



應用雷射都普勒速度儀 於動態薄壁件 的切削穩態預測

Prediction of Thin Wall Dynamics for Chatter Stability
by Using Laser Doppler Velocimetry

戴仲裕

工研院中分院
數位製造技術部

林啟正

工研院中分院
數位製造技術部

黃啟榮

工研院中分院
數位製造技術部

彭達仁

工研院中分院
數位製造技術部
經理

關鍵詞(Keywords)

- 薄壁顫振 Thin Wall Chatter
- 穩態耳垂圖 Stability Lobe Diagram
- 雷射都普勒速度儀 Laser Doppler Velocimetry

摘要(Abstract)

顫振是一種常見的加工問題，顫振會影響刀具的壽命、工件表面精度與生產效率等等。一般顫振的發生主要是由主軸上的刀具振動所產生的影響，而針對薄壁工件的切削顫振來說，由於薄壁工件本身質量較小與剛性較軟，所以薄壁工件的顫振發生為工件本身的自然振動勝過於刀具的影響。由於薄壁工件本身的動態特性對於外加的

質量特別敏感，為了可以得到精確的切削穩態預測，本文提出使用雷射都普勒速度儀(LDV)取代一般常用的加速度規作為量測頻率響應函數的量測方法，用以避免加速度規的質量影響量測的準確性。穩態耳垂圖是由切削深度、工件與刀具的自然頻率和主軸轉速所計算而得的，本文將比較傳統使用加速度規的實驗方法與雷射非接觸式量測法的頻率響應函數與穩態耳垂圖，並針對不同的量測方法進行討論。

Chatter is a common type of processing problem, which will affect tool life, machining surface quality, and productivity. Workpiece chatter, especially for the thin-walled workpiece, is caused by the natural vibration of the structure where the stiffness and the mass of the thin-walled workpiece is greater than the cutting tool. In order to have an



accurate prediction of cutting stability through experimental data, laser Doppler velocimetry (LDV) is used for measuring the exact frequency response function in the proposed method. The stability lobe diagrams which are constructed by the depth of cut, fundamental natural frequency of the workpiece, and the tip of tool and spindle speed are compared with simulation and traditional experiment. The characteristics of the measuring method are also discussed.

1. 前言

加工精度對製造業來說越來越被重視，尤其是航太工件的加工，薄壁工件(例如：渦輪葉片)在航太零組件上是常見的工作，但其加工不易且耗時，加工薄壁結構時常產生切削不穩定的現象且影響表面加工的精度，爲了提高加工精度，切削的穩定性是必須要解決的。在銑削加工過程中，因刀刀不連續切削，而會產生週期性銑削力，進而激發工具機主軸、刀具及工件夾具結構產生強迫性振動，產生所謂顫振現象(chatter)，薄壁工件在切削時是非常不穩定的，目前有許多切削穩定性的研究，本文提出相關的研究文章與不同的量測方法並加以討論。

2. 切削顫振的相關研究

一般工件的動態特性影響加工較小，所以工件的顫振在過去也比較少被關切，直到 Lee 等人

[1]提出工件顫振效應的理論和顫振與軸向切削極限深度、工件的自然頻率、主軸轉速之間的關係理論才被注意。Altintas 和 Budak [2]曾提出一項基於動態切削的方法，此方法需進一步了解利用兩刃或三刃的螺旋銑刀對徑向深度輕切削影響。Altintas 和 Engin[3]也提出一套螺旋銑刀和切削分析的數學模組，他們的演算法被整合成一個先進的切割程序模擬，並且可被用於切削路徑的規劃與顫振的避。Ertürk 等人[4,5]著重於研究主軸-套筒-刀具組合件系統的影響，其包括了結構的設計、使用的參數、軸承與套筒的界面動態特性的影響，他們使用了一套數值分析模組與利用不同的參數建立主軸刀尖點的頻率響應函數和穩態耳垂圖於分析其影響。爲了能夠利用穩態耳垂圖於預測顫振，Peng 等人[6]提出了一種基於動態切削力的模擬模型和使用 supported vector machine 的方法於分析切削的穩定性。

在高轉速加工時，Schmitz [7]曾提出一種能夠預測系統前後改變動態響應的子結構分析方法，這種對刀具的解析表達式能夠整合主軸-套筒組件的實驗頻率響應函數來預測組件的動態響應。Solis 等人[8]也提出一項實驗分析方法來分析藉由振動模態所建立穩態耳垂圖的機台-刀具-工件系統穩定性條件。這些分析的方法皆使用衝擊槌與加速度規作模態分析，但加速度規的質量對薄壁工件來說是會影響其分析的精度，量測者往往並無考慮此效應，因此非接觸式的振動感測儀器是必被提出來用於模態測試。

目前已經有許多研究開始討論薄壁工件的加工效果，Seguy 等人[9]探討了薄壁加工的顫振不穩定性與表面粗糙度變化之間的關係，他們使用

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】392期・104年11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

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw