



主動式阻尼技術與工具機振動抑制應用

Machine Tool Structure Vibration Suppression by Active Damping Technology

¹ 呂泓毅、¹ 廖建智、² 王仁傑

¹ 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

² 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 經理

摘要：在工具機產業中，切削顫振常導致刀具磨耗加速、影響表面粗糙度與縮短主軸壽命，傳統上常利用降低切削深度的方法抑制顫振發生，但降低切削深度會造成加工效率下降，如果能夠控制切削振動的發生，則切削深度可以再提升，加工效率也可以有效提升，因此本文將介紹針對抑制切削振動的主動式阻尼系統，在加工過程中，以主動式阻尼系統抑制振動的功能降低切削振動。

Abstract : Machining vibrations, a.k.a. chatter, lead to affecting the surface roughness and shortening the life of spindles and tools in machine tool industry. Reducing the depth of cutting is conventionally used to suppress the chatter. However, if the depth of cutting is reduced, the machining efficiency is decreased, too. If the vibration can be controlled, the depth of cutting can be increased, and the efficiency can also be improved. Therefore, an active damping system is introduced in this article for vibration suppression. During the processing, the vibration can be reduced by the active damping system.

關鍵詞：調諧質量阻尼器、可調剛性、振動控制

Keywords : Tuned mass damper, Variable stiffness, Vibration control

前言

根據台灣機械工業同業公會 2017 年 1-12 月台灣機械產品進出口速報中指出，2017 年 1-12 月台灣機械設備出口成長，出口值達到 256 億 200 萬美元，較上年同期成長 21.1%，台灣出口大幅成長。為了進一步提升工具機產業競爭優勢，仍須持續追求產品性能、精度與可靠度。因此，開發主動式抑振技術用於工具機機台結構抑振，針

對機台外型先天的弱點改善機台結構振動狀況，並用於提升機台動剛性不足的問題，或額外附加於機台中抑制振動，用於提升機台切削效率。

傳統工具機台在重切削時若因結構強度不足常導致顫振產生，而當發生顫振狀況時通常以降低切削深度來確保刀具壽命與主軸壽命，造成切削效率降低，故本文將介紹可調整頻率之調諧質量阻尼裝置用於降低切削所激發的機台結構振動，避免顫振產生。



主動式阻尼技術及其應用

工研院智慧機械科技中心為進一步降低工具機機台結構振動問題，開發以調諧質量阻尼器為基礎之主動式阻尼技術使切削穩態圖的穩態區域向上提升，切削深度可提升 30% 以上，達到加工效率提升的最終目的。相關發展近況如下：

1. 調諧質量阻尼技術：

調諧質量阻尼器 (tuned mass damper, TMD)，包含慣性質量塊、彈簧以及阻尼，結構如圖 1 [1] 所示，其中 m_2 為調諧質量阻尼器慣性質量塊，並透過搭配的彈簧 (k_2) 和阻尼 (c_2) 連接於主結構模態質量 (modal mass) (m_1)，當調諧質量阻尼器和上方元件 (m_1) 的自然振動頻率匹配時，調諧質量阻尼器正好能夠產生一反向於激振方向的振動，抵銷上方元件的振動，達到抑制振動的效果。最佳的阻尼裝置頻率公式如式 1 [2]。

$$f_a = \frac{1}{1+\mu} \quad (1)$$

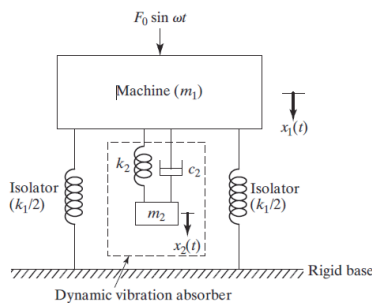


圖 1 調諧質量阻尼器結構

其中 f_a 為阻尼器的調整頻率與主結構的主振動頻率比值， μ 為調諧質量阻尼器慣性質量塊 (m_2) 和主結構模態質量 (m_1) 的比值，當阻尼裝置頻率和結構自然振動頻率關係與公式 1 中相同時有最佳抑制振動效果。

調諧質量阻尼器結構簡單且操作上不需要輸入外部能源，多應用於建築物和輸送管的減振，在建物頂樓裝設調諧質量阻尼器，以減少大樓在強風和地震時所產生之振動，當調諧質量阻尼器的自然振動頻率和期望減振的物體本身自然振動頻率匹配時，大部分振動能量由調諧質量阻尼器吸收並消耗，以達減振效果。雖然調諧質量阻尼器對於抑制結構振動有良好的效果但可適應的振動頻率有限，一般調諧質量阻尼器只能解決固定振動頻率下的振動，若振動頻率改變導致不匹配的情形產生，減振效果將迅速降低。在工具機產業中，因機台結構非如同建築物一樣固定不變，會因主軸位置改變等因素導致頻率出現變化，有鑑於此，需發展可調變調諧質量阻尼器自然振動頻率的阻尼裝置，以調諧質量阻尼器為基礎發展具備適應振動頻率的可調式阻尼系統技術應用於工具機，提供一種可變剛性阻尼技術與其控制方法的解決方案，避免顛振的發生。

2 系統架構：

建立的雙軸向可變剛性阻尼器裝置，將以調諧質量阻尼器為設計基礎，其中雙軸向阻尼裝置優勢如圖 2 所示，在同樣的抑振效果要求下，若

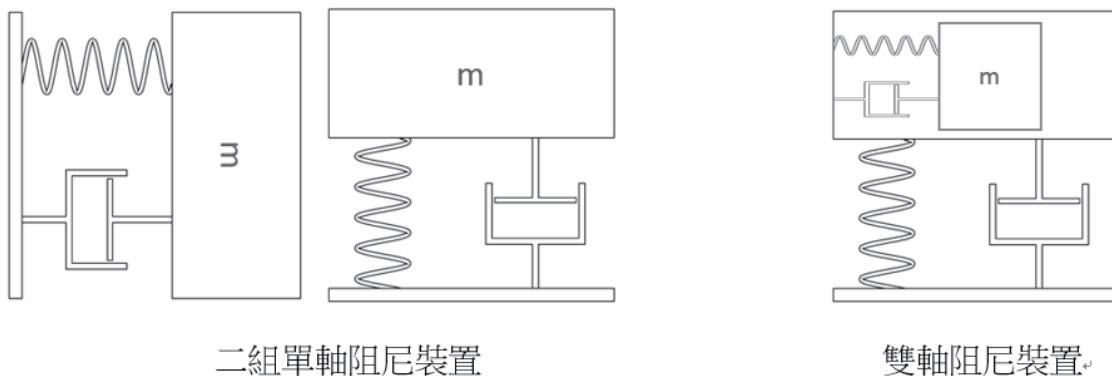


圖 2 阻尼裝置比較

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