



超音波輔助蜂巢結構切割及刀具壽命預測系統

Ultrasonic-Assisted Honeycomb Structure Cutting and Tool Life Prediction System

¹徐立宇、¹張瑞旻、²黃啟榮、³林偉宸、⁴梁碩凡

¹工研院智慧機械科技中心 智慧製造技術組 智能化軟體技術部

²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

³工研院智慧機械科技中心 智慧製造技術組 智能化機器技術部

⁴工研院智慧機械科技中心 智慧製造技術組 智能化軟體技術部 經理

摘要：全球航空業正面臨一波換機潮，燃油效率、低排放、輕量化設計成為次世代商用客機的設計趨勢。蜂巢結構是航太產業中質輕、高強度的代表性材料而超音波輔助加工是目前國內業者主要的蜂巢結構加工方法，但由於進口機台昂貴、刀具壽命短且刀具磨耗後無法透過研磨、鍍膜重新使用等問題導致生產成本居高不下。

本文將介紹利用工研院研發團隊現有的工具機設計與智能化軟體開發能力整合學術界在複合材料性質與超音波加工方面之研究成果，發展超音波輔助蜂巢結構加工刀具壽命預測技術，並可技術移轉給國內工具機產業，以打入國際航太供應鏈。

Abstract : The aircraft industry is now moving toward the trend to replace existing aircrafts by new ones with better fuel efficiency, low emission and lightweight. The honeycomb structure is the most important material with high strength to weight ratio in aircraft industry. Typically honeycomb structures are cut by ultrasonic assisted cutting. The production cost is very high due to the following issues: high-cost of the machining equipment, the low usage of tools, and un-reusable tools.

An ultrasonic assisted honeycomb structure cutting and tool life prediction system is presented in this article. It is based on the machine tool design capabilities in ITRI and research achievements on composite materials and ultrasonic assisted machining in academic. Domestic machine tool makers can take advantages of the system to develop their turn-key solutions and to promote them into the global aviation supply chain.

關鍵詞：蜂巢結構、超音波輔助加工、航太業

Keywords : Honeycomb structure, Ultrasonic assisted cutting, Aircraft industry

前言

由於次世代商用客機更強調燃油效率、輕量化，使得航太的結構件已經由原本 70% 以鋁合金為主的架構，改為質輕且高強度之複合材料取代。近幾年內推出的新型飛機，複合材料比已經超過 50%[1]。在航太領域所需要的複合材料中，主要

包含蜂巢結構以及疊層複合材料。此兩種材料大部分利用模具烘烤成形後，再施予裁切、去毛邊、鑽孔等切削製程，以符合最終尺寸精度之需求。複合材料之材料特性容易在切削過程中導致刀具快速磨耗、快速溫升等問題，導致材料脫層、脆裂、基材變質等現象。

國內航太製造業者目前針對蜂巢結構之複合



材料之加工，除缺乏關鍵之超音波加工設備以及刀具等耗材，也尚無有效且科學之方法進行製程分析。而當刀具因磨耗就必須更換，無法透過重新研磨、鍍膜等方式繼續使用，且由於刀具成本極高且壽命極短，只有約 24 小時，因此目前複合材料超音波加工的生產成本居高不下，但這又是未來航太製造產業必備的製程，因此國內業者必要尋求一個低成本高效率的解決方案，並且突破目前關鍵設備、耗材均掌握在國外供應商的現況。

隨著航太產業製程技術精進與發展，且原油價格不斷攀升，燃油比重占航空公司營運成本 30% 以上，為了達到機體所需要的抗腐蝕性、輕量性、簡化性、耐濕性、抗疲勞性等要求，各飛機製造商在民用客機、直昇機及戰鬥機的機體結構，均大幅度提高複材重量比率。自波音 787 世代起就使用超過 50% 重量比之複合材料取代鋁合金材料，而下一世代的 Leap 發動機也大量使用複合材料 (53%) 和鈦合金材料 (14%)。而空中巴士的 A320 系列演進至新一代的 A350XWB，複合材料使用比例由 10% 大幅增加至 53%。漢翔為目前國內航太製造業之產業龍頭，但蜂巢結構加工目前整個製程方案皆由國外進口，包含刀具耗材及製程參數，耗材及維修接相當昂貴，造成在生產成本較高，形成低獲利模式。

漢翔、長榮航宇、工研院、工具機產業 M-TEAM 已成立 AIM 大聯盟，目標為搶攻未來 20 年內 5.2 兆美元的國際航太製造業大餅，其中複合材料加工技術是切入國際航太供應鏈的重要技術之一，然而多數國內廠商仍以金屬切削技術為主，尚欠缺複合材料加工技術，導致波音、空中巴士、SPIRIT 等航太公司對於將大型系統組件發包至台灣代工有所疑慮，因此發展複合材料超音波加工技

術後，可提升國內航太製造產業製程技術多樣性，提高產業群聚優勢。衡量國內外主客觀因素，再加上各大航太客戶之期許，全新複材加工技術之需求更加急迫，其中蜂巢結構的加工便是目前航太製造產業亟需突破的核心技術。本技術雖僅針對蜂巢結構的超音波加工，未來希望透過本技術協助國內工具機產業與製造業將此技術拓展至其他複合材料結構加工技術。假如能藉此建立國內產業界在航太級複合材料的加工應用技術能量，未來除了可將軟體、設備等產品推向國際航太供應鏈，更可吸引波音、空中巴士等航太公司來台建立其供應鏈體系，大幅提升國內工具機與製造業產值。

國產超音波輔助蜂巢結構加工技術建立

工研院為進一步提高國內工具機業跨入航太等級的複合材料加工能力，開發超音波刀具壽命預測系統並於國產工具機上完成驗證，整合國產軟硬體能量。相關發展過程如下：

1. 超音波輔助加工驗證載具：

超音波加工驗證載具如圖 1 所示，主要包含國產 GMC 控制器、超音波主機、超音波主軸、介面座、真空吸盤、蜂巢複材、麥克風、麥克風訊號擷取裝置

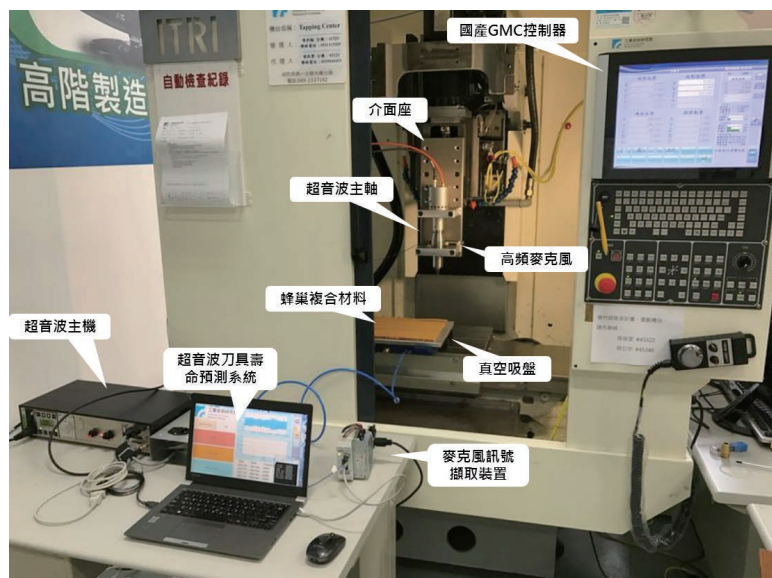


圖 1 國產超音波輔助加工驗證載具

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.automan.tw

機械工業雜誌・信箱：jmi@itri.org.tw