



航太薄件加工 虛擬製程預測技術

Virtual Processing Prediction Technology of
Aerospace Thin-Walled Machining

戴仲裕 黃啟榮 林啟正

工研院智慧機械科技中心
智慧製造技術組
數位製造技術部

彭達仁

工研院智慧機械科技中心
智慧製造技術組
數位製造技術部
經理

關鍵詞(Keywords)

- 薄壁工件 Thin-Walled Workpiece
- 動態特性 Dynamics
- 切削穩態預測 Cutting Stability Prediction

摘要(Abstract)

加工製程虛擬數位化對於製造效率提高而言是個關鍵，主要原因在於製程模擬可減少工件打樣的時間，並且更可降低製造過程開發的成本。為了在加工過程中實現高精度和保持穩定性，工件在每一製程狀態的結構動態特性勢必事先預測出來，且對於加工薄型工件的航太相關製造中是特別有用但比較困難的，例如渦輪葉片，主要原因在

於薄壁工件加工過程結構輕薄，容易誘發顫振，且薄壁工件動態特性容易受到虎鉗夾持條件而有所影響，對於動態特性模擬而言，無法使用一般量測方法直接得到夾持條件，最終造成模擬不準確。本技術建構一套薄壁工件加工過程的動態特性與切削穩態預測方法，由模型更新法(model updating method)的虎鉗夾持條件辨識方法，將工件夾持於虎鉗上的系統動態特性進行模擬，將一般手動模擬法造成的模擬誤差 14%降透過本技術的科學化調整至剩下 1.5%。透過較符合實際的模擬模型可提升切削穩態預測的準確性，進而避免薄壁工件切削過程誘發顫振可能性，更可透過切削穩態預測得到最佳的加工效率。

Process virtualization is the key to improve efficiency in the manufacturing sector, as it reduces the need of prototyping and the cost for machining



process development. To achieve high precision and maintain stability during machining processes, the dynamic properties of the workpiece at each stage of the process should be investigated. Such an approach is especially useful, yet difficult, in the aerospace-related manufacturing which involves thin-walled machining for such products as compressor blades. It is found that the natural frequencies of the thin-walled workpieces are sensitive to the clamping condition at the vise. The contact stiffness, between the vise and workpiece, was identified using sensitivity-based model updating. The spring bed model was used to simulate the contact stiffness. While the first two natural frequencies of a clamped-free thin plate model were 14% higher than the experimental counterpart, the error in natural frequency dropped to 1.5% after model updating. By using a more realistic model, the cutting stability prediction can be more accurate, and the chatter is minimized under more demanding process parameters.

1. 前言

加工效率對金屬加工製造產業來說越來越被重視，尤其是航太零組件的加工製程，薄壁工件(例如：渦輪葉片)在航太零組件上是常見的工件，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以及製程效率。為了提高薄壁工件的製造效率，透過虛擬切削穩態預測高效率的加工轉速以及更穩定的切削

深度為先進製造的發展趨勢。在銑削加工過程中，因刀刃不連續切削，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，本文提出國際相關研究文章以及本研究團隊所研發的薄壁加工製程虛擬預測方法進行探討。

2. 切削顫振相關研究

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，而對於薄壁工件而已，由於工件幾何和結構性質輕薄，工件剛性相對於刀具來說較微弱，往往在切削過程中受到動態特性的影響而誘發顫振，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迴避。Ertürk 等人[4, 5]則著重於研究主軸-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。為了能夠利用穩態耳垂圖於預測顫振，

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】408期・106年3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