



金屬薄件製程解析與高效率製造技術

Process Analysis and High Efficiency Machining Technology for Manufacturing of Thin Metallic Walls

¹戴仲裕、¹陳科翰、²黃啟榮、³彭達仁

¹工研院智機中心 智慧製造技術組 智慧製造試營運部

²工研院智機中心 智慧製造技術組 數位製造技術部

³工研院智機中心 智慧製造技術組 副組長

摘要：隨著工業升級的世界趨勢以及數位科技蓬勃發展，世界製造技術走向數位化、自動化及智能化，國內製造產業必須導入先進製造技術才可與國際接軌。由於產品導向與環保議題，產品輕量化越來越受到重視，但薄型工件加工不易，必須有一套完整的製程規劃技術才可提升產業製造能力。本文將提出一套針對薄件製程解析與高效率製造技術，透過整個加工系統的解析、數位製程模擬技術以及製程效率預測找出最佳的解決方案，提供國內產業一套有系統的製程規劃方法與結果，方可改善國內製造產業受現於傳統技術而無法突破之問題。

Abstract : With the trend of industry upgrading and the blooming of the digital technology, manufacturing technologies are becoming digitized, automated and intelligent in the world. Advanced manufacturing technologies should be imported for the manufacturing industry in Taiwan. In this way, processing technology in the industry can be increased and kept up with the world. On the other hand, product orientation and environmental issues are becoming popular. Lightweight products are drawing more and more attention, but the thin-walled workpiece is not easy for machining. Therefore, a complete set of process planning technology is needed for upgrading manufacturing capacity in Taiwan's industry. The process analysis and high machining efficiency technology of the metallic thin-walled manufacturing is introduced in this study. By analyzing the whole manufacturing system, simulating the process and predicting the process efficiency, the optimal process solutions can be decided. This systematic process planning technology can also solve problems which traditional manufacturing methods cannot break through before.

關鍵詞：薄壁加工、製程解析、效率優化

Keywords : Thin wall machining, Process analysis, Efficiency optimization

前言

台灣以製造業立國，不論是金屬加工、航太製造或半導體製造等等皆在國際上佔著一席重要

的地位。根據 IEK 報導所示，台灣 2018 年製造產值成長率將提升 3.49%，且台灣製造產業的附加價值須隨著全球景氣回溫而更加改善與提升，才



可再更進一步隨著世界趨勢帶動產值成長。其中，我國製造產業的附加價值必須透過精度的穩固與加工效率的提升來增進，國內產業的加工技術提升才有機會與國際先進製造技術接軌，甚至贏得國際訂單。

傳統金屬加工來說，加工成品的優劣決取於工具機本身的機台結構、伺服控制、主軸能力與加工工法等結合的最終結果。機台特性來自於機台的靜態精度與動態特性，靜態精度包含直線度、垂直度、靜剛性等等，而這些精度可以根據 ISO 標準以及 TAF 認證來規範；但若以動態特性來說，機台的動剛性決取於機台的幾何外型、結構特性、組裝等因素，一般難以透過明確的整機特性來訂定標準，僅透過機台局部的振動值 ISO2954 來規範機台動態相關之性能，但產業的應用端往往遇到的加工問題來自於機台動態特性，最終將造成產品精度不佳或是表面品質劣勢。

除了機台特性造成加工品質優劣的議題之外，工件本身亦存在動態特性的特質而影響加工品質。普遍的工件動態特性屬於高頻率響應，主要原因是工件的動剛性夠強，被激發的頻率往往遠比刀具高，不易因為工件振動而產生品質不佳。隨著時代變遷與環保議題出現，產品輕量化受重視，製造產業必須面臨產品輕薄而產生的加工議題。當工件輕薄時，工件的動剛性較弱，在動態特性上相較於機台、主軸甚至刀具更容易被激發，導致在切削過程工件容易產生顫振而造成表面品質不良或是加工變形之問題。以航太製造產業舉例來說，渦輪葉片屬於輕薄型金屬工件，加工表面必須平滑且符合規範標準，但由於工件輕薄，在加工過程容易產生顫振 [1] 造成表面品質不良，且顫振使切削力不穩定，容易造成機台主軸損耗，進而影響使用者成本與效益 [2]。

對於製程效率來說，影響來源主要為打樣的路徑規劃以及為了避免顫振產生造成表面品質不佳而調降加工參數等問題。傳統來說，製造產業現階段大多以加工師傅的經驗法與試誤法進行打樣，以航太件或難切削幾何而言，加工師傅必須

投入大量時間與成本。對於量產型訂單來說，廠商評比多以加工品質與製程效率作為供單依據。一般廠商常以較保守的加工條件來穩固加工品質，但製程效率不佳，終究無法贏得訂單評比。

本文針對以上提及的設備動態特性與工件動態特性進行解析，透過模擬技術提出高效率製造技術 [3] 的解決方案使產業技術升級與有效率的增加產能。透過動態特性的量測與分析了解加工設備的性能與極限，針對現有的設備進行補強與改善。本文亦提出一種針對工件振動客製化設計的高阻尼製程夾具，由夾具控制與改善工件產生的自然振動，使製程可保持於穩態加工。由於工件的動態特性會隨著材料移除而持續改變，一般難以由單一量測之結果斷定後續製程之加工特性，故本文提出全製程優化技術，透過數位化與科學化的計算模組進行製程規劃與預測，可有效事先發覺製程上可能出現之顫振問題與效率問題。對於效率而言，工研院智機中心開發一效率優化軟體，透過智能化方式在穩態加工區域找出最佳效率的加工參數，提供使用者全套的製程規劃與高效率加工參數最終結果。

製程解析技術

金屬薄件加工過程中，主要影響製程精度與效率來源包含加工設備及工件的特性，包含靜態

表 1 加工振動分析

	動態特性來源	切削振動最終反應點	預測難易度
設備	機台結構 主軸軸承系統 伺服控制系統 刀具刀把	刀尖點 (機台特性最終反應於刀尖點)	容易 (設備固定)
工件	工件 (隨著材料移除而變異)	工件上隨著路徑改變的切削點位 (工件上任意點的動態特性皆不一樣)	困難 (隨著切削而變化)

更完整的內容

詳見【機械工業雜誌】420期・107年3月號

機械工業雜誌・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：03-591-9339

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌・官方網站：www.automat.tw

機械工業雜誌・信箱：jmi@itri.org.tw