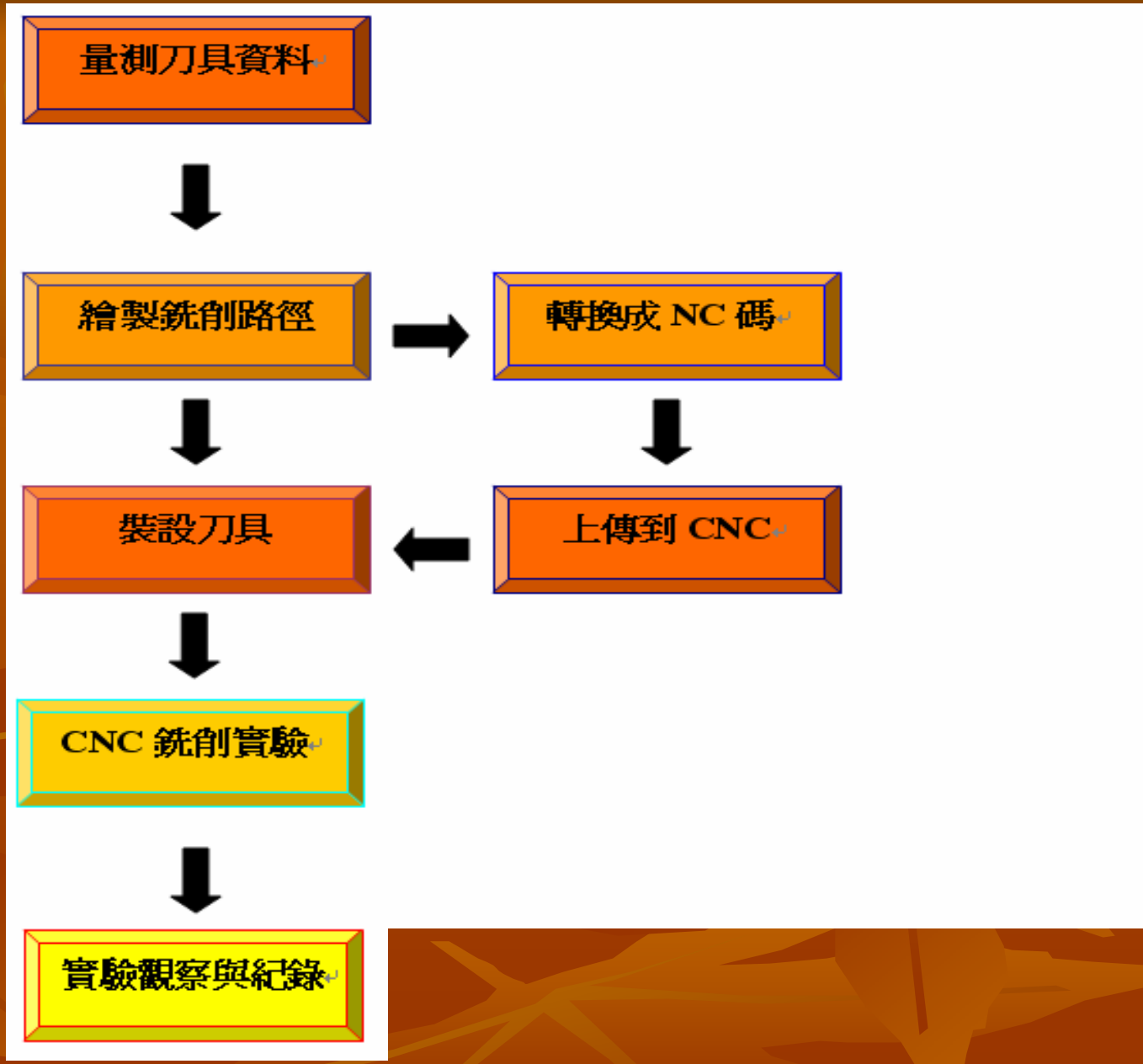
註：◎、○、△、X、XX之順序→反應容易與否　　DLC: Diamond Like Carbon之省略，硬質炭素膜

# 實驗步驟與方法

實驗步驟與流程、實驗刀具資料表、實驗材料介紹、實驗機具介紹、實驗步驟

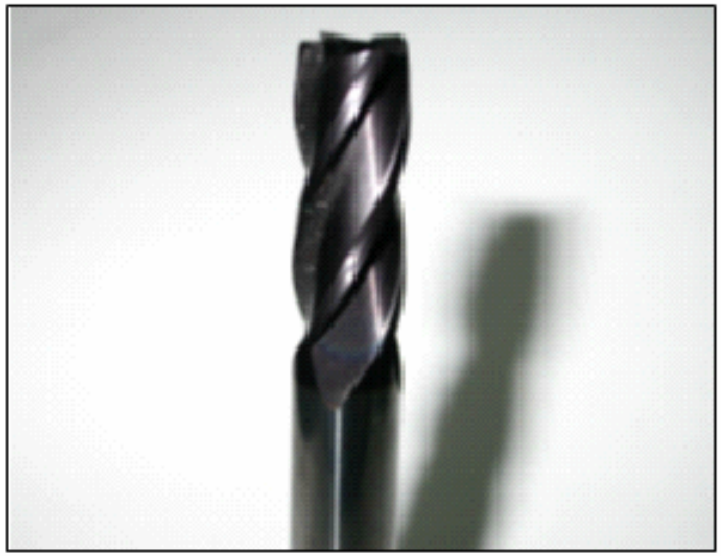
- 實驗步驟與流程
- 本實驗主要為測試刀具**TIALN**與**TIALN+PLC**這兩把刀具，來進行切削時動力大小的數值，探討不同徑向斜角在切削時所承受的力量大小與工件表面優異性。

# 實驗流程:



# 實驗刀具資料表

◆ **TiAlN**



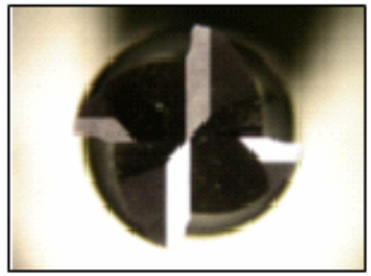


圖 3-1-1 TiAlN 刀具圖

| 名稱 | TiAlN | 徑向斜角形式 | 負斜角 |
|---|---|---|---|
| 外徑 | $\phi$ 10mm | 斜角角度 | 4° |
| 刃數 | 4 | 切槽形式 | 螺旋刀槽 |

◆ TiAlN + PLC

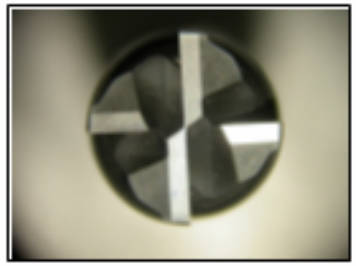


圖 3-1-2 TiAlN + PLC 刀具圖

| 名稱 | TiAlN + PLC | 徑向斜角形式 | 零斜角 |
|---|---|---|---|
| 外徑 | $\phi$ 10 | 斜角角度 | 0° |
| 刃數 | 4 | 切槽形式 | 螺旋刀槽 |

# 實驗材料介紹

碳化鎢基材特性
碳化鎢是一具有高硬度，高耐磨耗性性質的材料，至今已有超過70年的使用歷史，其具有下列幾項特點：
1. 碳化鎢顆粒微小，具有優良耐破裂特性。
2. 鈷合金包覆碳化鎢顆粒，使其可承受壓縮應力，增加耐脆性破壞強度。
3. 受冷卻收縮差異影響，發生壓縮變形前必須超越Co黏結層受拉伸的局部預應力。
4. 冷卻時，Co 結構由FCC 變爲HCP，可改善黏結層局部延展性。

# SKD11模具鋼之化學成分

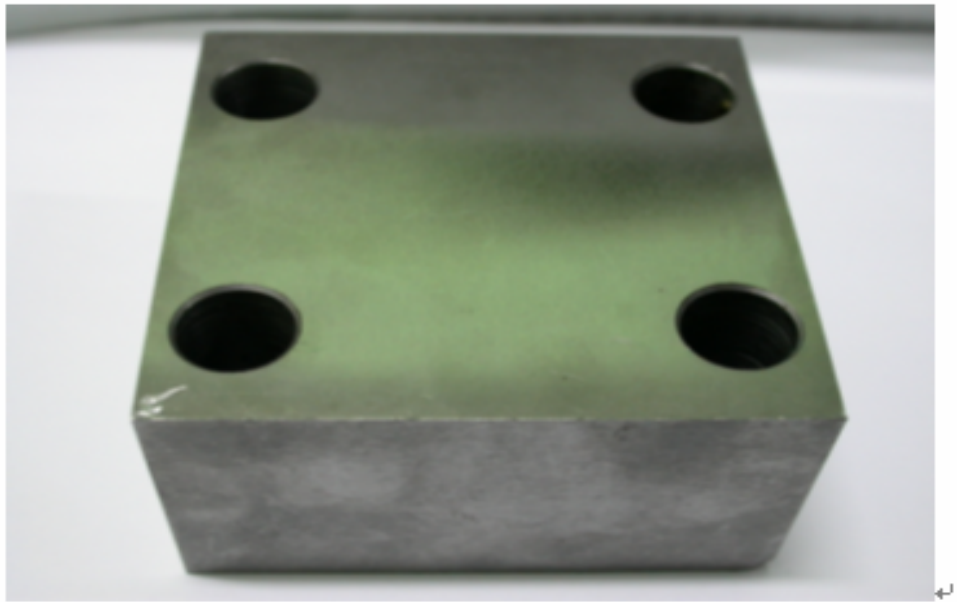
◆ SKD11 模具鋼

| 材質 | SKD11 | |
|---|---|---|
| 熱處理 | 不要 | 要 |
| HB | ≦255 | ≧76 |
| HS | ≦38 | ≧86 |
| HRC | ≦25 | ≧62 |
| C | 0.9~1.0 | |
| Si | ≦0.4 | |
| Mn | ≦0.6 | |
| Ni | ≦0.5 | |
| Cr | 11.0~13.0 | |
| Mo | 0.8~1.2 | |
| V | 0.2~0.5 | |
| P | ≦0.03Cu≦0.25 | |
| S | ≦0.03 | |

材料名稱： SKD11 模具鋼

尺寸規格： 80 × 80 × 30 mm

基材材質： 如表 3-1 所示



實驗材料

# 高速主軸

- 高速主軸以轉速來分別的話，超過8000rpm以上級可稱爲高速主軸，若進一步來區分可以以DN值、切削、動平衡來說明。

# 1.DN值：軸承直徑(mm)*最高轉速(rpm)目前DN值在500,000到1,500,000者即可稱爲高速主軸，詳如表

| DN 值 | 軸徑 JOURNAL DIA(mm) | 主軸內孔 SPINDLE TAPER | 最高轉速 MAX RPM |
|---|---|---|---|
| 500,000 | 45 | 30 | 11,111 |
| 1,000,000 | | | 22,222 |
| 1,500,000 | | | 33,333 |
| 1,750,000 | | | 38,889 Note.1 |
| 2,000,000 | | | 44,444 Note.1 |
| 500,000 | 60 | 40 | 8,333 |
| 1,000,000 | | | 16,667 |
| 1,500,000 | | | 25,000 |
| 1,750,000 | | | 29,167 Note.1 |
| 2,000,000 | | | 33,333 Note.1 |
| 500,000 | 80 | 50 | 6,250 |
| 1,000,000 | | | 12,500 |
| 1,500,000 | | | 18,750 Note.2 |
| 1,750,000 | | | 21,875 Note.1&2 |
| 2,000,000 | | | 25,000 Note.1&2 |

表.DN 值與主軸內孔大小對轉速的關係

2.切削：刀刃切削頻率在高轉速時達到或接近機台的自然頻率。能達到發生此狀況轉速之主軸亦爲高速主軸。

3.動平衡：超過8000rpm以上，動平衡合乎ISO 1940的規範。

# 冷凍槍

刀具在切削時，在刀刃口會產生高溫，高溫會縮短刀具的壽命、加速刀具的磨耗、降低切削速率，所以在刀具在切削降低刀具的溫度是非常重要的。

常見的冷卻方法爲加切削劑，切削劑可在切削過程中移除切削的熱量，減少刀具磨損，避免切屑熔焊在刀具上，控制積屑刃口，防止產生BUE，減少切削阻力，改善工件表面粗糙度，保護加工面具有防鏽效果，沖除切屑，增加切削率。

但是切削劑在使用過後，所切削下來的切屑會流回油箱，再次循環到加工處，造成工件表面的刮傷。切削劑在重覆使用過後，其性狀慢慢變化而降低效能，如果使用方法不當將引起急烈變化。

# 光學顯微鏡

- 光學顯微鏡 (Option Microscopy) 簡稱 OM，利用光學原理到放大的像並可由CCD呈現在螢幕上，在本次實驗中用來觀察在銑削過後的工件表面。以利於觀察表面面粗糙度。

# SEM(掃描式電子顯微鏡)

- 電子顯微鏡主要是利用高加速電壓之入射電子束打擊在試片後，產生相關二次訊號來分析各種特性，在本實驗爲顯示細小切屑的成相放大圖。

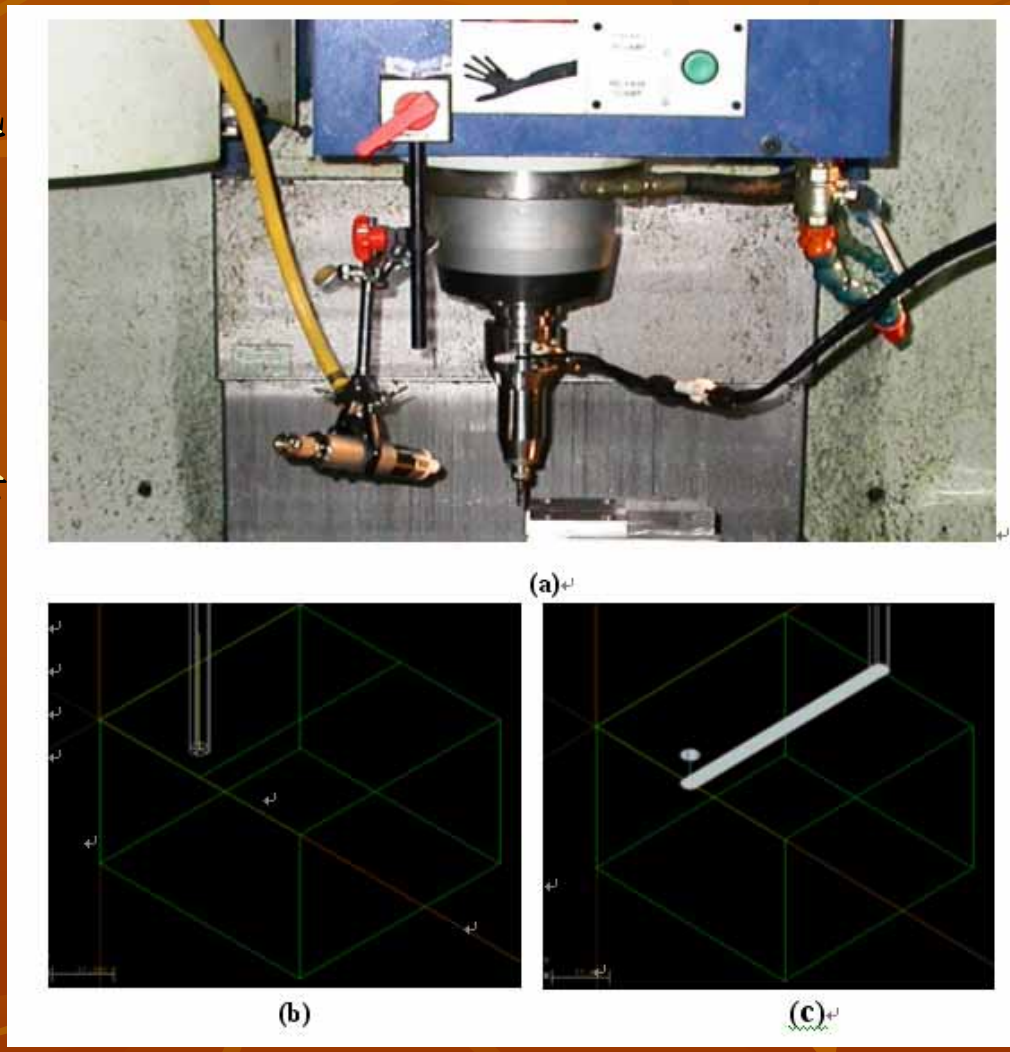
# 實驗步驟

將試片固定於切削動力機上，本實驗使用CNC銑床結合高速主軸與冷凍槍，實驗項目爲，將刀具在實驗材料上切削一次行程，收集切屑。實驗完成後，使用OM與SEM觀察工件表面與切屑狀態。

將刀具校正跟設定好刀具原點與工作原點後，將刀具先切削一次行程，此次目的爲工件表面基準面不平，先進行一次銑削，可得到水平的工作面，第二次行程才是實驗所需的面。

# 實驗過程圖

- 如圖(a)所示，刀具已裝設好，如(b)圖所示，刀具到達刀具切削點，開始做切削動作，如(c)圖所示刀具已走完行程。走完行程，觀察工件表面狀況與紀錄



# 實驗結果與討論

實驗參數、實驗結果

- 實驗參數：

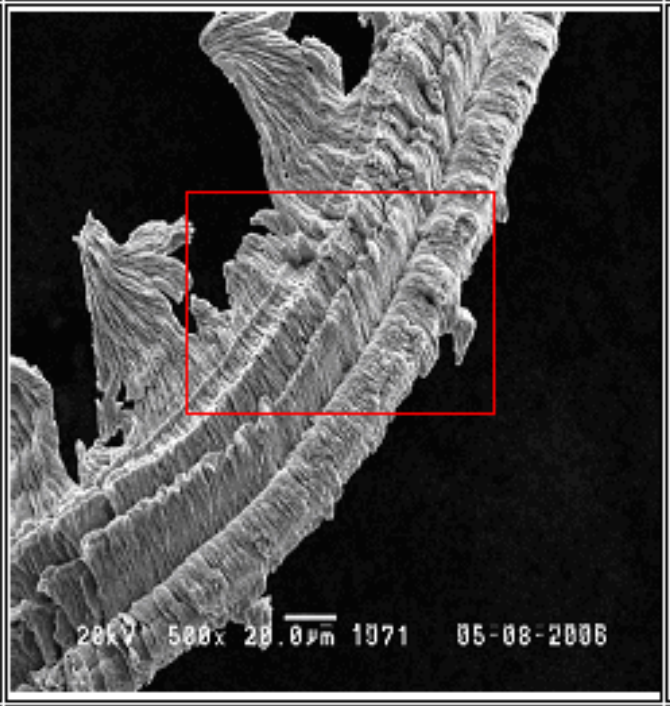
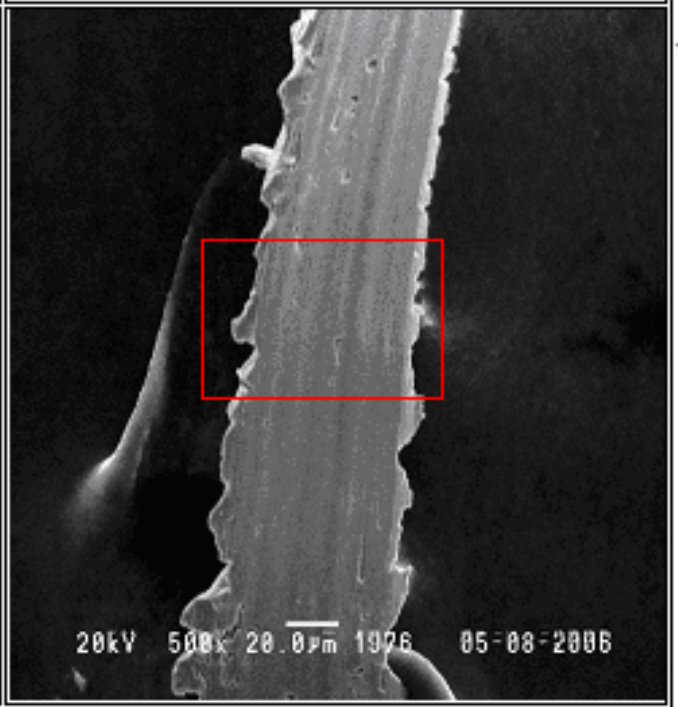
實驗材料：**SKD 11**模具鋼
轉　數　：**8000 rpm**
切削距離：**80 mm**
進 給 率　：**125**
切削深度：**0.05 mm**
切 削 劑　：冷凍槍

# 實驗解果

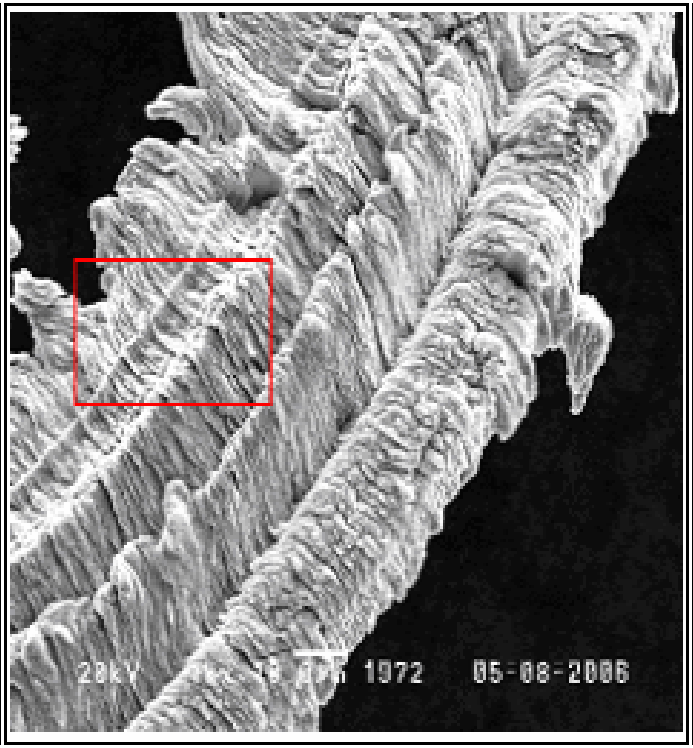
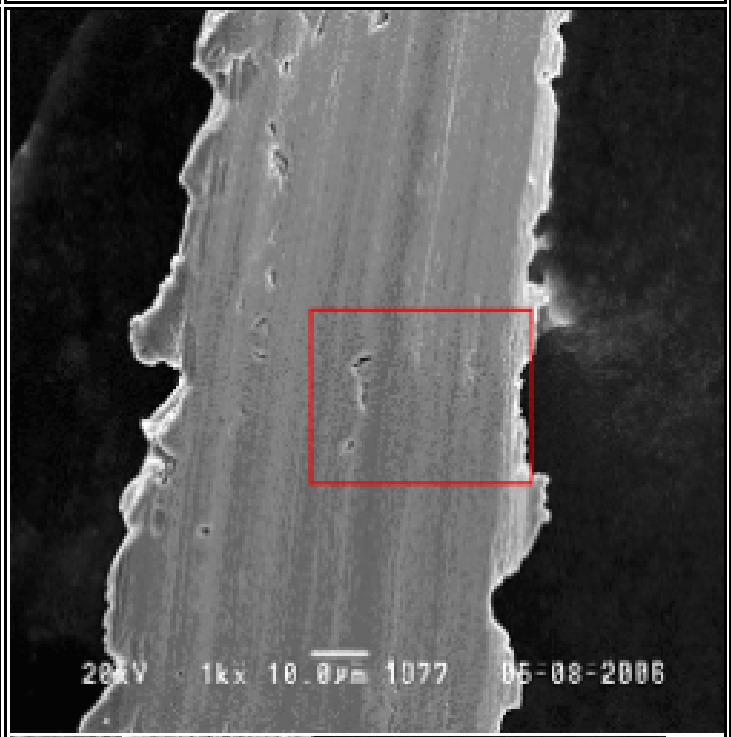
## 銑削之切屑比較：

每次銑削完成後所收集之切屑，置於SEM下觀察，已不同的放大被率來觀看切屑，而進行刀具優缺之比較。

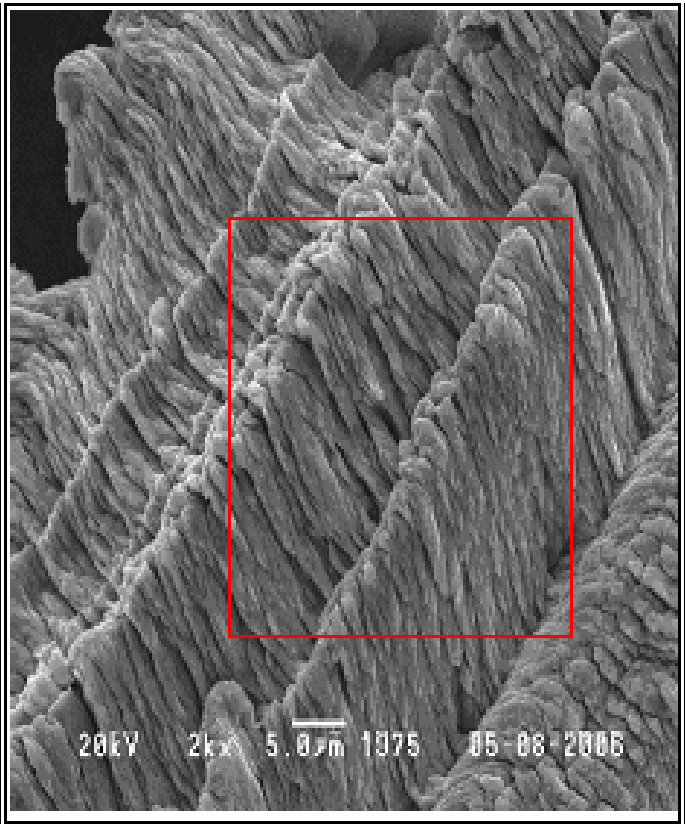
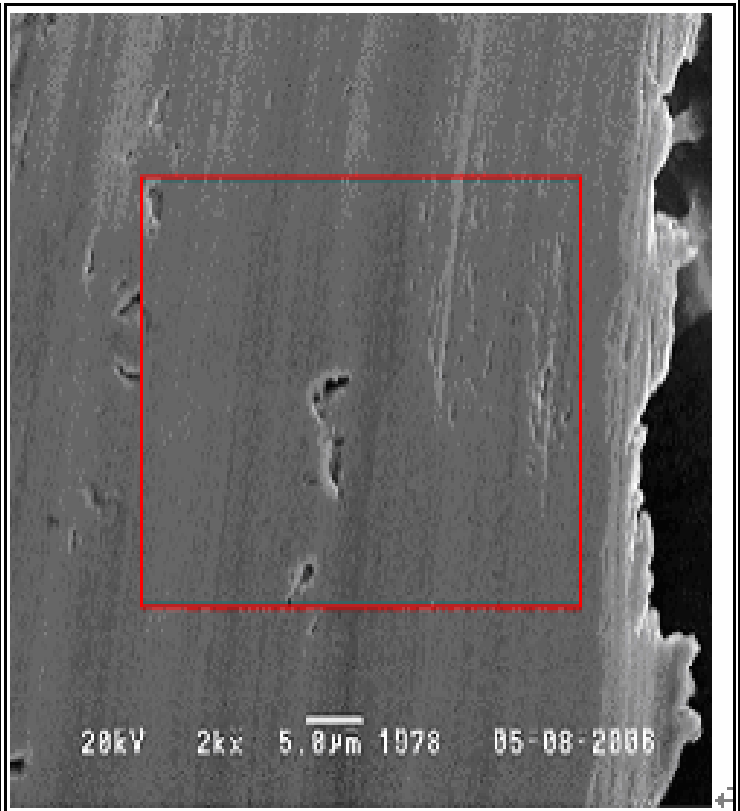
◆ 放大被率：500X

| 刀具 | TIALN | TIALN+PLC |
|---|---|---|
| 放大圖 |  |  |
| 切屑皺折度 | 長 20.0 μm 下約有 9 個皺折 | 長 20.0 μm 下皺折痕少 |

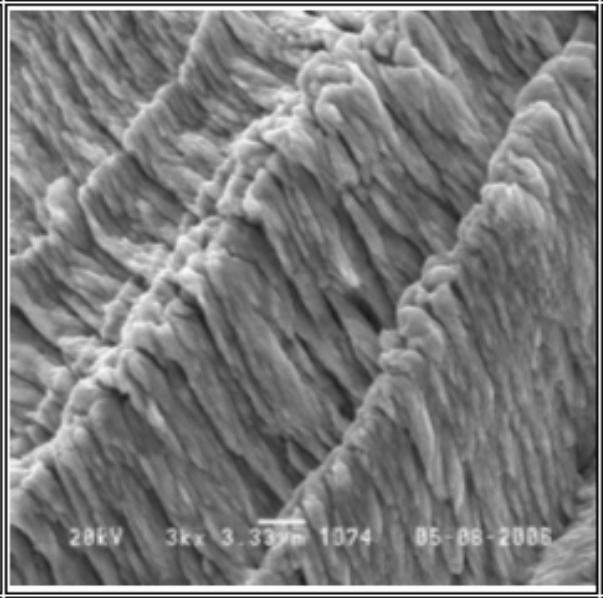
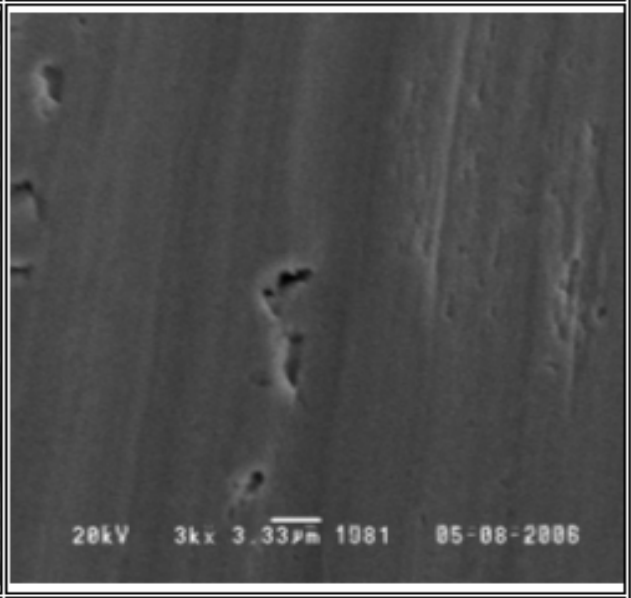
◆ 放大被率：1000X

| 刀具 | TIALN | TIALN+PLC |
| --- | --- | --- |
| 放大圖 |  |  |
| 切屑皺折度 | 長 10.0μm 下約有 7 個皺折 | 切屑面無皺折，但有破裂現象 |

◆ 放大被率：2000X

| 刀具 | TIALN | TIALN+PLC |
| --- | --- | --- |
| 放大圖 |  |  |
| 切屑皺折度 | 長 5.0 μm 下約有 5 個皺折 | 破裂痕跡增多 |

◆ 放大被率：3000X

| 刀具 | TIALN | TIALN+PLC |
| --- | --- | --- |
| 放大圖 |  |  |
| 切屑皺折度 | 長 3.33 μm 下約有 4 個皺折 | 無皺折，但破裂有明顯深淺 |

由圖可顯示出，切屑的捲曲度與刀具所承受到的阻力大小有關係，當刀具在切削時，阻力越大則切屑的捲曲度大，阻力越小切削順暢，所以切屑的捲曲度、皺折度就較小。

在SEM觀察下，可明顯看出TiALN+PLC比TiALN所切削出來的皺折度還來的細緻，所以說明了TiALN+PLC再銑削時，較具省力且銑削出的平面也較爲細緻。

# 結論

本次實驗爲去判別TiALN與TiALN+PLC這兩把刀具的優異　性，從工件的切屑面粗糙度與切屑的捲曲度來判斷刀具的受力大小；而這兩把刀具的最明顯的區分在於螺旋角的不同與徑向斜角形式的不同。

1. 首先以切屑面粗糙度來看， TiALN與TiALN+PLC刀具在相同的參數設定下，所實驗出來的切屑表面是TiALN+PLC的表面皺折度較爲平順與細膩。

2. 以切屑的形式來判斷， TiALN+PLC的切屑捲度較小，也說明了刀具在切削時所受的力較小，不容易產生捲曲的切屑，因此依常理判斷，刀具受力太大時易造成刀刃的崩裂損壞，以致影響刀具在切削時的表面粗糙度與刀具的使用壽命。

3. 因此經實驗過程，比較了兩種的切屑型態後可發現得知，其結果爲TiALN+PLC之刀具優於TiALN之刀具；也就是在銑銷過程中，TiALN+PLC所銑削出來的面會較細緻、省力。