



進給系統動態特徵分析 及監測技術

Dynamic Feature Analysis and Monitoring for Ball Screw Drive System

謝秉激

工研院機械所
智慧系統技術組
監控系統技術部

吳豐泰

工研院機械所
智慧系統技術組
監控系統技術部

陳慶順

工研院機械所
智慧系統技術組
監控系統技術部

關鍵詞(Keywords)

- 進給系統 Feed Drive System
- 滾珠螺桿 Ball Screw
- 球通頻率 Ball Passing Frequency

摘要(Abstract)

滾珠螺桿可將馬達的旋轉運動轉換成直線運動，並具有高效率、可逆性、零背隙、高剛性等使用上的優點，因而在傳動領域始終扮演重要角色。然而，隨著滾珠螺桿長期高速高負荷的使用狀態下，滾珠的磨耗及疲勞破損是無可避免，此情況會降低螺桿最初出廠時給定的預壓值(preload)，進而影響定位時的準確性。因此，若能

偵測預壓力是否消失或預估滾珠的磨耗程度，則可預先做適當的處置，使加工設備不會因螺桿失效等突發因素而影響生產時程。但因滾珠存在於螺桿與螺帽之間，無法直接使用感測器量測因滾珠擠壓所產生的預壓力或檢測滾珠之磨耗狀況。由於預壓力的變化會反映在滾珠的滾動頻率上，故本文提出一種基於滾珠螺桿球通頻率(ball passing frequency)變化倍率分析方法與流程，以期能間接推估滾珠磨耗情形，進而發展為滾珠螺桿進給系統之狀態評估與診斷模組。

Ball screws can convert the rotary motion of a motor into linear motion of the platform, and has advantages including high efficiency, reversibility, zero backlash, and high stiffness. Therefore, it has always played a very important role in drive systems. However, after long-term use under high speed and



high load, ball wear and fatigue damage is inevitable. This problem causes the preload of the ball screw to gradually decrease and affects the positioning accuracy of the ball screw. Therefore, if the variation of the preload can be detected or the wear degree of the ball can be predicted, the production schedules of the machining equipment will not be affected by the failure of the ball screw. But the preload or the ball wear cannot be directly measured by sensors because the ball is placed between the screw and the nut. In order to improve this problem, we proposed a method based on the vibration signal analysis of the ball screw and the changing ratio analysis of the ball passing frequency. This method may provide some information for indirectly estimating the wear degree of the ball. In the future, it may become a base for developing an intelligent ball screw condition assessment module.

1. 前言

近年隨著製造業對於產品品質及生產速率的高度要求，高速精密進給系統的發展逐漸成為顯學。在進給驅動系統的研究中，滾珠螺桿可將馬達的旋轉運動轉換成直線運動，或將扭矩轉換為軸向反覆作用力，並具有高效率、可逆性、零背隙、高剛性等使用上的優點，因而在傳動領域始終扮演重要角色。

滾珠螺桿因具備前述的優點，使其應用領域已遍及工具機產業、自動化工業、半導體工業、

物流運輸乃至於醫療產業或其他需要精密定位的設施[1]。就滾珠螺桿整體產業而言，於2012年國產滾珠螺桿的產值(含境內外生產)達2.58億美元，全球市占率15.64%，全球排名第2名[2]。進一步從產業分佈情況來看，國內主要的滾珠螺桿製造商共有4家，其商掌握生產滾珠或滾子螺桿及線性滑軌等傳動元件產值的90%以上，平均毛利率約達30%，顯見國產滾珠螺桿於國際上頗具競爭力，且為值得投入更多研發資源以維持國際領先地位的產業。

由於滾珠螺桿的運動機制為滾珠在螺桿與螺帽中之螺旋槽凹面內以點接觸方式運動。當螺桿與螺帽相對旋轉時，滾珠由一端逸出，經由滾珠迴流管做循環運動，且介於螺桿與螺帽間的所有反作用負荷皆由滾珠傳遞，因而有效降低元件間的摩擦阻力，相較於傳統滑動式螺桿與螺帽間的面接觸，在使用上可提供較平滑的運動特性及長時間的精準度。此外，設定不同的預壓來改變滾珠螺桿的剛性是滾珠螺桿運作時一個很重要的特性，施加預壓能使螺桿與螺帽間的軸向間隙大幅減小，在螺帽座進行往復運動時不易發生前後振動，因而達成高解析度的定位能力。現今市售的滾珠螺桿可用許多方法施以預壓以滿足使用者的要求，常見方法包括單螺帽式滾珠螺桿利用較大的滾珠提供適量的預壓，或是雙螺帽式滾珠螺桿於螺帽間加入一插梢以達成預壓的效果[3]。

然而，滾珠螺桿實際運作時，其傳遞負荷所面臨的情形類似於滾珠軸承，隨著滾珠螺桿長期高速高負荷的使用狀態下，滾珠的磨耗及疲勞破損是無可避免地，此情況會降低螺桿最初出廠時給定的預壓值，進而影響定位時的準確性[4]。因

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】374期・103年5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