



智能化超音波輔助加工先進材料 品質預測及效能改善系統加值軟體

Intelligent ultrasonic assisted processing advanced material quality prediction and performance improvement system software.

學校名稱：國立勤益科技大學

隊伍名稱：智能化超音波輔助加工先進材料品質預測
及效能改善系統加值軟體

指導老師：蔡明義 院長、林岳鋒 助理教授

隊員姓名：賴廷寰、林昶渝、黃柏翔、廖德鴻

何謂超音波加工？

透過刀具的高頻率振動(23~98kHz)及高轉速的切削，形成一種結合研磨以及衝擊破壞材料加工技術，可輕易加工高硬度以及脆性材料，同時也可降低30%~70%刀具/磨棒接觸材料時所產生的切削應力（依據材質而有所不同），因而提昇刀具壽命和表面品質。

高速成長的新藍海市場

新材料

1. 硬脆材料：陶瓷、藍寶石、光學玻璃、SiC晶圓等等。
2. 硬韌材料：複合材料、超合金、高強度鍛造金屬。

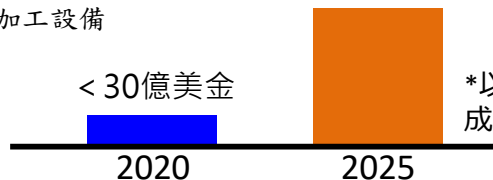
應用產業別

航太業、電子業、汽車業、生醫產業、半導體、模具業、光學儀器產業、精密機械業

全球市場預估

先進材料加工之CNC
多軸加工設備

>300億美金*



*以每年30%
成長率計算



產業需求



半導體產業



光電產業



3C電子產業



航太科技產業



精密機械產業

市場需求

大量採用
輕量化
高硬韌
耐高溫
先進材料

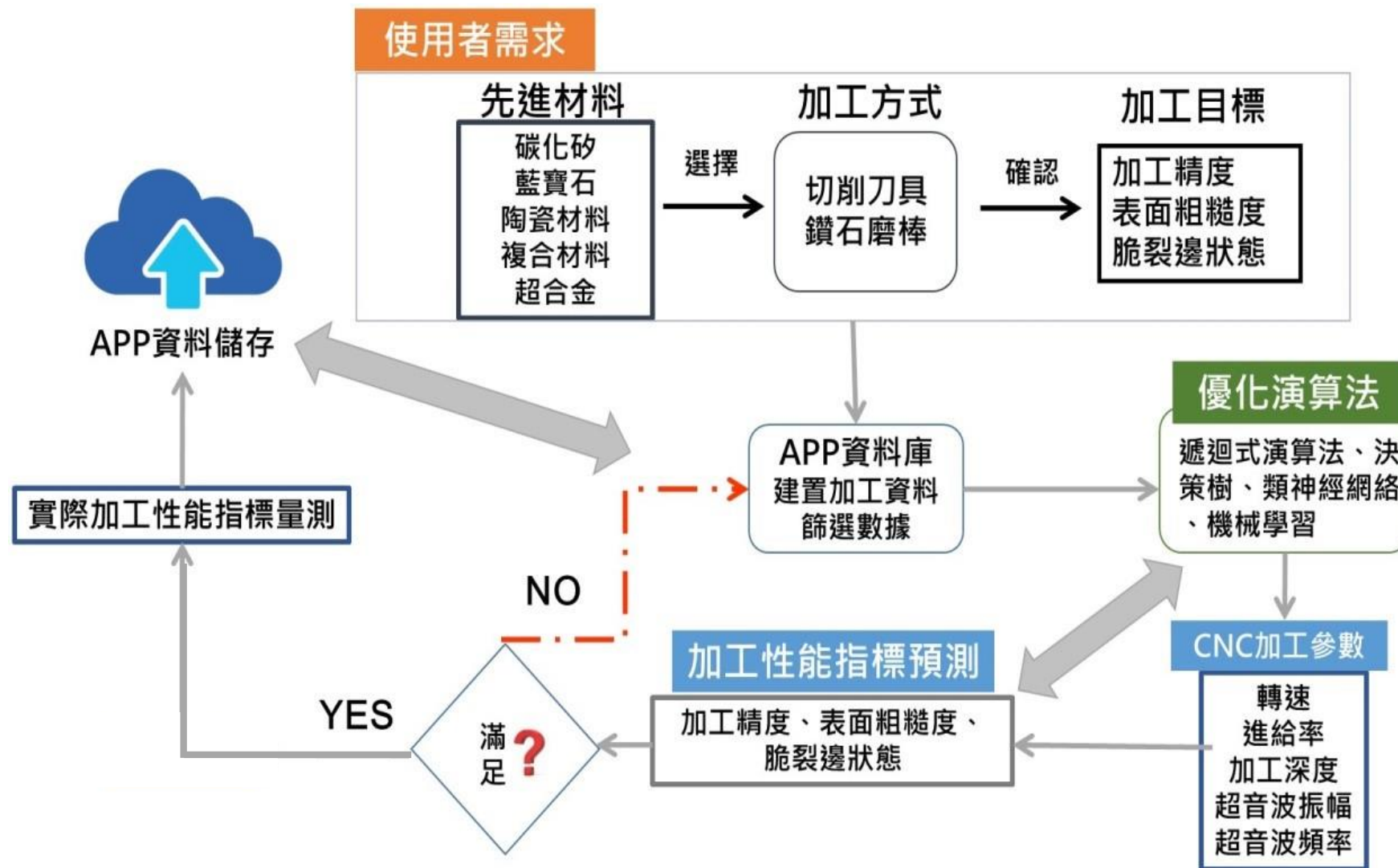
超音波輔助 加工技術



智能化超音波輔助先進材料 加工品質預測及效能改善系 統加值軟體

- 有效提升先進材料加工效率、加工品質
- 減少刀具磨耗
- 幫助提升加工製程技術服務質量
- 製程工序優化

設計概念與應用



開發/加工環境



麗馳超音波主軸加工機
(Litz UX-500)



三菱M80系列控制器



量測環境



3D光學表面輪廓儀
(白光干涉儀)
Zygo NewView™ 8000 Series



數位顯微鏡
KEYENCE VHX-5000

軟體介面—對話式介面

超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體
Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

螺旋铣孔指令產生

挖槽指令產生

螺旋铣孔指令產生

加工孔X座標

加工孔Y座標

磨棒直徑D mm

加工孔徑r mm

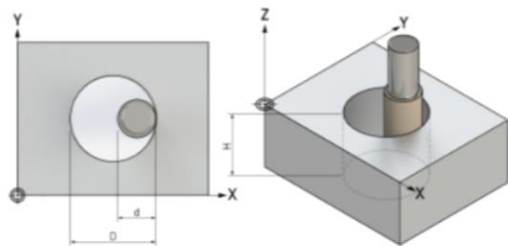
每轉下刀量 mm/rev

加工深度H mm

輸入檔名:

生成加工指令 匯入控制器

對話頁面 參數推薦 精度預測 監控模式 自主學習模式



超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體
Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

螺旋铣孔指令產生

挖槽指令產生

挖槽指令產生

X1 Y1

X2 Y2

磨棒直徑D mm

加工深度H mm

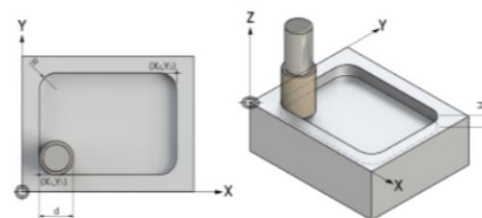
圓弧半徑R mm

切削厚度 mm

輸入檔名:

生成加工指令 匯入控制器

對話頁面 參數推薦 精度預測 監控模式 自主學習模式



軟體介面—對話式介面

超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體

Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

螺旋铣孔指令產生

挖槽指令產生

螺旋铣孔指令產生

加工孔X座標

加工孔Y座標

磨棒直徑D

 mm

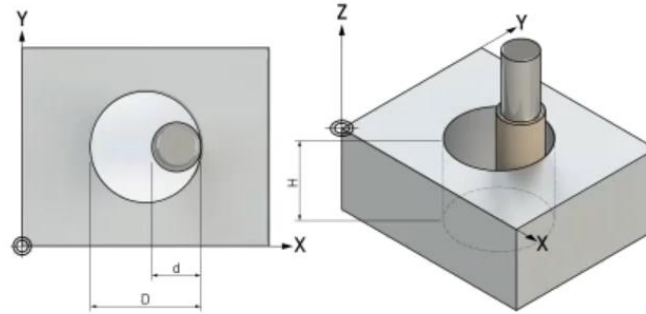
加工孔徑r

 mm

每轉下刀量

 mm/rev

加工深度H

 mm


輸入檔名:

生成加工指令

匯入控制器

利用巨集指令功能 (Macro)建置而成

為符合超音波加工常應用之處，開發了本對話式介面功能：

1. 可即時將產出程式回傳控制器
2. 可不必使用CAM軟體
3. 大幅減少時間成本以及軟體購置成本

軟體介面—參數推薦系統

本軟體所提供之所有參數
皆為無脆裂邊之參數

此關鍵技術可提供首次接觸超音波之加工者：

1. 良好的加工環境
2. 面對不同精度需求可透過本軟體快速實現
3. 節省大量測試超音波參數之時間成本以及研究成本

超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體

Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

前置參數

工件材料		
孔表面粗糙度		μm
加工精度優化		
超音波功率		

推薦參數

磨棒種類		
磨棒號數		
磨棒直徑		mm
主軸轉速		rpm
進給率		mm/min
每轉下刀量		mm/rev

磨棒示意圖

計算推薦參數

匯入加工參數

對話頁面

參數推薦

精度預測

監控模式

自主學習模式

影響模具加工面精度的原因

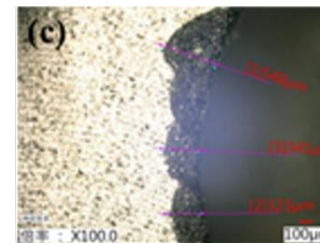
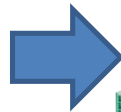
程式的長短不一、内部的計算資料誤差而產生加工路徑的不平整。

伺服馬達對應移動指令的反應、路徑的加減速不相同而產生加工路徑的變化。

機台裝配精度，熱變形等原因導致機台不穩固。

工件上明顯可見的「刀痕」

(/BSW04020)
G0X0Y0 G0Z15.
G0X25.Y-4.5 Z1.
G1Z-0.25F3000.
Y9.9
X28.066 Y10.183
X28.79
X29.048Y10.3
X30.776



加工程式

控制器

放大器&伺服馬達

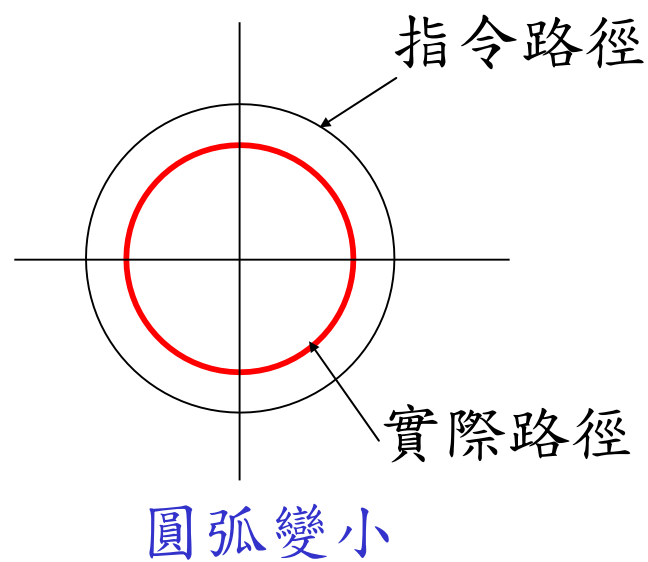
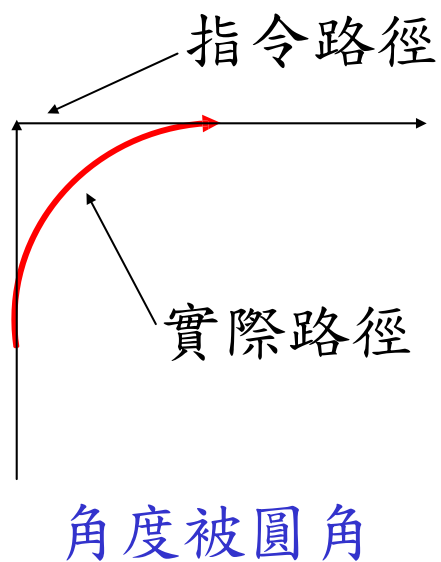
工具機

加工工件

軟體介面—參數推薦系統之加工精度優化功能介紹

CNC控制器依照G-code路徑來進行加工是最基本的功能，但通常會經過控制器的前/後插補，導致程式路徑與加工路徑會有些許的不同。

依照前/後加減速參數的不同，將會對路徑產生不同的影響，有些著重加工品質不求速度，有些需要速度但不要求品質，也就是每個工件都會有不同的需求，但機台出廠時只能設定好一組通用的參數(速度與精度均衡)，以此符合大部分使用者的需求，但如果要使控制器與機台完美契合，還是需要最終客戶了解清楚自己工件的需求，來修改符合自己的加工參數。



軟體介面—參數推薦系統之加工精度優化功能介紹

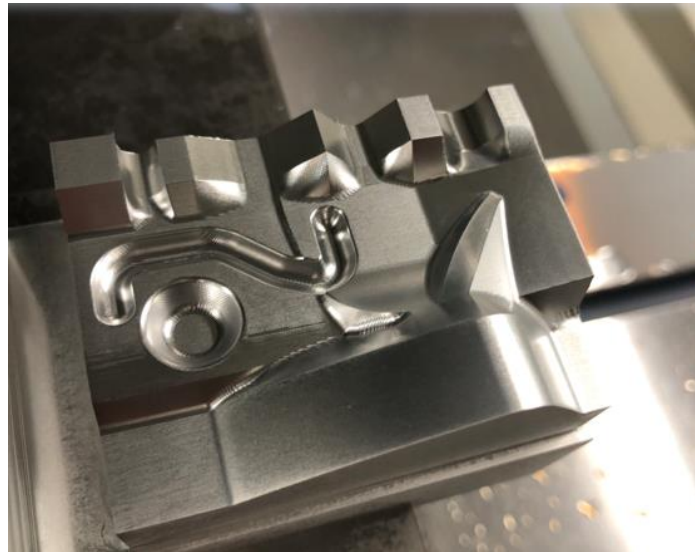
當然並非加工路徑越貼近程式路徑越好，過度激烈的參數反而會使機台產生劇烈的振動，如此一來反而使振動影響了加工精度及表面精度。

本軟體可進行使用者選擇(0%~100%)的加工精度優化程度(調整前後加減速)，100%是精度最高且不產生機台震動之參數，但相對的加工時間會稍稍拉長，0%則是完全依照機台本身所設置之參數，有了本軟體的幫助，使用者對於操作超音波輔助加工機台時便能更加得心應手，不僅掌握了工件的質量，同時也確保了加工的良率與穩定性。

精度差



精度佳



#1207 切削進給加減速
#8019 R5mm圓弧減少速度
#8019 R1mm圓弧減少速度
#8019 理論半徑減少誤差量
#8020 轉角減速速度

軟體介面—精度預測系統

超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體

Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

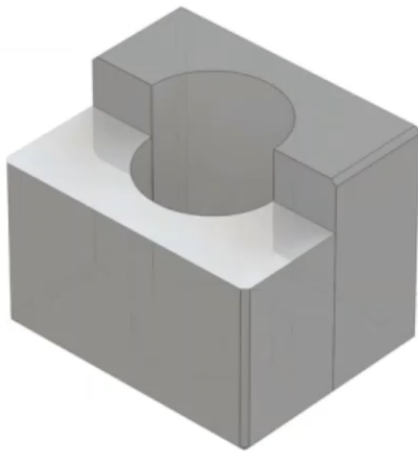
參數設定

工件材料	
磨棒號數	
主軸轉速	rpm
進給率	mm/min
每轉下刀量	mm/rev
超音波功率	

Ra= μm

預測表面粗糙度

表面粗糙度示意圖



對話頁面

參數推薦

精度預測

監控模式

自主學習模式

軟體介面—監控模式



軟體介面—自主學習模式

超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統軟體

Ultrasonic assisted cutting advanced material quality prediction and performance improvement system

參數輸入		學習歷程
主軸轉速		rpm
進給率		mm/min
每轉下刀量		mm/rev
孔表面粗糙度		μm
磨棒直徑		mm
工件材料		
超音波功率		
磨棒種類		
磨棒號數		
確認		

對話頁面

參數推薦

精度預測

監控模式

自主學習模式

加工完畢後記錄所使用之加工參數



將所加工之物件進行量測



將資料輸入軟體完善演算法

軟體對於不同機台所產生之精準度誤差解決方案



提供客戶加工參數、加工材料、測試加工程式，由客戶機台進行加工



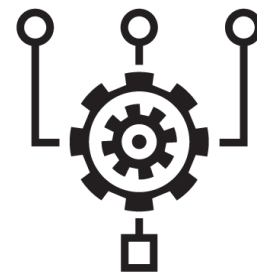
將工件帶回並進行精度量測，再將量測結果上傳至雲端服務中心

分析後可獲得權重，利用權重可得知不同工具機對於本軟體之影響程度

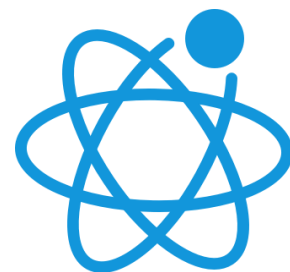
大數據分析
深度學習技術
權重函數分析



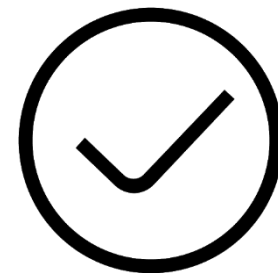
將權重放入演算法中進行運算



使用者持續操作機台，並利用自主學習模式

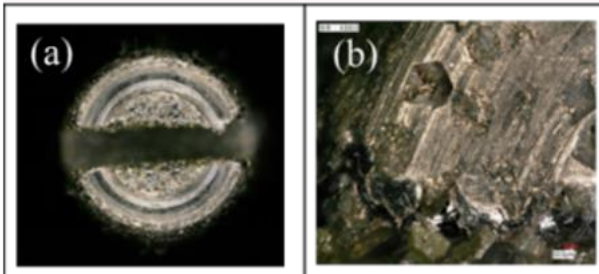


達到客製化軟體
& 演算法之目的

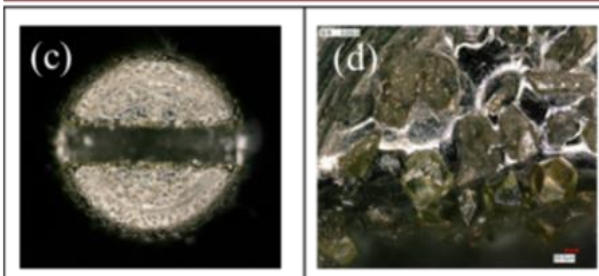


麗馳超音波加工機 (Litz UX-500) 實驗測試

未使用軟體提供之加工參數

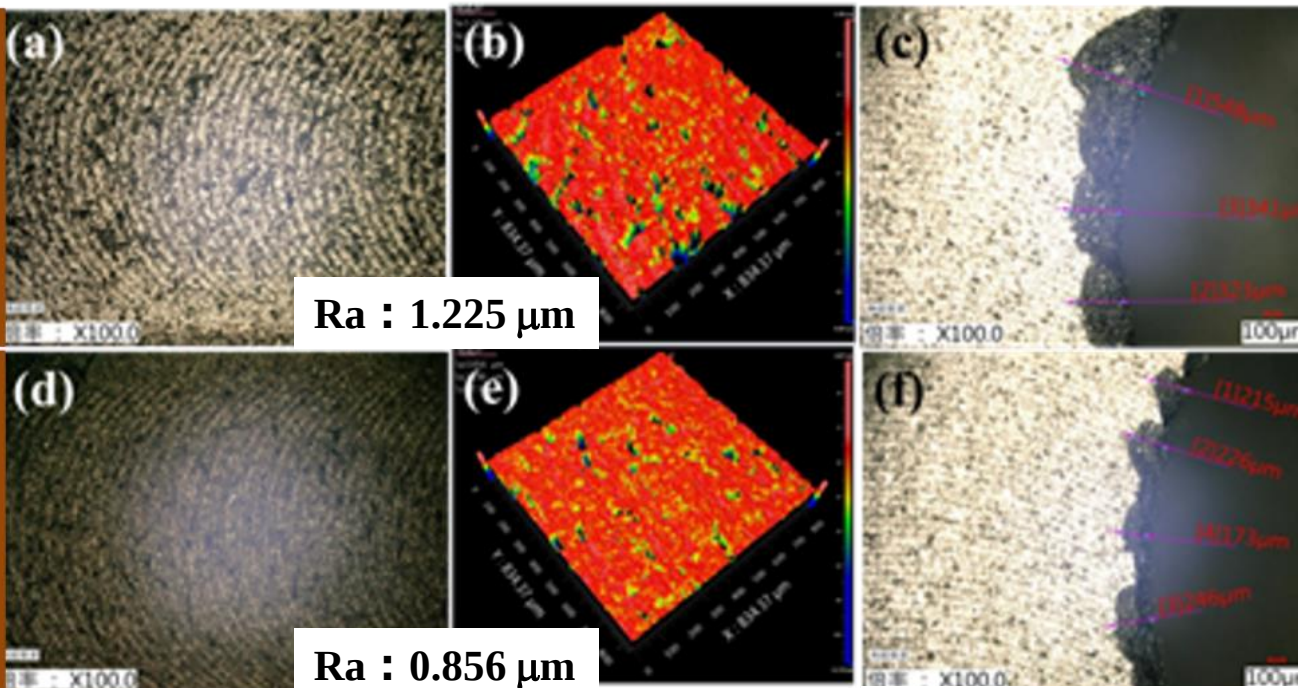


使用軟體提供之加工參數



無
使
用

有
使
用



百德立式加工機 (QUASER MV-184) 拆卸式超音波刀把 實驗測試

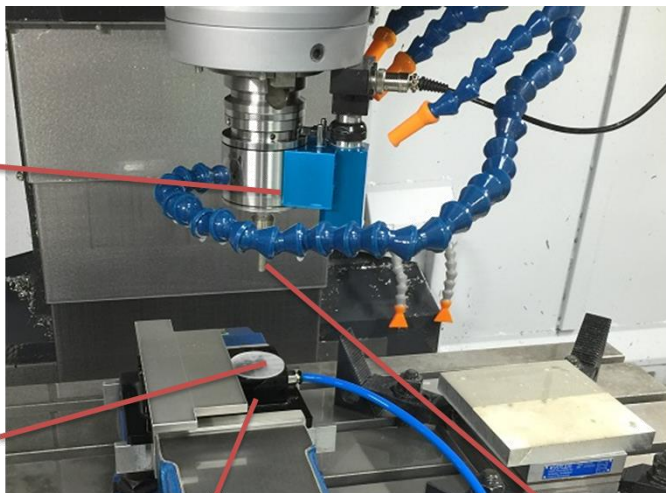


超音波刀把



Sapphire

難切削材料



真空吸盤



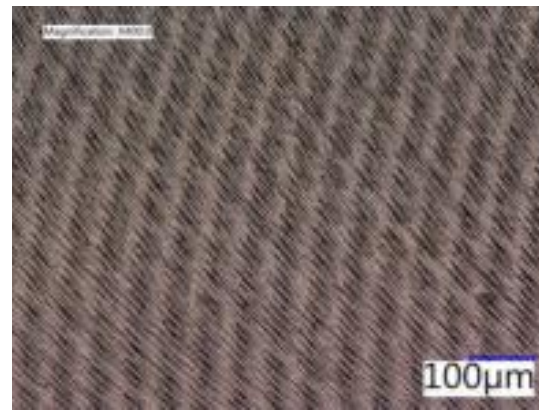
刀具



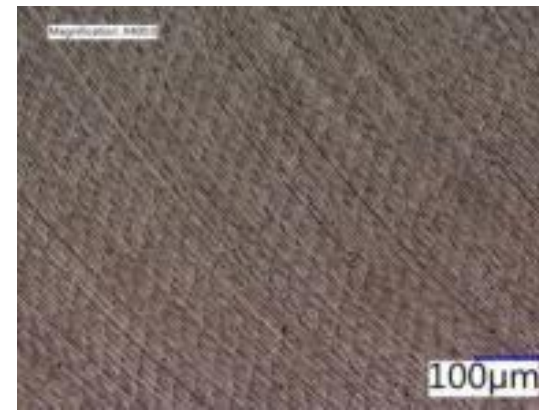
超音波控制箱



真空幫浦



未使用 $Ra=0.121\ \mu m$



有使用 $Ra=0.063\ \mu m$

未使用本軟體所推薦之加工參數時，只能夠由使用者自行摸索超音波刀把的最佳參數，且此最佳參數需藉由大量的實驗規劃來獲得，未使用前所需的實驗、研究、時間成本相當的高，但使用本軟體所推薦之加工參數後可成功使表面粗糙度由 $Ra0.121\ \mu m$ 下降至 $Ra0.063\ \mu m$ ，且可大幅減少成本。

超音波系統規格

超音波系統規格	
最高轉速	12000rpm
動平衡	G6.3/8000
同心度	$<5\ \mu m$
振動頻率	23KHz~33KHz
振幅範圍	$1\sim12\ \mu m$

未來產業價值

超音波輔助加工技術已被證實為針對先進材料加工時，能有效的大幅提升切削效率與刀具壽命等問題，甚至於能夠大幅改善工件表面品質，因此CNC工具機產業界之決勝關鍵，便是如何掌握超音波輔助加工技術，而本軟體便是此技術之指導手冊，本軟體大幅降低超音波輔助加工學習門檻，握有此軟體便可等同於掌握CNC工具機產業界之決勝關鍵，因此智能化超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統加值軟體便是面對5G先進材料加工的最佳解答。



感謝您的聆聽

智能化超音波輔助加工先進材料品質預測及效能改善系統加值軟體