

智慧化加工 - 公差估測與誤差趨勢監測

Tolerance Estimation and Machining Error Monitoring for Smart Manufacturing

黃宜諭*、楊淑慧、鄒博年、蔡明城

工研院機械所 工業物聯網技術組 智動化介面技術部

摘要：目前台灣傳統加工產業現況，大多仍然是憑藉加工師傅長時間操作機台所累積的經驗來進行製程的規劃與各工序加工餘量與公差值的預估，再透過實作結果進行試誤及修正來達到規格要求。

本文將介紹一套結合製程公差估測與誤差趨勢監測之系統。可讓機械、製程工程師藉簡單友善的方式建立製程流程，並自動生成尺寸鏈與製程尺寸公差建議，做為加工成品的檢驗基準。並可針對成品檢驗結果進行趨勢與統計分析，做為製程參數調整的依據。期望能協助中小企業有效的節省開發時間並提升產品的品質，邁入智慧加工的時代。

Abstract : In engineering and machining, the determination of allowance and tolerance is based on repeated trails and professional experience.

This article introduces a system that includes dimensional tolerance estimation and machining error monitoring. This proposed system provides support for mechanical engineers in establishing dimension chain and figuring out the process tolerance without the help of experienced tolerance analyst engineer. Furthermore, statistical analysis tool of machining error is provided by importing the measurement results of workpieces. As a result, manufacturer can reduce the cost and improve the quality of products by using this system. We hope this technology will guide small and medium-sized enterprises in Taiwan move into the age of smart manufacturing.

關鍵詞：智慧化加工、尺寸鏈、公差估測

Keywords : Smart manufacturing, Dimension chain, Tolerance estimation

前言

綜觀台灣的加工製造產業，雖多屬於中小企業型式，但由於產業鏈完整且具備可快速互相支援的特性，使得台灣製造的產品及零組件品質已達國際水準且性價比、產品穩定性皆獲肯定，尤其產品製造彈性高、客製化能力與供貨管理能力佳的特點，更在國際上具有強大的競爭力優勢。但儘管台灣具有加工製造的優勢，在許多產業裡仍仰賴傳統機台加工、人工上下料、人工量測檢

測與以老師傅經驗來做製程規劃與改善。如此現象不僅造成品質控管的不易，亦缺乏製程資訊的整合與分析，對中小企業邁入智慧加工的道路也將是一道阻礙。如能透過專業的輔導將現有技術導入適宜之產業，將可補足台灣中小企業所面臨的智慧加工技術缺口，進而提高生產效率與降低生產成本。

而近年來全球化趨勢讓消費市場成爆炸性成長，製造業必須快速提高生產率以因應此趨勢。另一方面，如何應付此大量且多元之生產種類與

同時維持及時且彈性生產的問題也隨之而來，而這些問題及需求的最佳解答正是智慧製造，智慧製造的高彈性、高效率，不只可以從根本面解決目前製造業面臨之困境，同時也創造了一個嶄新的製造模式。根據資策會的調查報告顯示，台灣中小企業在導入智慧製造系統後，生產力提升產生的效益百分比高達 32%，而在速度與良率都有效提升的狀態下，節省下的時間與成本將可應用於後續的研發創新與管理層面，形成一個良性循環並能提高企業的整體競爭性。

傳統加工產業困境

隨著科技日新月異，產品的更新週期也越來越快，少量多樣客製化成為主流。因此如何強化現有加工製造技術，以有效率的節省開發時間及提升產品的品質，並且縮短加工時間、確保零組件互換性以及維持加工水準，來因應產品更新週期變快將是一大問題。目前台灣傳統加工產業現況，大多仍然是憑藉加工師傅長時間操作機台所累積的經驗來進行製程的規劃與各工序加工值的預估，然後再透過實際製作後的成品結果進行一次次的試誤及修正，如圖 1。又由於每位師傅的加工經驗與習慣的不同，其在製程規劃與加工餘量裕度的估算也不盡相同，在公差估算時通常又未



圖 1 傳統機械加工 [1]

導入尺寸鏈的觀念，導致整體流程欠缺一套可靠且通用的估測邏輯，容易造成加工成品品質不齊，品質控管也較難即時掌握，更間接造成了時間成本與製造成本的增加。面對較複雜且更新週期快速的零件，傳統產業的加工方式將更難以招架。

以車削軸套筒外形如圖 2 為例，當廠商接到加工圖面後交由製程規劃人員進行製程規劃如下：

1. 備料 $\phi 55 \times 53L$ 材料塊；2. 車削至尺寸 $50_{-0.1}^0$ 長度預留 0.2 mm 研磨量；3. 研磨左端面，長度 $50_{-0.3}^0$ 。之後便交付現場技術人員進行後續加工流程。其中加工工序順序、加工預留量多寡、每道製程之加工精度及欲使用之機台等，則由技術人員憑藉過去經驗、資料與現場狀況進行調整。但如此流程在面對複雜零件加工時，可能會導致成品不符設計尺寸規格而需來回檢驗與修正的狀況，造成整體加工時程的拉長。

追根究柢來說，這與公差範圍的設定有很大的關係，公差範圍設定的合理與否，將大大的影響零件加工的難易度、成本與成品精準度。當產品在設計階段時，設計者為了保證零組件在加工後能順利進行裝配，並達到其設計之功效與運作標準，便會給予各個零件的關鍵尺寸一個加工的容差範圍。進入加工階段後，加工者則需根據圖面的設計公差為考量進行製程與加工公差範圍的

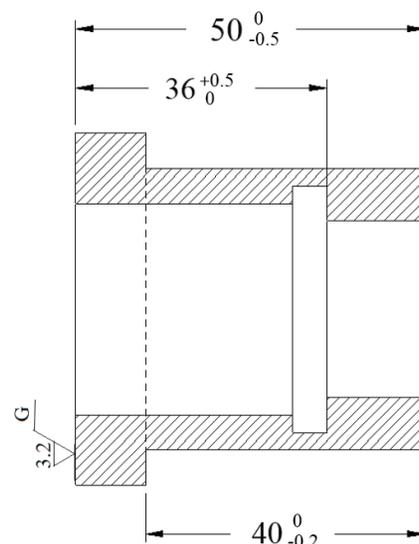


圖 2 軸套筒圖例

更完整的內容

詳見【機械工業雜誌】425 期・107 年 8 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：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