鑽削參數自主優化與智慧調變系統

A Parameter Optimization and Intelligent Control System for Drilling Process

蔡淳宇 [1*]、馬勝銘 [2]、林豈臣 [1]、戴仲裕 [3]、彭達仁 [4]

[1] 工研院智機中心 智慧製造技術組 智慧製造試營運部 副工程師

[2] 工研院智機中心 智慧製造技術組 智慧製造試營運部 工程師

[3] 加拿大英屬哥倫比亞大學 研究助理

[4] 工研院智機中心 智慧製造技術組 副組長

摘要：近年來於國內外各大工具機展中，皆可看到各大工具機廠發展顫振抑制與參數優化系統。不過當前的製程優化技術多是注重於銑削製程，較少應用於鑽削製程。然而在金屬零件加工製程中，進行深孔加工時經常會遇到鑽削顫振問題，本文將提出一套針對鑽削製程的參數優化與智慧調變系統，透過即時加工振動監控及加工異常振動警示功能，讓加工者能快速了解製程狀態，並在異常振動發生時保護機台。再透過鑽削製程參數優化快速找出加工甜蜜點，維持製程穩定。最後透過參數智慧調變系統，依照加工座標變化自主調變參數，降低因工件動剛性變異造成的振動問題，讓加工者不須因加工座標改變便須停機重新找參數，提升製程效率。

Abstract：In recent years, major machine tool manufacturers have developed chatter suppression and parameter optimization systems, which have been disclosed were displayed in domestic and foreign machine tool exhibitions. However, the current process optimization technology is mostly focused on milling process, and is rarely used in drilling process. However, in the cutting process, drilling chatter is often encountered during deep hole processing. This article presents a set of parameter optimization and smart modulation systems for drilling process. Functions of processing vibration monitoring and abnormal vibration warning will allow users aware of the process status and protect the machine when abnormal vibration occurs. Through optimization of drilling process parameters, one can quickly find the "sweet spot" to machining process to maintain stability of the process. Finally, through intelligent parameter adjustment system, the parameters can be automatically adjusted according to the changing of processing coordinate conditions. The vibration problem that caused by dynamic stiffness of the workpiece will be reduced, and the user needs not to reset and re-find the parameters due to processing coordinate changes, and hence improves the efficiency of machining process.

關鍵詞：深孔加工，參數優化，機器學習

Keywords：Deep hole drilling, Parameter optimization, Machine learning

前言

2019 年 10 月美中貿易戰雖暫緩，但衝擊力道猶存，整體而言貿易戰等外部高度不確定性仍在，其經濟情勢仍難樂觀。全球化等傳統成長驅動力逐漸失效之際，試圖由消費和技術領域尋找新的動能，因應與轉型策略值得深入探詢。根據工研院 IEKCQM 發布 2020 年台灣製造業景氣展望預測結果，預測 2020 年製造業產值為 19.18 兆元，產值成長率為 1.28%；預測團隊表示，2020 年全球經濟成長動能可能略為減速，為我製造業產銷情勢形成壓力；然近期台商回台投資擴增產

能、明年國際原油跌價因素緩解，加以 AI 人工智慧和 5G 等新科技應用帶動電子零組件與終端產品需求，輔以政府持續推動擴大內需政策，皆可望為製造業產銷挹注動能。

隨著美中貿易戰持續地演變，面對中國大陸經濟放緩，內需方面的跨業態融合與創新，以及重點前瞻科技布局，對於台灣企業而言，未來的契機應往全球發展趨勢少量多樣與智慧製造及自動化生產為方向，因應市場環境變化應加強協助技術自主，而單機或系統的生產品質的穩健需求將會成為最迫切的核心指標。隨著機械零件越來越複雜，對於各個加工方式的需求也日益增加，而孔加工的比例約占整個機械加工的 30%，而深孔加工又占到孔加工的 40% 以上，其中有 22% 是實心材料的加工；另一方面，在刀具生產行業，世界各國每年生產的用於孔加工的鑽頭占整個刀具行業的 60%，而孔加工技術中又以深孔加工要求技術較高，深孔鑽孔定義為孔的深度超過孔直徑的十倍，這種孔技術需要設備來維持其直度及公差，而圓度和表面光潔度也是考量之一，而振動往往是深孔加工主要的問題，嚴重時常造成鑽頭斷裂與加工中止等損耗成本等問題，舉例來說，在大型板件的深孔鑽削製程上，此板材體積巨大，雖說有治具輔助加工但仍常常因加工中所產生的振動問題造成刀具斷裂而迫使產線停機，在產線管理或是加工成本上使業者困擾，所以發展鑽孔優化技術直接關係到產品的生產效率與加工品質。

本院將協助國內金屬加工製造業者建立以製程品質穩健化作為目標的智能化加值軟體系統，此智能化系統未來更可大幅提高國內加工工具機進入智慧製造系統廠域的相容性及支援性。此製程優化軟體針對工件加工品質良率，建立智慧化製程技術，透過虛實整合技術解析製程設備狀態，以產線資訊與模擬模型交互更新準確度，快速建立製程加值軟體。同時建立智能化預測技術，可預知加工設備與製程行為將影響製程產品品質的優劣程度，使加工設備增加自主學習與主動決策之升級效果，並提高預測結果的可靠度，發揮產線無人化與設備自主化功能，在打樣與少量多樣二大產線上皆取得最佳戰略位置。

鑽削製程優化軟體

近年來於國內外各大工具機展中，皆可看到各大工具機廠發展顫振抑制與參數優化系統，例如 MAZAK 的 Smooth AI Spindle，透過感測器線上感測加工振動，當振動值超出門檻值時便判斷製程發生顫振，接著會在極短時間內快速變化多組主軸轉速，找出穩定的切削條件；DMG 的 MVC(machine vibration control) 功能也是透過感測器偵測加工振動，並進行頻譜分析，搭配事前建立的刀具特徵資料庫，可以快速計算新的轉速，迴避顫振。不過當前的製程優化技術多是注重於銑削製程，較少應用於鑽削製程。

然而在大型機械零組件加工製程中，在深孔加工時常會遇到鑽削顫振問題，由於孔的直徑小且深度深，時常需要用至少 5 倍直徑 (5xD) 以上的鑽刀進行加工，由於刀具較為細長，因此加工中也較容易發生顫振，而刀具也容易因振動而受損。

本院開發一套鑽削參數優化系統如**圖 1** 所示，配合本院的 CUTeffi 製程參數優化軟體，解決深孔加工的振動問題。首先系統過安裝於主軸鼻端的加速度規蒐集振動訊號，訊號經計算簡化後呈現於畫面上，讓加工人員不須再仰賴試誤經驗，而是依據科學數據來辨別加工品質的好壞，並透過設立振動門檻值來判斷鑽削是否發生異常振動，**圖 2** 為鑽削時主軸 Z 方向的振動，當異常振動發生時，振動量會增加至原本的數倍容易造成刀具與主軸的損壞。因此，當系統監控到鑽削發生異常振動時，系統將立刻停止機台加工，避免刀具因異常的加工振動而快速磨損或斷裂，並保護機台及工件，同時，系統會透過機台狀態燈或通訊軟體發出警報。最後，系統透過 CUTeffi 軟體進行鑽削參數優化，在機台操作的安全範圍內，快速找出切削甜蜜點，維持製程穩定。系統功能如下：

· 即時加工振動監控：透過感測器即時記錄加工

更完整的內容

詳見 ▌機械工業雜誌 ▌ • 444 期 • 109 年 3 月號

機械工業雜誌·每期 220 元·一年 12 期 2200 元

線上訂購網址：https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx

▌付款方式▌

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所　帳號：07188562
   請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
   帳號：203-07-02288-0　戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信 用 卡—請填寫信用卡訂購單

麻煩您將**繳款收執**或**信用卡刷卡單**傳真至(03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339　　傳　真：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

機械工業雜誌 優/惠/訂/購/單

訂閱一年 12 期

$ 2200 / 續訂戶 $ 2000

好禮二選一

A 史欽泰墨寶帆布袋

B 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

$ 3000 ~~原價 $ 4400~~

一年12期

贈送

A 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 24 期

$ 4000 / 續訂戶 $ 3600

好禮四選二

A 史欽泰墨寶帆布袋

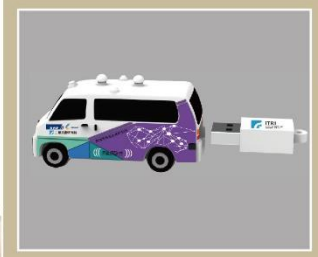
B 工研院機械所無人車USB (8G)

C 工具機叢書任一本

D 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您

A



B

C

D