

南亞技術學院教師專題研究計畫
成果報告

不同鍍層材質的鎢鋼車刀對切削性能影響之研究

計畫編號：教專研 105P-024

計畫類別：個別型計畫

執行年度：105 年度

執行期間：2016 年 1 月 1 日至 2016 年 12 月 31 日

計畫主持人：林明俊

執行單位：機械系

研發小組審查：同意結案不同意結案 簽名：

(審查人不得與計畫主持人相同)

中華民國 一零五年十二月三十一日

不同鍍層材質的鎢鋼車刀對切削性能影響之研究

林明俊

機械系

摘要

本研究選定由氧化鋁粉末，添加少量元素，再經由高溫燒結而成，其具硬度、抗熱性、切削速度比碳化鎢高特性的鎢鋼刀具，以鈦氮(TiN)鍍層與鋁鈦氮(TiAlN)鍍層等不同材質的鎢鋼刀具結構，利用勝傑 ECOCA SL-8 CNC 車床以 0.1mm/rev 的進給率與 1mm、1.5mm、2mm 與 2.5mm 的進刀量，分別在 1,000rpm 的切削轉速與固定切削速度 78.5m/min 下，車削每支 S45C 圓桿工件體積 31416mm³，並利用 T500 表面粗糙儀量測切削工件的表面粗糙度，藉以檢測刀具壽命與產品的切削品質，來探討刀具鍍層對切削性能之影響。

研究結果中發現刀具壽命會隨著進刀量的增加而減少的趨勢。鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層材質的鎢鋼刀具結構，在 1,000rpm 的切削轉速下至少提高刀具的切削壽命分別為 27.7% 與 59.7%；在固定 78.5m/min 車削速率下至少提高刀具的切削壽命分別為 16.2% 與 44.7%，但鋁鈦氮鍍層材質的鎢鋼刀具結構卻會明顯提高切削工件表面的粗糙度；研究中同時發現無論刀具有無鍍層，固定切削速率下的刀具壽命比固定切削轉速下的刀具壽命長。

關鍵字：進給率，進刀量，車削速率

壹、前言

根據臺灣地區產業園區民國 105 年製造業各行業設廠家數資料顯示[1]，廠家數最多的行業為金屬製品業、機械設備業及電子業，其占臺灣地區總設廠家數百分比合計達 35.78%，其中又以金屬製品業設廠家數占總設廠家數的 16.14% 為最高，其次為機械設備業占 11.02%，電子業則占 8.63%。機械產業主要包括加工機械、動力機械、產業機械以及相關的零組件產業，為所有產業的基礎，因此也被稱為工業之母。國內機械產業大多數為中小型產業，大部分廠家包辦由設計、生產到行銷，其產值每年約為 5,000 億到 6,000 億，可見機械產業為我國經濟發展的重要支柱。

金屬材料之切削加工在中小型產業中一直扮演非常重要的角色。金屬材料之切削加工，隨著科技之發展，雖然已發展出如電化切削、熔化切割、化學腐蝕、放電加工、超音波加工、雷射加工、電子束加工等各種切削方法[2]，但目前所有工具機(Machine tool) 及若干手工具(Hand tool) 所應用之方式仍以使用切削刀具之切削方式為最主要且廣為採用之方法。近代之金屬切削加工所必備之條件為工具機、控制系統及切削刀具三者。工具機供給作用力，控制系統提供各種運動，切削刀具供給高硬度之刀刃。三者靈活運用，相互配合，造就今日不勝枚舉之機器種類及光輝燦爛之機械工業。從日常生活必需品的製造，乃至於人造衛星、太空梭、登陸月球之小艇的誕生。然而，現今之金屬切削

機械雖有多種，但基本工作方式不外乎車削 (Turning)、平刨 (Planing)、鑽切 (Drilling)、銑切 (Milling) 及輪磨 (Grinding) 等五種，此五種基本工作方式均具有相同產生切削所必備之條件，即為作用力、相對運動及切削刀具三者之綜合作用。因而，從事金屬切削加工之技術人員，除對於各種工件材料之特性，各種工具機之性能、原理及操作必須瞭解與熟練外，對於各種切削刀具尤須加以研究，如何有效運用及選擇適當之切削刀具，以求最良好之切削條件，獲得最佳之產品，提高品質增進工作效率尤屬重要。

十九世紀切削刀具所使用之材料以高碳鋼為主，至二十世紀初期始發展出高速鋼，由於高速鋼製成之切削刀具，具有極高之硬度及強度，幾乎改革了金屬切削工業。二十世紀中葉後，金屬切削再進展至燒結碳化物刀具，近年來鎢鋼刀具之使用，更提升人類在金屬切削加工之製程能力。尤其現今之 CNC 工具機，若無燒結碳化物刀具等之出現，恐亦不能發揮其效用。然而，不論切削刀具如何演進，其主要目的乃在於提高各種切削刀具材料之耐衝擊、耐陡震、耐磨耗及高溫有效硬度等，以提高製造能力，增進工作效率，提高產品品質，延長刀具壽命及降低切削成本。工具工程師或使用須具備有關切削刀具之各項基本知識，始能有效的加以應用，進而達到應用自如，達成『工欲善其事，先利其器』之境地。

貳、文獻探討

1993年，張充鑫[3]利用自行銑製不同幾何形狀的中碳鋼刀把，鎖上刀片磨削各種角度後，並經TiCN塗層處理，TiN塗層處理及未塗層處理等三種方式以車削中碳鋼來做比較。結果顯示，經塗層處理的SWC車刀比未塗層處理的SWC車刀要好，切削力電流消耗值及工件表面粗度值也較低而塗層處理Ti CN的車刀其切削力及電流消耗值比塗層處理TiN的車刀低，但以加工表面粗度來比較，塗層處理TiC的SWC車刀效果較佳。文中提出金屬切削領域中，有20%至30%屬於車削加工，為了達成加工的經濟性與高產能需求，選擇最佳的刀具幾何形狀，進而調整切削速率及進給量等，這些都是很重要的工作。

1999年 R. Baptista 等二人[4]分析在三軸與五軸工具機加工複雜曲面時，五軸加工機加工後的成品擁有較好的表面粗糙度，且切削參數中的進給率對於表面粗糙度的影響較小。2005年 Tsu-Kong Hsu[5] 等人對 AISI H13 鋼材進行硬車削實驗，並以不同形狀之氮化硼(CBN) 刀具、工件硬度、進給率、切削速度，探討每個因素對工件表面粗糙度的影響，並得知刀具幾何、工件硬度、進給率、切削速度是影響表面粗糙度的重要因子。並提出影響切削力的重要因子是切削速度、工件硬度和刀具幾何形狀及硬度。2007年 J. Paulo Davim 等二人[6]利用鎢鋼刀具對冷作工具鋼(HRC 60)進行車削加工，並以統計學中的變異數分析法探討工件表面粗糙度、刀具磨耗、切削力與切削參數之關係。結果指出影響工件表面粗糙度的主要因素是切削進給率與切削時間，而影響刀具磨耗之重要因素則是切削速度，另外影響切削力則是進給率。在2011年，林焰福[7]提出良好的斷屑槽也能減少切削力，增進加工效果。2013，陳政宇[8]針對 SCM415 合金鋼，以硬質合金、CVD 鍍層、金屬鎢鋼等三種刀具，在 CNC 車床上進行車削實驗，對刀具磨耗、車削斷屑狀態及工件表面粗糙度等有關材料切削性之探討，以找出最適當之切削條件。2015，楊永吉

[11]針對 S45C 中碳鋼，以陶瓷刀具、鈦氮(TiN)鍍層與鋁鈦氮(TiAlN)鍍層等不同材質的陶瓷刀具結構，在 1,000rpm 的切削轉速與固定切削速度 78.5m/min 下，藉以檢測刀具壽命與產品的切削品質，來探討刀具鍍層對切削性能之影響。研究中發現，刀具壽命會隨著進刀量的增加而減少，以及切削工件的表面粗糙度則會隨著進刀量的增加而有降低的趨勢。鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層材質的陶瓷刀具結構，在 1,000rpm 的切削轉速下與在固定 78.5m/min 車削速率下皆會提高刀具的切削壽命；但相對的會提升工件表面的粗糙度。

參、研究動機與目的

中碳鋼在現今工業產品中常被廣泛使用，由於它具有較佳的材料特性和良好的加工性能，所以常被用來製造機械零件及各種結構機件。刀具材料性能的優劣是影響加工表面品質、切削加工效率與刀具壽命的基本因素。切削加工生產率和刀具耐用度的高低、刀具消耗和加工成本的多少、加工精度和表面品質的優劣，有很大程度上都取決於刀具材料的合理選擇。針對中碳鋼在車削的過程中，不同鍍層的車刀對刀具壽命、產品品質與加工成本的損益影響，業界雖然認為重要，卻無系統化的研究與分析，常依賴有經驗的技師口耳相傳，加上學術界也少在此方面鑽研，可參考的資訊非常有限，因此無法真正達到設定車削條件最佳化的狀態。若能建立不同鍍層車刀結構對中碳鋼材料切削時，以進刀量、切削轉速與切削速度為參數，藉由檢測刀具壽命、產品的切削品質與表面粗糙度，來探討刀具對切削性能之影響，並建立完整的資料庫，對於掌握車削之技術將有很大幫助。

由於文獻中在不同鍍層刀具設計對切削性能的影響，能參考的資料有限，因此本研究針對不同鍍層材質的車刀，包括對刀具壽命、產品品質與粗糙度之影響，提出有系統化的研究。並期能充分發揮不同鍍層材質的鎢鋼刀具其耐高溫、抗磨耗的強大防護作用，進而達到降低更換刀具次數、降低生產成本以及提高對於大批量產情況下之加工效率的目的。期能對學術界之研究能有所貢獻與對生產業者在產品技術開發方面有相當大的助益。

肆、研究方法

本研究選定含碳量 0.7~1.5%、鎢含量 18%、鉻含量 4%與鎳含量 8%等合金元素而成的鎢鋼車刀，由於硬度與韌性強，高溫下依然不容易變形，大多被用來當作車刀具、鑽頭的材料。由於業界經常使用，因此深具研究價值。再搭配鋁鈦氮(AlTiN)鍍層與鈦氮(TiN)鍍層等不同材質的鎢鋼車刀刀具結構，利用 CNC 車床以 0.1mm/rev 的進給率與 1mm、1.5mm、2.0mm 與 2.5mm 的進刀量，分別在 1,000rpm 的切削轉速與 78.5mm/min 的切削速度下，切削 S45C 圓桿產品，藉由檢測刀具壽命、產品的切削品質與表面粗糙度，來探討刀具對切削性能之影響。期能對不同鍍層材質車刀的特性，提出有系統化的研究，讓不同鍍層材質的鎢鋼車刀刀具架裝在 CNC 車床上，能充分發揮其耐高溫、抗磨耗的強大防護作用，進而達到降低更換刀具次數、降低生產成本以及提高對於大批量產情況下之加工效率的目的。

肆、實驗方法

一、實驗材料

本論文採用中鋼公司生產之外徑 25mm、S45C 之圓桿為實驗材料，其成分如表 1，機械性質如表 2，是日本標準 JISG4051-79 (94)，高級優質碳鋼，採用由電爐、平爐或純氧轉爐煉鋼法製造的全靜鋼，金相組織均勻，無組織缺陷。

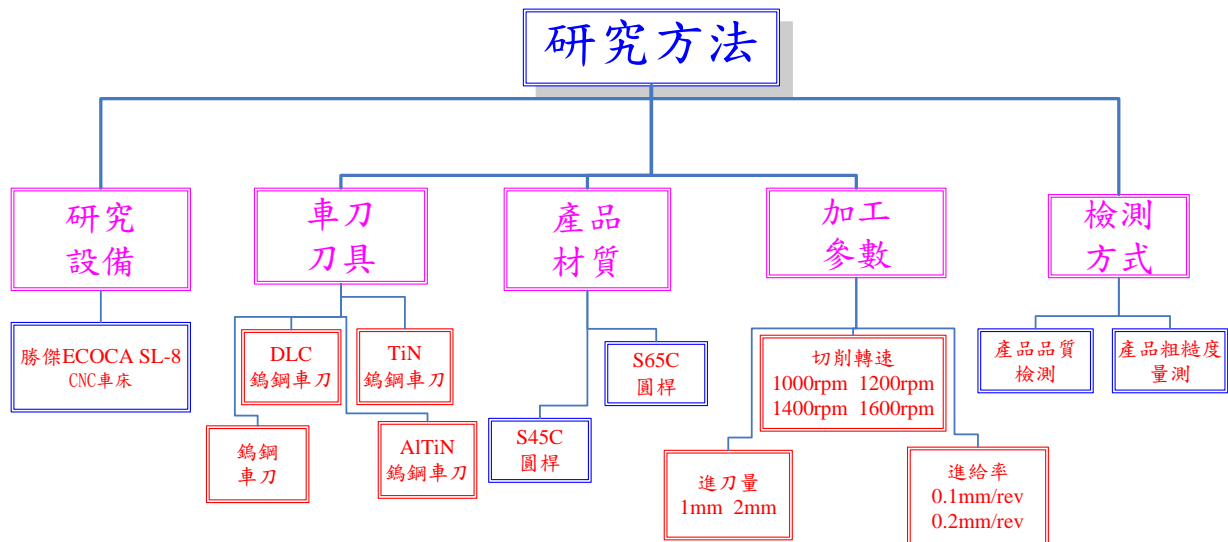


圖 1 研究方法

表 1 S45C 成分

C	Si	Mn	P	S
0.42%~0.48%	0.15%~0.35%	0.60%~0.90%	0.035%	0.030%

表 2 S45C 機械性質

抗拉強度	降伏強度	伸長率	斷面收縮率	硬度
≥58kgf/mm ²	≥35kgf/mm ²	≥20%	≥45%	167~229HB

二、切削液與切削濃度計

本研究採用 TRIM 廠牌之水溶性切削油，型號:T112002C，切削水濃度 7%；切削水濃度計廠牌是 ATAGO，規格型號是 master-α，Brix0.0~33%。

三、實驗設備

(一) CNC 車床

本研究所使用的車床設備為勝傑 ECOCA SL-8 CNC 車床設備（如圖 2），具有 30° 斜鞍式設計以提供加工的穩定性及排屑的方便性。

(二)表面粗糙儀

本研究用來檢測工件粗糙度的 T500 表面粗糙儀為德國 HOMMEL 公司生產之電子感應接觸式儀器(如圖 3)，適用於量測工件的平面、圓弧、凹槽、內外徑之粗糙度，量測行程有 1.5mm、4.8mm 與 15mm 三種，截斷值有 0.25mm、0.8mm 與 2.5mm 設定，量桿速度有 0.15mm/s、0.5mm/s 與 1.0mm/s(自動調整)，精度級數為 DIN 4772 1 級標準(5%)，解析度為 0.01 μ m，配備 TSE 標準測頭(鑽石測頭、圓頭半徑 5 μ m(90°)與經 CNLA 認可實驗室 JCC 合格校正的整組塊規。



圖 2 勝傑 ECOCA SL-8 CNC 車床



圖 3 T500 表面粗糙儀

(三)實驗刀具

本論文採用日本住友 SUMITOMO 公司生產，母材為金屬鎢鋼車削刀具，規格 TNMA160404，內切圓 9.525mm，厚度 4.76mm，刀尖半徑 0.4mm，圓孔直徑 3.81mm，刀具鍍層以 PVD 方式進行，鍍層厚度 8 μ m，刀具的構造與外觀如圖 4。

(四)切削液與切削液濃度計

本論文採用 TRIM 廠牌之水溶性切削油，型號:T112002C，切削水濃度 7%；切削水濃度計廠牌是 ATAGO，規格型號是 master- α ，Brix0.0~33%。



圖 4 刀具的構造與外觀

(四)切削液與切削液濃度計

本論文採用 TRIM 廠牌之水溶性切削油，型號:T112002C，切削水濃度 7%；切削水濃度計廠牌是 ATAGO，規格型號是 master- α ，Brix0.0~33%。

伍、結果與討論

一、刀具壽命比較

由圖 5 得知無論是固定機器轉速車削或固定切削速度車削，刀具壽命皆隨進刀量的增加而降低。主要是因為進刀量增加會造成車刀與工件材料之間壓應力增加而引起溫度上升，進而使刀具表面因切削溫度太高而產生變質，車刀產生氧化作用而使車刀組織結構產生軟化，減低刀刀強度。

刀具鍍層具有提高車刀表面的硬度與耐磨性、減少車削時與工作物之間的磨擦係數、防止熔著與提高刀具的耐熱性等優點。因此從圖 5 可觀察到鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層等不同材質的鎢鋼刀具結構壽命皆比無鍍層鎢鋼刀具壽命長，又以鋁鈦氮鍍層的刀具壽命最長，鈦氮鍍層刀具壽命次之；刀具壽命雖隨著進刀量增加而降低，但相較於固定機器轉速車削，固定切削速度條件下之變化較和緩；在相同進刀量條件下，固定切削速度的刀具壽命皆比固定機器轉速車削參數下的刀具壽命長。各參數刀具壽命的提升率如表 3 與表 4。

鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層材質的鎢鋼刀具結構，在 1,000rpm 的切削轉速下至少提高刀具的切削壽命分別為 27.7%與 59.7%，在固定積移除率的 78.5m/min 切削速度下至少提高刀具的切削壽命分別為 16.2%與 44.7%。

二、工件粗糙度之比較

良好的工件表面粗糙度一直是製造加工業所努力追求的目標，即能在最短的時間內，以最經濟的方法得到最佳工件粗糙度的加工結果；欲達成此目標必須考慮切削刀具、切削條件、切削液、工具機、工件材料等特性，以及粗加工和細加工等特徵著手。工件表面粗糙度影響工件品質甚鉅，也常常做為判定工件是否二次加工的準則；在切削加工過程中，工件表面粗糙度的變化，也是判定機器振動、刀具磨損或材料缺陷的參考指標。

(一)固定機器轉速下，各鍍層刀具不同進刀量工件的粗糙度

從圖 6 至圖 8 可觀察到在固定機器轉速 1000rpm 車削時，無論是鎢鋼無鍍層、鈦氮鍍層或鈦氮鍍層材質車刀，其工件成品表面粗糙度在車削初期其成品表面粗糙度都是較小，隨著車削過程繼續進行，成品表面粗糙度皆會成高低起伏的變化。

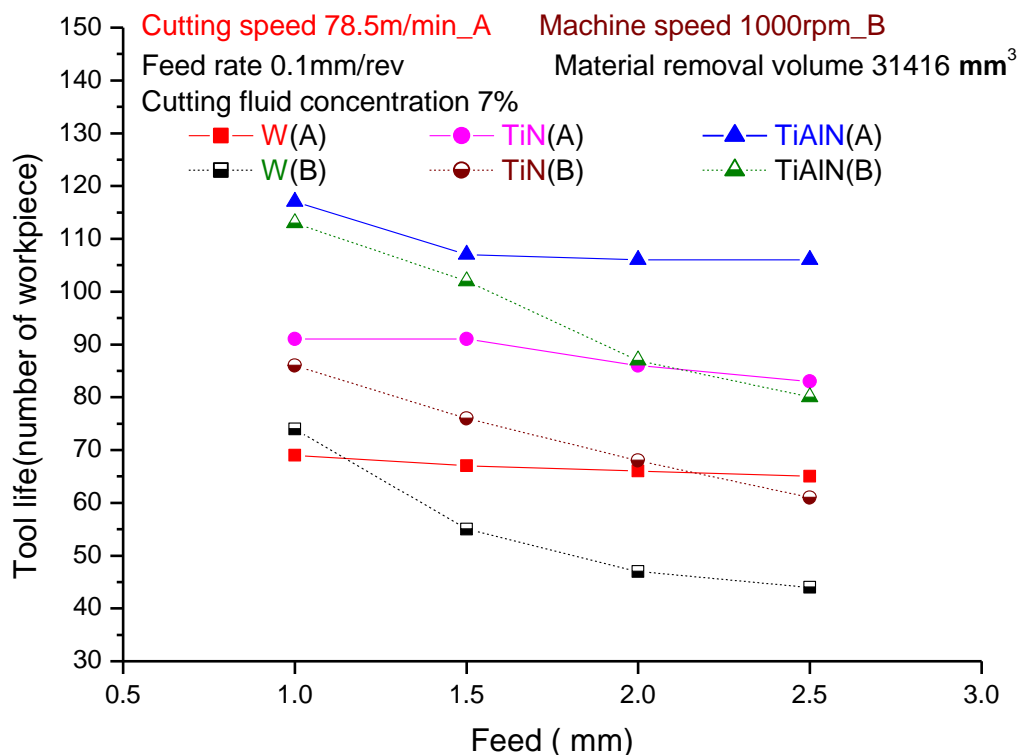


圖 5 固定機器轉速與固定切削速度之刀具壽命的比較

表 3 固定機器轉速車削參數下的刀具壽命比較

固定機器轉速 1000rpm			
車刀種類	進刀量	刀具壽命(車削工件數)	刀具壽命提升倍率
鎢鋼	1.0mm	69	1
TiN 鍍層		91	1.319
TiAlN 鍍層		117	1.695
鎢鋼	1.5mm	67	1
TiN 鍍層		91	1.358
TiAlN 鍍層		107	1.597
鎢鋼	2.0mm	66	1
TiN 鍍層		86	1.303
TiAlN 鍍層		106	1.606
鎢鋼	2.5mm	65	1
TiN 鍍層		83	1.277
TiAlN 鍍層		106	1.631

表 4 固定移除率切削速度車削參數下的刀具壽命比較

固定機器切削速度 78.5m/min			
車刀種類	進刀量	刀具壽命(車削工件數)	刀具壽命提升倍率
鎢鋼	1.0mm	74	1
TiN 鍍層		86	1.162
TiAlN 鍍層		113	1.527
鎢鋼	1.5mm	55	1
TiN 鍍層		76	1.382
TiAlN 鍍層		102	1.855
鎢鋼	2.0mm	47	1
TiN 鍍層		68	1.323
TiAlN 鍍層		87	1.447
鎢鋼	2.5mm	44	1
TiN 鍍層		61	1.386
TiAlN 鍍層		82	1.864

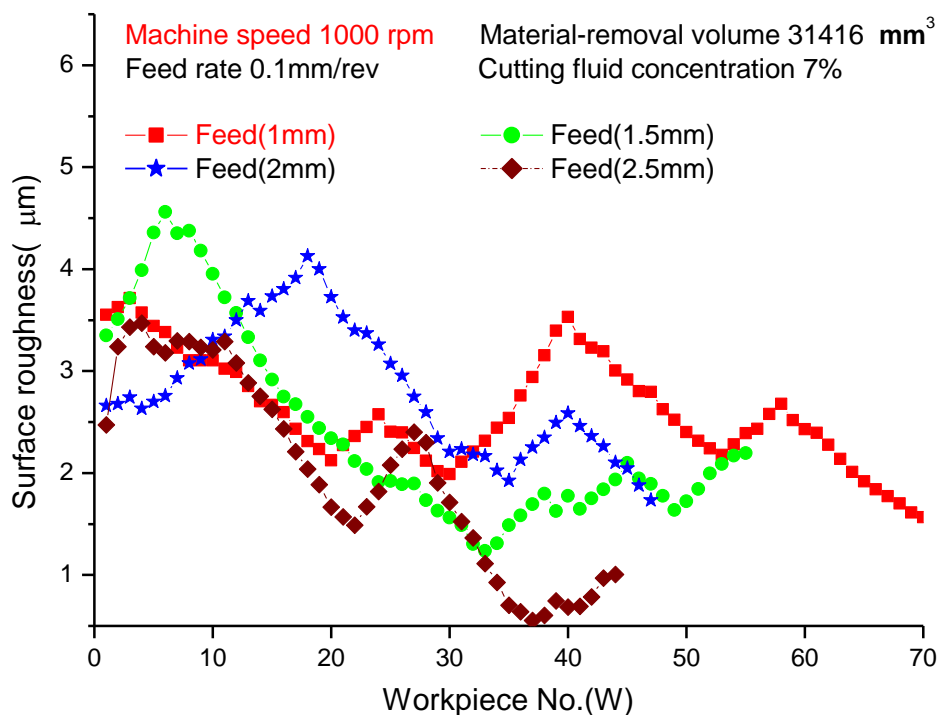


圖 6 鎢鋼車刀固定機器轉速下之粗糙度比較

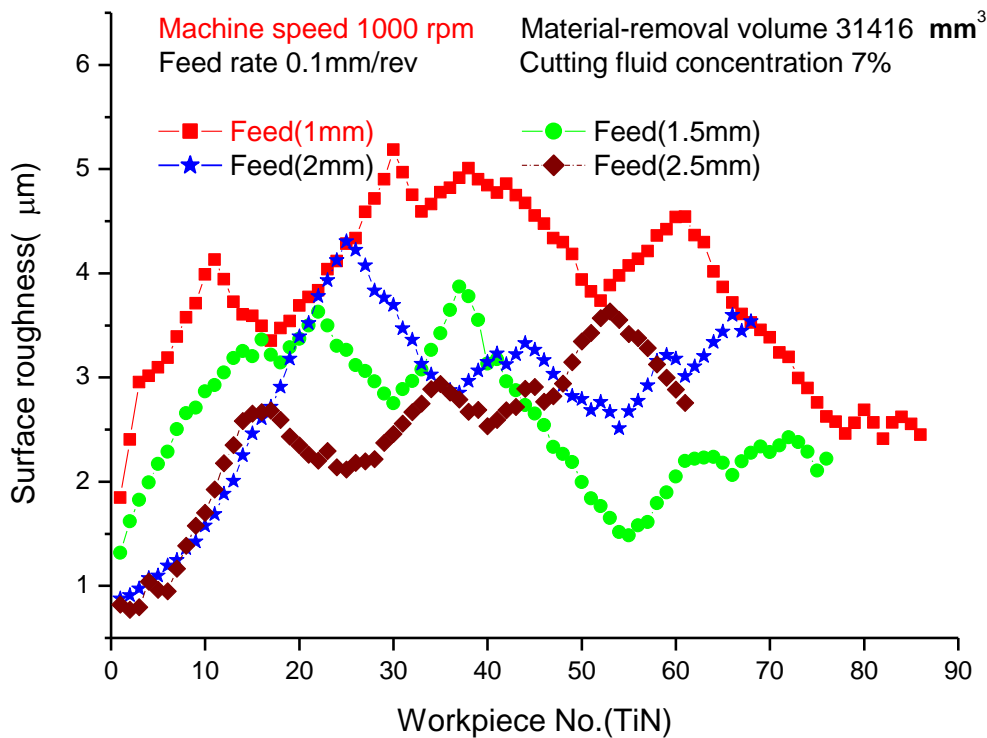


圖 7 TiN 鍍層車刀固定機器轉速下之粗糙度比較

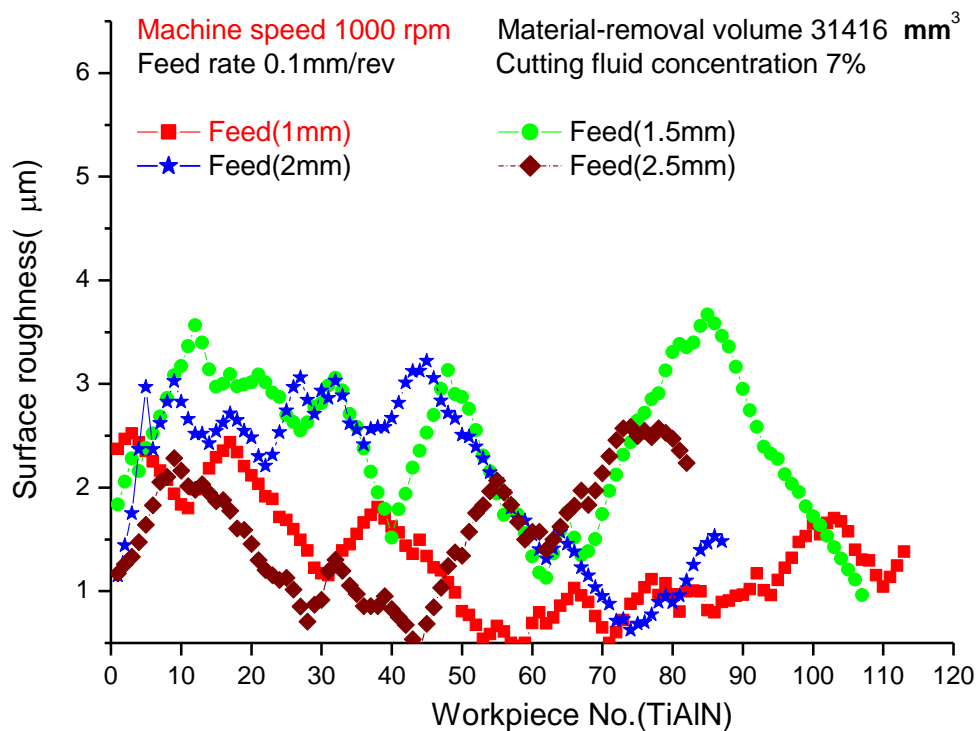


圖 8 TiAlN 鍍層車刀固定機器轉速下之粗糙度比較

(二)固定機器轉速下，各進刀量不同鍍層刀具工件的粗糙度

從圖 10 至圖 13 可觀察到在固定機器轉速 1000rpm 車削時，無論進刀量是 1.0mm、1.5mm、2.0mm 或是 2.5mm，其成品表面粗糙度會隨著車削過程繼續進行，成品表面粗糙度會成高低起伏的變化。鋁鈦氮鍍層材質車刀因鍍層具有提高車刀表面的硬度與耐磨性，可延長刀具因車削而磨損的壽命，但刃口有較多不規則崩裂情形而產生較大的工件表面粗糙度(如圖 9)。

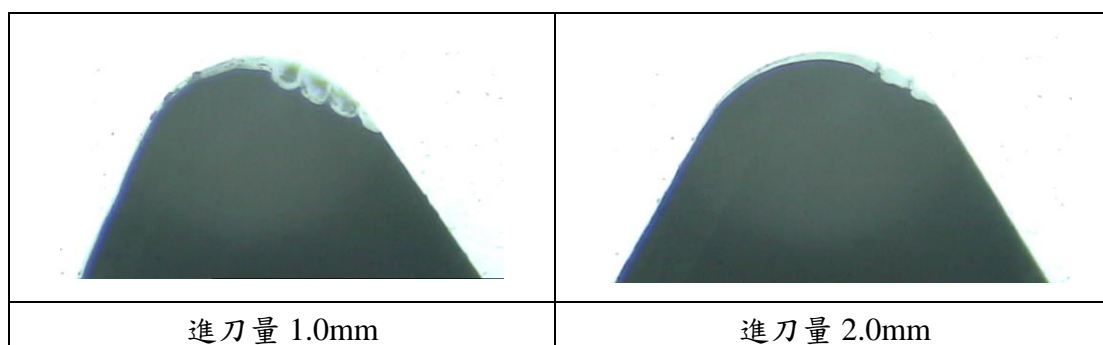


圖 9 TiAlN 鍍層車刀固定機器轉速下之刀具磨損比較
(3D Family QVC300 光學影像量測儀量測之圖像)

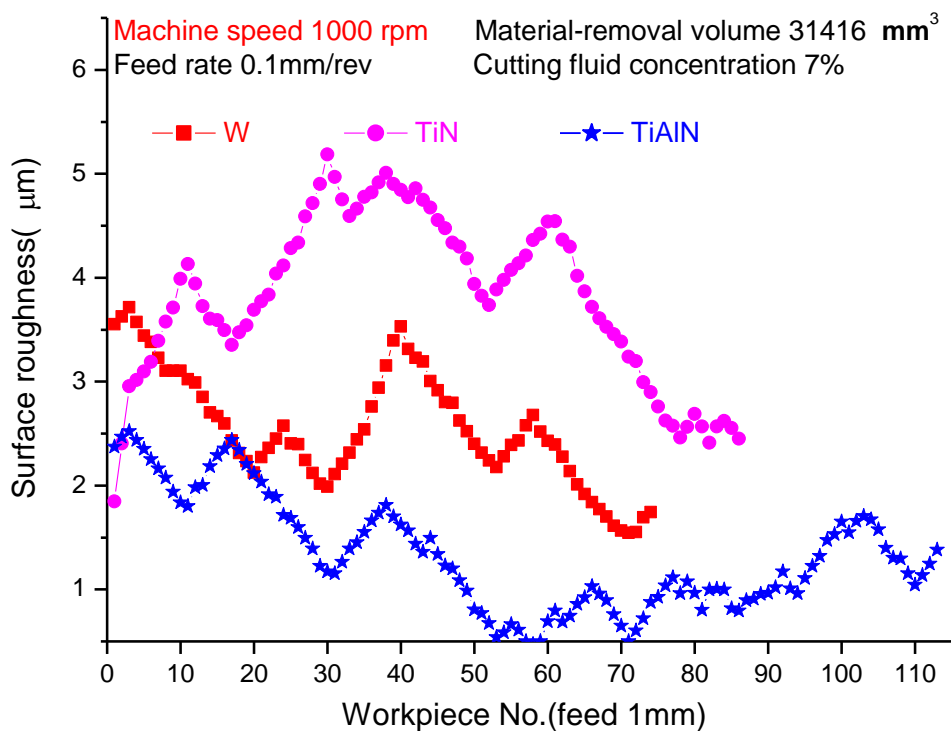


圖 10 固定機器轉速，1mm 進刀量下工件粗糙度的比較

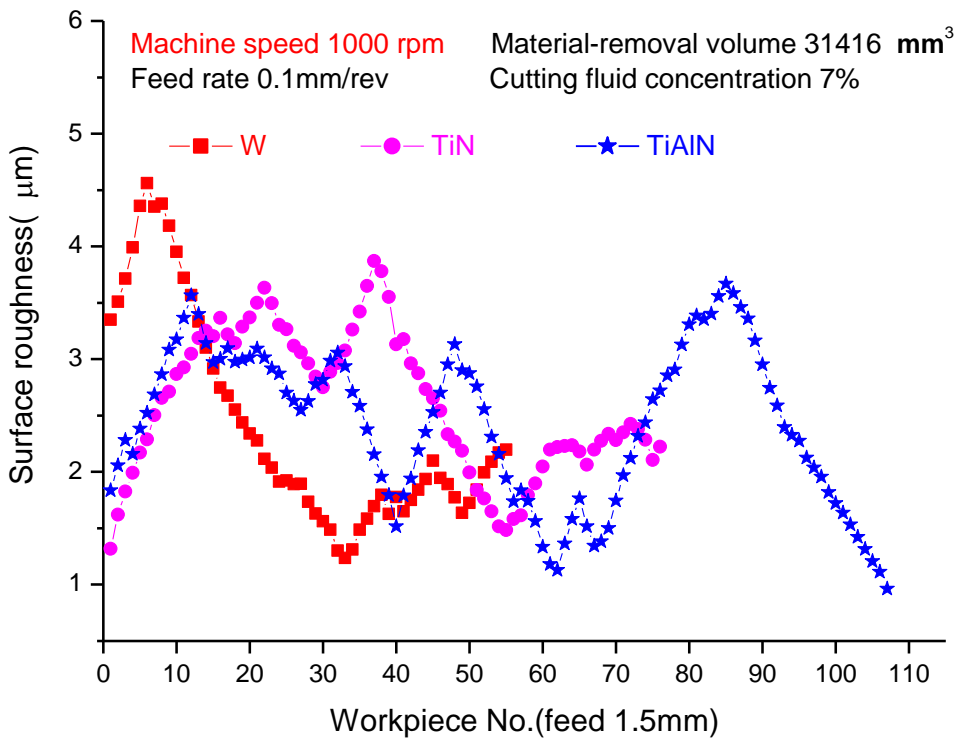


圖 11 固定機器轉速，1.5mm 進刀量下工件粗糙度的比較

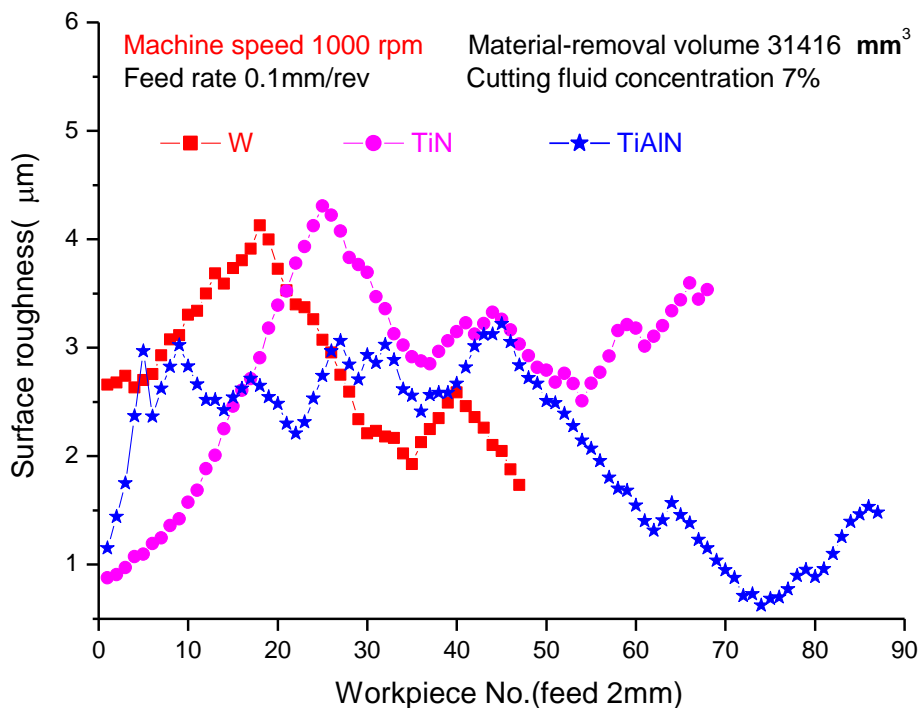


圖 12 固定機器轉速，2.0mm 進刀量下工件粗糙度的比較

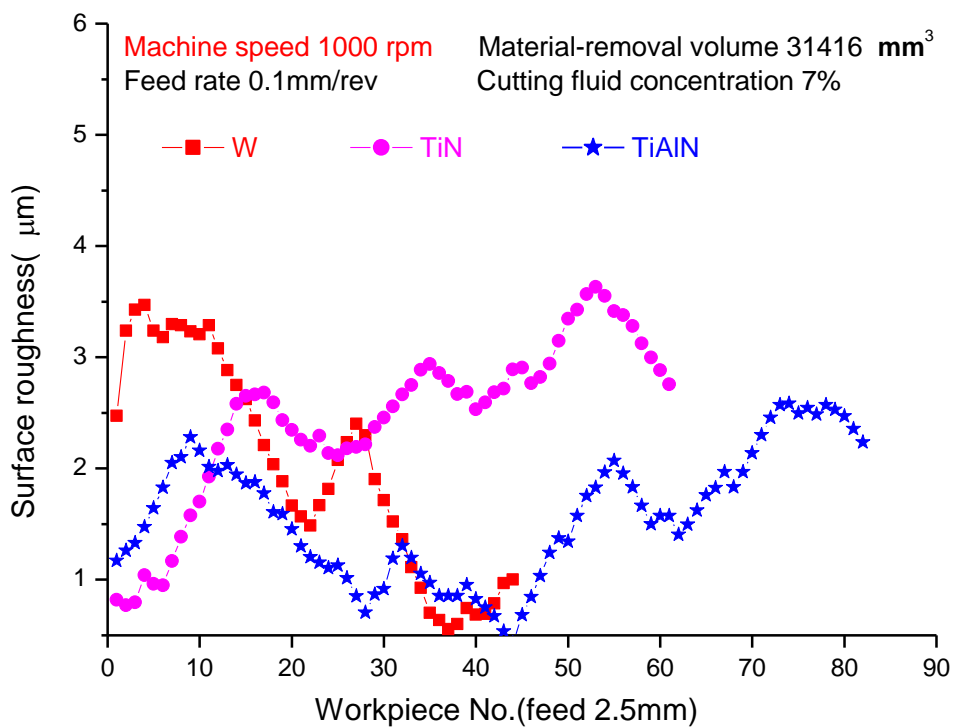


圖 13 固定機器轉速，2.5mm 進刀量下工件粗糙度的比較

(三)固定切削速度下，各鍍層刀具不同進刀量工件的粗糙度

從圖 14 至圖 16 可觀察到在固定車削速度 78.5m/min 下，無論鎢鋼無鍍層或鈦氮鍍層材質車刀，以進刀量 1.0mm、1.5mm、2.0mm 或是 2.5mm 車削，皆有進刀量愈小，其工件成品表面粗糙度愈大的趨勢。其成品表面粗糙度隨著車削過程繼續進行，成品表面粗糙度會成高低起伏的變化。

(四)固定切削率下，各進刀量不同鍍層刀具工件的粗糙度

從圖 17 至圖 20 可觀察到在固定切削速率 78.5m/min 車削時，無論進刀量是 1.0mm、1.5mm、2.0mm 或是 2.5mm，其工件成品表面粗糙度皆有隨著車削工件數目增加而降低的大致趨勢。車削初期其成品表面粗糙度都是最大，隨著車削過程繼續進行，成品表面粗糙度皆會有降低的情形，但會成高低起伏的變化。在進刀量 1.0mm 與 1.5mm 時，鈦氮鍍層材質車刀車削的工件表面粗糙度的呈現最小粗糙度。

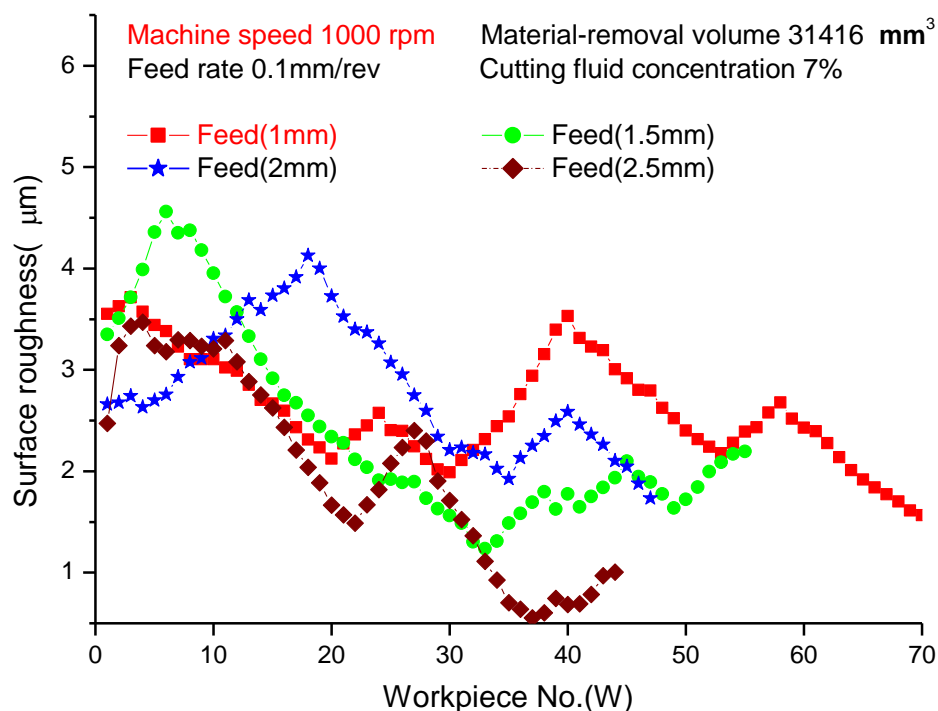


圖 14 鎢鋼車刀固定切削速度下，不同進刀量之粗糙度比較

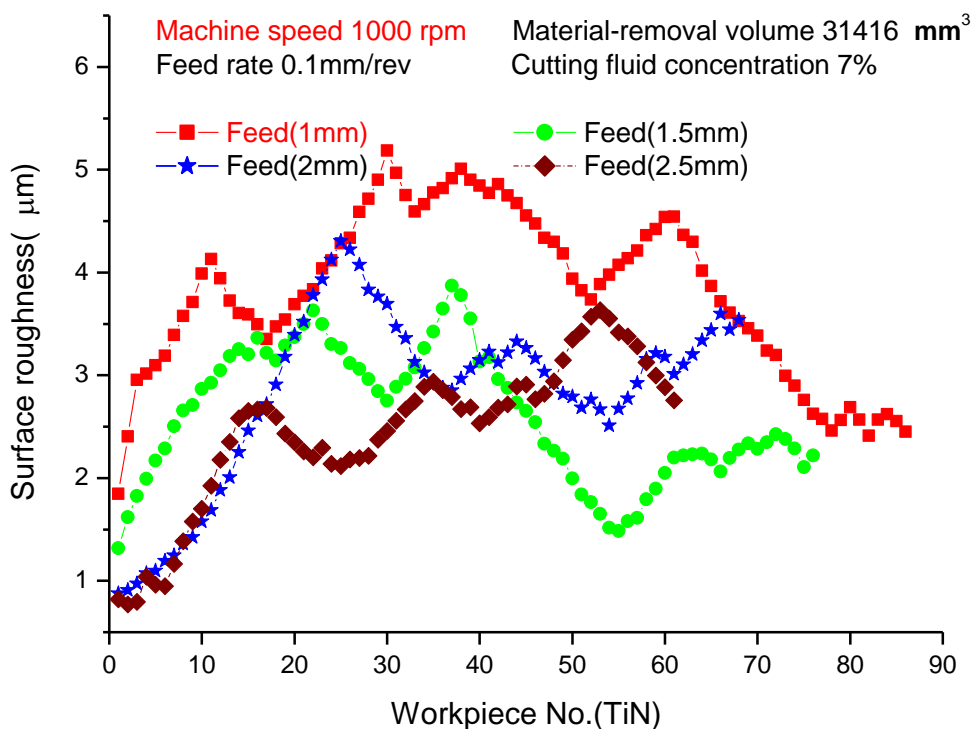


圖 15 TiN 鍍層車刀固定切削速度下，不同進刀量之粗糙度比較

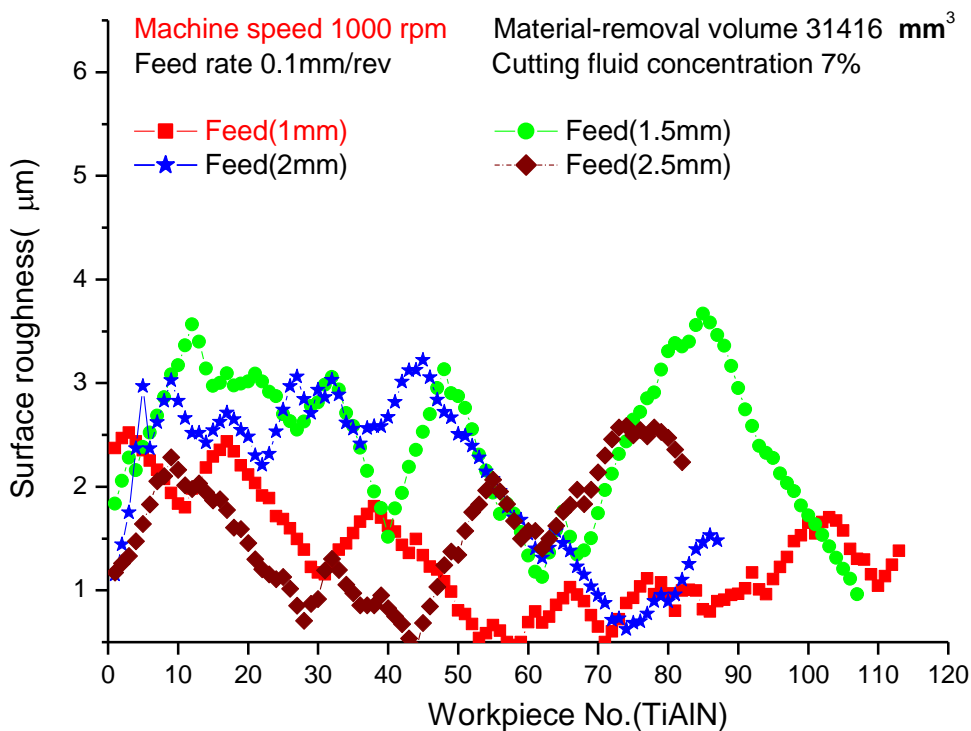


圖 16 TiAlN 鍍層車刀固定切削速度下，不同進刀量之粗糙度比較

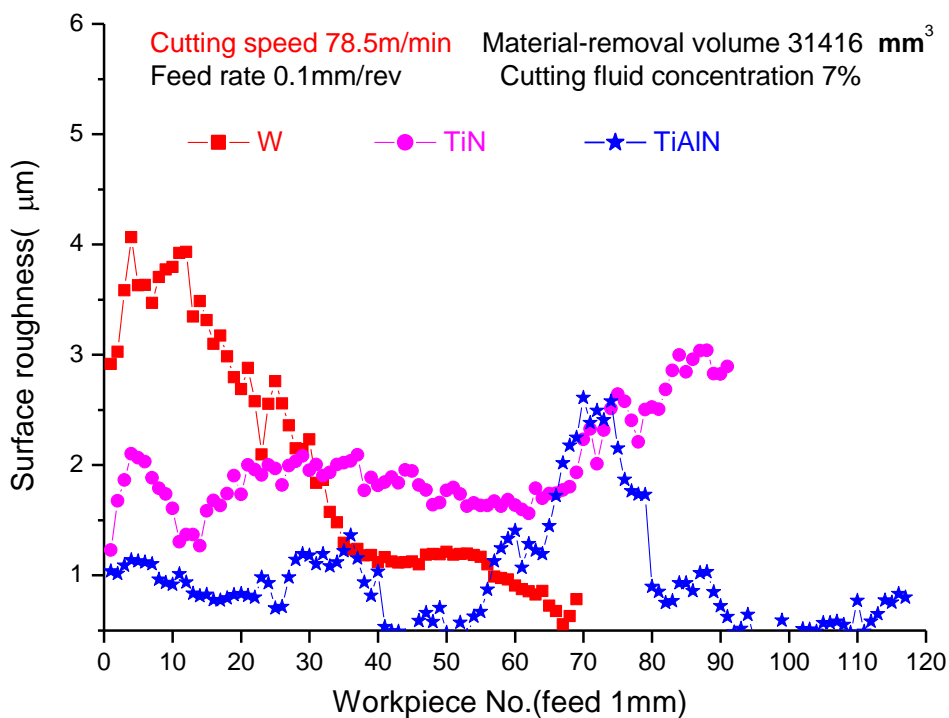


圖 17 固定切削率下，1.0mm 進刀量下工件粗糙度的比較

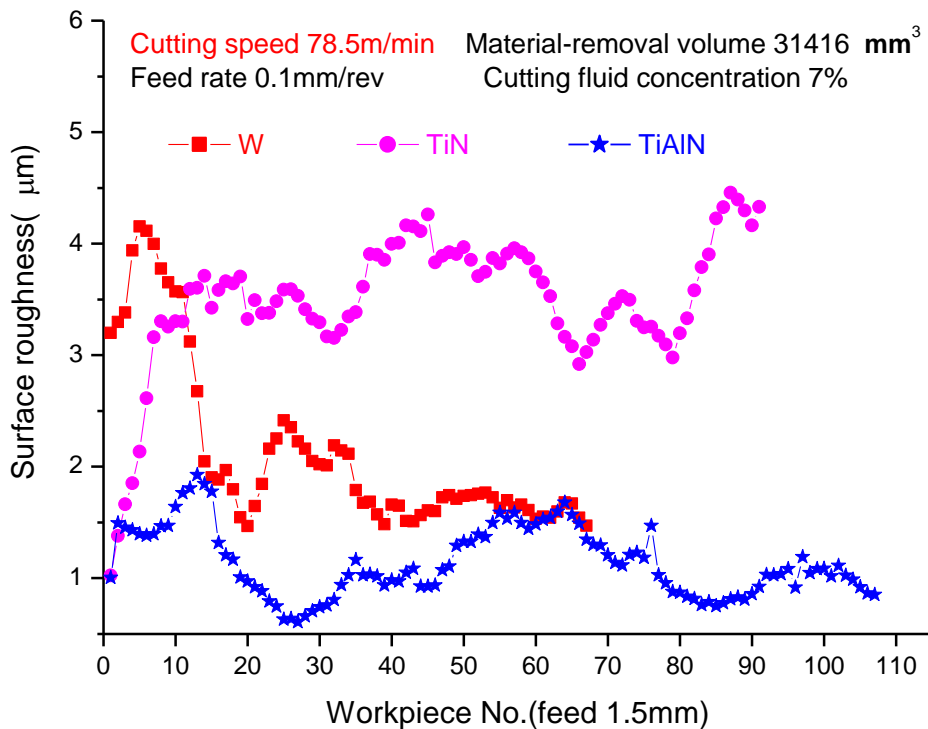


圖 18 固定切削率下，1.5mm 進刀量下工件粗糙度的比較

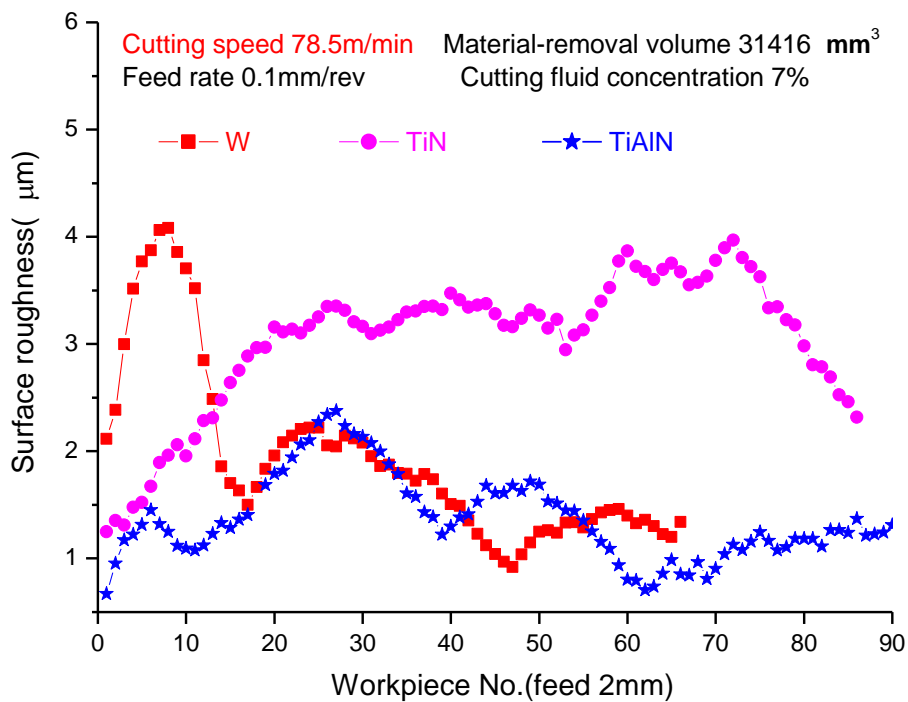


圖 19 固定切削率下，2.0mm 進刀量下工件粗糙度的比較

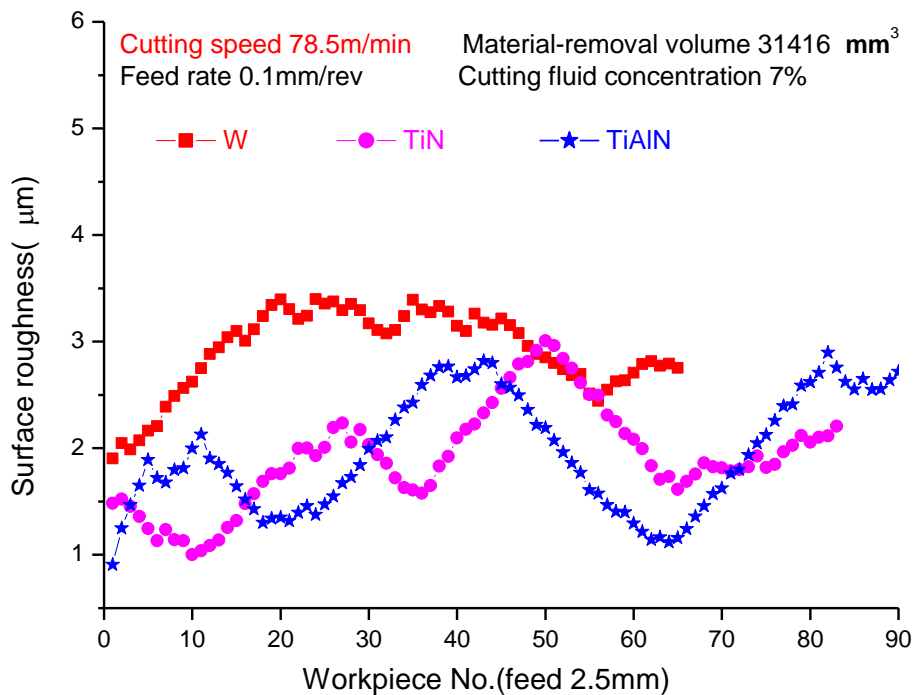


圖 20 固定切削率下，2.5mm 進刀量下工件粗糙度的比較

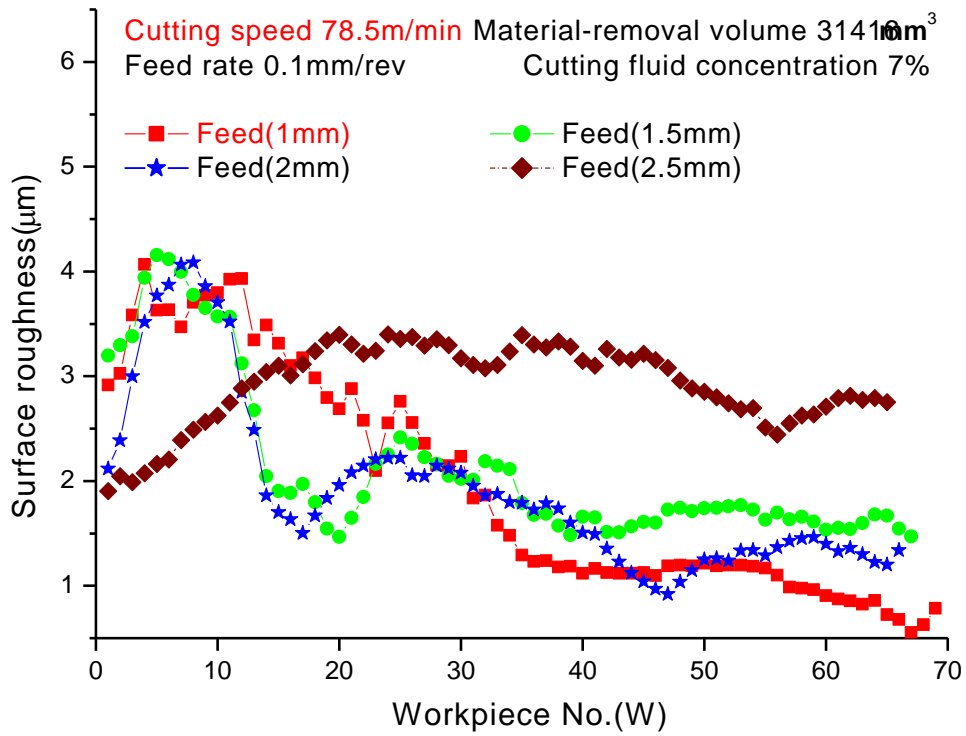


圖 21 鎢鋼車刀固定切削率下，不同進刀量之粗糙度比較

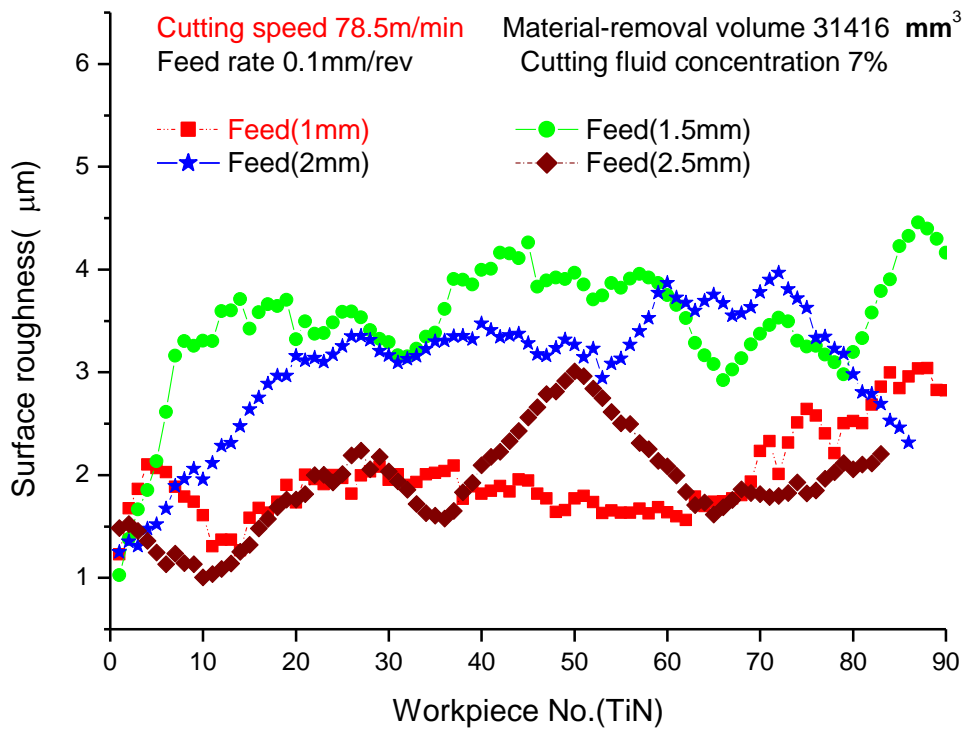


圖 15 TiN 鍍層車刀固定切削率下，不同進刀量之粗糙度比較

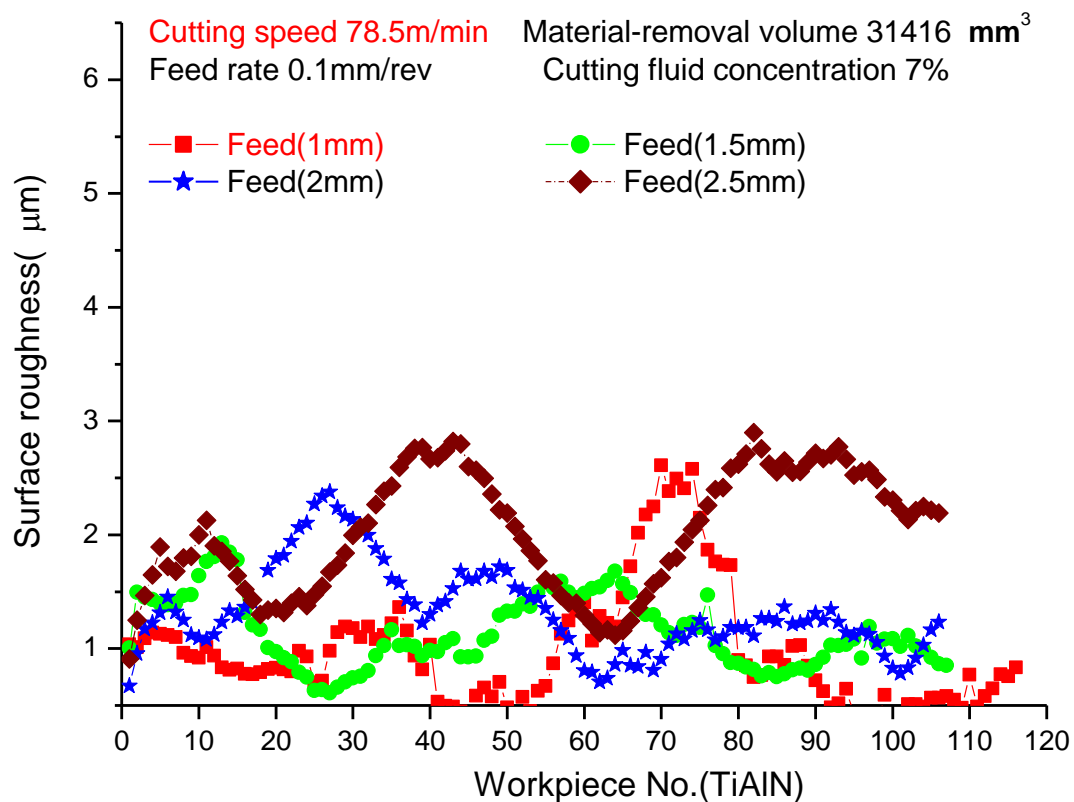


圖 16 TiAlN 鍍層車刀固定切削率下，不同進刀量之粗糙度比較

(五) 固定機器轉速與固定切削率下，各工件的粗糙度比較

比較固定機器轉速 1000rpm 與固定切削率 78.5m/min 下，不同鍍層刀具在各進刀量的工件表面粗糙度，如表 5 所示，可以發現無論鎢鋼無鍍層、鈦氮鍍層或鋁鈦氮鍍層，在進刀量 1.0mm、1.5mm、2.0mm 與 2.5mm 參數下，固定切削速度 78.5m/min 之工件表面粗糙度普遍低於固定機器轉速 1000rpm 之工件表面粗糙度(除了鈦氮鍍層進刀量 1.5mm 條件下之工件表面粗糙度)

表 5 固定機器轉速與固定切削率下，各工件的粗糙度比較

刀具 種類	進刀量	固定機器轉速 1000rpm 之 工件表面粗糙度		固定切削速度 78.5m/min 之工件表面粗糙度	
		最大(μm)	最小(μm)	最大(μm)	最小(μm)
鎢鋼 無鍍層	1.0mm	3.71	1.55	4.07	0.55
	1.5mm	4.56	1.24	4.12	1.47
	2.0mm	4.13	1.73	4.08	0.92
	2.5mm	3.47	0.64	3.40	1.90
鈦氮 鍍層	1.0mm	4.86	1.85	3.04	1.23
	1.5mm	3.87	1.32	4.46	1.03
	2.0mm	4.31	0.88	3.97	1.25
	2.5mm	3.63	0.77	3.01	1.00
鋁鈦氮 鍍層	1.0mm	2.52	0.47	2.49	0.30
	1.5mm	3.67	0.96	1.93	0.61
	2.0mm	3.12	0.62	2.34	0.67
	2.5mm	2.59	0.43	2.90	0.91

陸、結論

本論文探討無鍍層、鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層等不同材質的鎢鋼刀具結構，以 0.1mm/rev 的進給率與不同的進刀量，分別在固定的切削轉速與固定切削速度下車削 S45C 工件，經由實驗結果分析與歸納，的到以下結論：

1. 鈦氮鍍層與鋁鈦氮鍍層材質的鎢鋼刀具結構，在 1,000rpm 的切削轉速下至少提高刀具的切削壽命分別為 27.7%與 59.72%；在固定 78.5m/min 車削速率下至少提高刀具的切削壽命分別為 16.2%與 44.7%。
2. 切削工件的表面粗糙度則會隨著進刀量的增加而降低的趨勢；刀具壽命會隨著進刀量的增加而減少。
3. 研究中同時發現無論刀具有無鍍層，固定切削速率下的刀具壽命比固定切削轉速下的刀具壽命長

柒、未來展望

對製造工程師而言，其最關注的乃是製造成本及生產速率的問題，在實際上，產品生產速率的增高即意味著其成本的降低。在切削材質已經決定的條件下，提升生產速率有關的參數包括車削速度、進給率、進刀量、刀具材質、刀具鍍層都是值得探討的課題。因此未來的研究方向可針對以下方向進行：

1. 針對產業界常用的 S45C 材質，以鎢鋼材質車刀，配合不同的鍍層以及進刀量，在適當的切削轉速或車削速度下，探討刀具切削壽命的提高率與工件車削的產品品質。
2. 若考慮生產最佳化，在選定工件材質後，可搭配田口實驗設計法或反應曲面法，以切削速度、進刀量、刀具材質、進給率、切削液等參數，求最佳化之生產參數組合。

參考文獻

1. 工業區開發管理 105 年度年報，http://idbpark.moeaidb.gov.tw/Report_/Default。
2. 李鈞澤，”切削刀具學”，新文京開發出版有限公司，2001。
3. 張充鑫，”塗層處理 TiCN 或 TiN 之 SWC 車刀車削機構的研究”，Journal of Technology Vol. 8 No. 2, pp. 119-130，1993。
4. R. Baptista, J.F. Antune Simoes, “Three and five axes milling of sculptured surfaces,” Journal of Materials Processing Technology, Vol.103, pp.398-403, 2000.
5. Tugrul Ozel, Tsu-Kong Hsu, Erol Zeren, “Effects of cutting edge geometry, work piece hardness, feed rate and cutting speed on surface roughness and forces in finish turning of hardened AISI H13 steel”, International Journal of Advanced Manufacture Technology, Vol.25, pp.262-269,2005.
6. J. Paulo Davim, Luí's Figueira, “Machinability evaluation in hard turning of cold work tool steel (D2) with ceramic tools using statistical techniques,” Materials and Design,

Vol.28, pp.1186-1191 ,2007.

7. 林焰福，”碳化鎢車刀斷屑槽設計與切削中破鋼之研究”，國立宜蘭大學機械與機電工程學系碩士論文，2011。
8. 陳政宇，”鉻鉬合金鋼車削參數最佳化之品質研究- 以 CNC 中心加工機之刀桿生產為例”，南開科技大學車輛與機電產業研究所碩士論文，2013。
9. 梁榮濱，”刀具切削壽命最佳化參數探討”，建國科技大學自動化工程系暨機電光系統研究所碩士學位論文，2007。
10. <http://www.ffs.url.tw/cutC.htm>
11. 吳旻翰，”斷屑槽碳化鎢車刀切削不銹鋼材之切削力研究”，國立宜蘭大學機械與機電工程學系碩士論文，2013。
12. 郭俊良，” 切削參數對球銑加工表面粗糙度之影響”，逢甲大學機械與電腦輔助工程學系機械工程碩士班碩士論文，2013。
13. 楊永吉，”不同鍍層材質的陶瓷車刀對切削性能影響之研究”，桃園創新技術學院機械工程系機械與機電工程碩士班碩士論文，2015。