

機械加工的 精實化與智慧化

機器加工廠的客戶，對於精密機械零件的要求，依序為QDC，品質(Quality)一直都是最重要、最優先，其次是交期(Delivery)短比價格(Price)低更重要。大量客製化的趨勢下，品質不打折、交期最短，已經是機械加工業為顧客提升價值的關鍵要素。

智慧機械推動辦公室網站SMB專區資料顯示，從2018年2月2日到2020年12月31日止，經濟部工業局智慧機上盒(Smart Machine Box, SMB)輔導計畫，已經有5,301台設備安裝並完成驗收。從案例分享的成果整理發現，顧客在意的成本、交期、售價提升、良率這四項佔比合計約10%。現階段SMB 成果，90%聚焦在設備觀點價值，如稼動率、減少紀錄作業報表時間、數據收集時間、即時監控、生產履歷、建立標準工時、自動報工、異常通知與停機等資訊。

把加工製程連起來，減少在途量(Work In Process, WIP)和等待的浪費，是加工廠落實精實管理，消除浪費、交期最短的流程價值。SMB即時收集加工運轉中的設備訊息，讓設備運作實態、加工資訊可視化並分析改善，是智慧化創造的數據價值。

智慧結合精實管理的流程技術，可以從加工價值鏈大幅提升顧客價值。精實和智慧是相輔相成的，本文將以精實加工流程的觀點，說明機械加工業應用智慧化，在加工設備點與線，創造的顧客價值。

OEE是評量設備運作價值的指標

整體設備效率(Overall Equipment Effectiveness, OEE)是評量生產設施有效運作的指標，它是良品率(Quality Efficiency)、性能效率(Operational Efficiency)、稼動率(Availability Efficiency)相乘的結果。用精實管理的浪費觀點，影響OEE的主要因素為不良品浪費(Quality Loss)、產效浪費(Performance Loss)、可用浪費(Availability Loss)和排程浪費(Schedule Loss)。

排程浪費和可用浪費是事先就知道的，透過SMB可以更精確



巫茂熾
(Mao-Chih Wu)

東海大學精實系統團隊核心成員、資深顧問。歷任連豐機械設計工程師，友嘉實業研發部課員、課長、經理、協理、事業部副總經理等職務。彈性製造系統的主導性新產品、五軸加工技術暨加工機業界科專等專案等專案計劃主持人。近年積極致力於精實製造與客製化管理、精實智慧製造、產品開發管理與電腦系統導入之實踐研究。

的知道計劃與實際的差異。排程浪費是經營管理的議題，如休假日、工作量不足無法滿足設備可以安排的整體時間(All Time)、例行性會議、定期保養檢修、產線調整等。可用浪費是生產計畫的停機，如計畫變更停機、缺料停工、換線停機、設備熱機時間、設備故障維修等。

產效浪費和不良品浪費是設備加值異常的情況，事件發生才有的訊息，譬如設備故障停機、預警停機、換料工時異常、換線工時異常、不合格的材料、不良品等設備運作異常事件、起訖時間、次數等訊息。在設備上安裝感測器(sensor)和SMB，就可即時擷取以上的實際資訊。

拜IoT(Internet of Things)資訊科技發展之賜，透過智慧機上盒收集設備運轉正常與異常的實際狀態，每台設備的每個事件都自動即時的擷取並紀錄到資料庫，成為及時正確的加工日誌資料庫。將資料庫內的紀錄，以設備為主體篩選資料，經過正確的歸納、合併、計算後，得到OEE運算(運算式請參閱本專欄2019年8月、113期)需要的分子良品數、實際效率、運轉時間，和生產數、計畫效率、排程時間等分母數據。OEE內的良品率、性能效率、稼動率是衡量設備效率的指

標，故OEE是評價設備在加工工序創造價值的點指標。

加工LT是評量流程價值的指標

加工LT(Lead Time)是零件從素材投料，經過複數個加工工序到完工合格的加工流程時間總和，包括各個工序的搬運、取放、加工時間，和工序間等待時間。

以零件加工製程為主體，每個工序的開始加工時間、加工完工時間、完工數量等訊息，可以從加工日誌資料庫篩選出來，再依據零件製程的工序順序，將以上訊息組合起來，可以得到零件加工LT時間，以及零件工序相關的資訊。如圖1加工流程圖，零件在工序1和工序2的「換模換料時間」，工序1或2的開始加工和加工完成的期間就是「加工時間」，工序1的加工完成和工序2的開始加工就是「製程等待時間」，工序1完工移轉到工序2尚未完工的數量就是「WIP(Work In Process)數量」，工序1零件安裝開始時間到工序2加工完成時間的總和就是這個零件的「加工LT」時間。

精實加工追求的目標是加工流程化，也就是說零件的每個工序，一個接一個產出，沒有等待時間、沒有WIP、最短的換模換料時

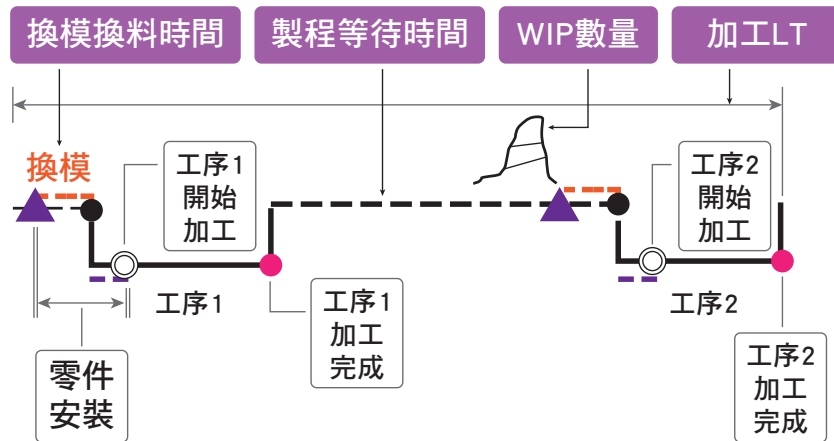


圖1、加工流程圖

間。作者2020年5月及6月，從數家在改善效益良好的加工廠，取得SMB收集的加工日誌案例資料，以零件加工流程架構分析，發現三個主要問題：(1)製程間等待的時間很長、(2)批量開工與移轉工序間的WIP數量起起落落、(3)開工後被插單造成後續工序等待時間變長。以上問題若被改善可以縮短加工LT的時間，故加工LT是評價零件加工流程的產線指標。

精實智慧加工、縮短加工LT 提高顧客價值

精實化源自TPS兩根支柱的穩定(自動化)與配套(JIT)觀念，透過標準作業(SOP)的建立與改善，用流程分析技術創造價值。智慧化則是運用演算邏輯，透過數據的收集與分析，進行即時監控與持續檢討，用數據分析技術創造價值。

精實智慧加工(Lean Smart Machining)是以加工流程的標準作業為基礎，根據加工流

程分析的需要，即時擷取每個工序的數據，並被自動紀錄存到資料庫。讀取並運用資料庫的內容做數據分析，用設備觀點將每個工序的設備OEE可視化，用產線視角看零件的加工流程，可以及時呈現換模換料時間、製程等待時間、WIP數量、加工LT等的浪費或變異，經檢討與改善，讓下次流動的更穩定、更快速。

精實化是追求單件流，工序間沒有等待時間、沒有WIP，加工連起來，讓產線流動的應有之姿。智慧化除了立即呈現加工點與產線實態的問題，搭配標準作業，在上線計劃開工前，模擬工序間的浪費、WIP，事前排程優化，事中的動態派工微調，落實加工連起來，讓製程間的等待時間與WIP的變異最小化。

精實與智慧結合的精實智慧加工，即時採集流程上的數據並分析，可以強化並改善精實流程，縮短加工LT，創造加工價值鏈更高的價值。^{M4}

* 本刊第127期東海專欄，誤植劉仁傑作者經歷，茲更正：劉仁傑作者為「日本神戶大學經營學博士，現任東海大學工業工程與經營資訊學系暨研究所教授、東海大學精實系統團隊核心成員。曾任日本大阪市立大學商學部客座教授、美國賓州大學華頓商學院訪問學者。中文及外文著作十分豐富，著書五度獲得經濟部金書獎，包括《日本企業的兩岸投資策略》(聯經)、《重建台灣產業競爭力》(遠流)、《企業改造》(中衛)、《共創》(主編，遠流)、《世界工廠大移轉》(共著，大寫)、《面對未來製造者》(共著，大寫)。長期致力於精實系統推動、台灣製造產業體系變革暨台日商策略聯盟研究，經常應邀到國內外大學、大型企業，講授追求物質文明與精神文明的製造管理理論與實務洞察心得。」特此更正。謹向劉仁傑作者及所有讀者致上最高敬意。