

Intelligent Automation Technologies for Machine Tool Industry

By:

Wu Shangde, Lv Yousheng, Ye Tingren, Xie Wenxiang

Chapter Two, Automation Door Planning Book, Executive Yuan Secretary
Ministry of Science and Engineering, China, 2014

References

- [1] Altintas, Y., Kersting, P., Biermann, D., Budak, E., Denkena, B. and Lazoglu, I., 2014. Virtual process systems for part machining operations. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 63(2), pp.585-605.
- [2] Soori, M., Arezoo, B. and Habibi, M., 2014. Virtual machining considering dimensional, geometrical and tool deflection errors in three-axis CNC milling machines. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(4), pp.498-507.
- [3] Duvedi, R.K., Bedi, S., Batish, A. and Mann, S., 2014. A multipoint method for 5-axis machining of triangulated surface models. *Computer-Aided Design*, 52, pp.17-26.
- [4] Gan, W.F., Fu, J.Z., Shen, H.Y., Chen, Z.Y. and Lin, Z.W., 2014. Five-axis tool path generation in CNC machining of T-spline surfaces. *Computer-Aided Design*, 52, pp.51-63.
- [5] Kiswanto, G., Hendriko, H. and Duc, E., 2014. An analytical method for obtaining cutter workpiece engagement during a semi-finish in five-axis milling. *Computer-Aided Design*, 55, pp.81-93.
- [6] Lin, Z., Fu, J., Shen, H. and Gan, W., 2014. A generic uniform scallop tool path generation method for five-axis machining of freeform surface. *Computer-Aided Design*, 56, pp.120-132.
- [7] Tieng, H., Yang, H.C., Hung, M.H. and Cheng, F.T., 2013, May. A novel virtual metrology scheme for predicting machining precision of machine tools. In *Robotics and Automation (ICRA), 2013 IEEE International Conference on* (pp. 264-269). IEEE.
- [8] Wu, D., Rosen, D.W., Wang, L. and Schaefer, D., 2015. Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation. *Computer-Aided Design*, 59, pp.1-14.

[9] Yang, J. and Guo, G., 2014. Design a New manufacturing model: cloud manufacturing. In *Proceedings of the 2012 International Conference on Cybernetics and Informatics* (pp. 1597-1606). Springer New York.

[10] Chen, Chao-Chun, Yu-Chuan Lin, Min-Hsiung Hung, Chi-Yin Lin, Yen-Ju Tsai, Mau-Sheng Chen, and Fan-Tien Cheng. "Development of Auto-scaling Cloud Manufacturing Framework for machine tool industry." In *Automation Science and Engineering (CASE), 2014 IEEE International Conference on*, pp. 893-898. IEEE, 2014.

machining: A state of the art review," Computer-Aided Design, vol. 51, pp. 1-17, June 2014.

- [7] D. Wu, D. W. Rosen, L. Wang, and D. Schaefer, "Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation," Computer-Aided Design, vol. 59, pp. 1-14, February 2015.

二、研究方向及具體建議

2.1 主要研究課題說明:

子課題一：工具機領域的智慧型自動化技術 (Intelligent Automation Technologies for Machine Tool Industry)

隨著資訊技術發達，工具機領域的智慧型自動化技術逐漸受到重視並提供工具機廠商進行工廠自動化來增加產能，提高全球競爭力。過去 CAD/CAM 技術已經有相當程度的發展，但是大部分的成果皆僅止於設計輔助與模擬；直到最近幾年，在國外歐美學長推動第四代工業革命浪潮，加速工廠自動化趨勢。許多既有的 CAD/CAM 軟體結合工廠機台即時資訊，以提供更多製造功能，例如在工具機領域，碰撞檢測，切削模擬，加工時間估算等功能結合工具機或是工廠的現場資訊，將可以即時協助工程師找尋合適的機台或是協助現場人員在刀具不可獲得時找尋可加工工件的替代刀具等。過去兩年，Industry 4.0 被學界與業界專家視為未來製造業的發展方向，這讓工具機工廠利用資訊科技達到自動化需求大幅提升。以下我們介紹在學界與業界中較為重視的工具機領域的智慧型自動化技術：

- **虛擬製造與虛擬工具機 (Virtual Manufacturing and Virtual Machine Tool):** 未來智慧工廠的特色之一是將人由操作員角色升級為決策者或是管理者角色，因此虛擬製造或是涵蓋模擬功能的虛擬工具機系統會是重要的功能之一。在過去，許多虛擬製造的技術已經被開發，例如 [1, 2]；未來的研究方向除了研發更先進的虛擬製造技術，同時研究人員也需要進一步考慮如何將虛擬製造研發結果整合入智慧工廠的製造自動化流程中，以提供人員在決策或是生產管理的工具。另外，對於構件複雜的五軸工具機上的虛擬工具機研究，亦是重要的研究方向 [3-6]。
- **使用 AVM 的軟體量測技術 (Measuring Workpieces by using AVM):** 目前在工具機業必須使用實體量測儀器來量測生產的工件是否符合生產要求，這是相當花費時間的動作。目前絕大多數業界尚無利用軟體來進行即時量測的技

術，因此為工具機業研發自動化虛擬量測技術是一個重要的研發方向，可以為工具機業者降低產品的生產時間。目前此方面的研發成果可以參考自動化領域著名國際會議 ICRA 2013 的最佳論文 [7]，其中作者有針對此方面技術研究進行深入說明，可以提供後續研發者許多有用的觀念。

- **從機台生產過程中的加工資料進行機台健康檢測 (Machine Diagnosis from Machining Data)**：在未來智慧工廠中，機台在生產中的所有資料都會透過感測器被記錄下來，並提供各種分析。一個值得研究的方向是透過這些機台生產過程中的資訊來診斷機台的健康程度，並且進行預防保養作業。此方面的研究與近年來的大數據分析技術有關，然而更需要機械領域知識結合，才能從大量生產資料中準確地判斷機台狀態。
- **雲端計算環境下的電腦輔助製造系統設計 (Computer-aided Manufacturing Services in Cloud Computing Environments)**：未來在智慧工廠中的電腦輔助製造系統除了上述列舉的挑戰外，還有一個重要的特色就是這些電腦輔助製造功能都是透過分散式環境來完成，近年來最典型的方式就是雲端計算平台。換言之，所有的電腦輔助功能在研發過程需考慮雲端平台特色，一些重要的特色包含：隨需隨給的資源提供方式，依照使用量付費，新的通訊協定 (SOAP or REST) 等。研發學者對此領域有興趣者，可以參考下面這些資料 [8, 9]，其中包含有對雲製造概念有較為完整的介紹以及在實際工具機系統上進行雲端工具機開發的實例 [10]。

◆ **重要參考文獻：**

- [1] Y. Altintas, P. Kersting, D. Biermann, E. Budak, B. Denkena, and I. Lazoglu, "Virtual process systems for part machining operations," *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, vol. 63, issue 2, pp. 585-605, 2014.
- [2] M. Soori, B. Arezoo, and M. Habibi, "Virtual machining considering dimensional, geometrical and tool deflection errors in three-axis CNC milling machines," *Journal of Manufacturing Systems*, in press.
- [3] R. K. Duvedi, S. Bedi, A. Batish, and S. Mann, "A multipoint method for 5-axis machining of triangulated surface models," *Computer-Aided Design*, vol. 52, pp. 17-26, July 2014.
- [4] W.-F. Gan, J.-Z. Fu, H.-Y. Shen, Z.-Y. Chen, and Z.-W. Lin, "Five-axis tool path generation in CNC machining of T-spline surfaces," *Computer-Aided Design*, vol. 52, pp. 51-63, July 2014.
- [5] G. Kiswanto, H. Hendriko, and E. Duc, "An analytical method for obtaining

- cutter workpiece engagement during a semi-finish in five-axis milling," *Computer-Aided Design*, vol. 55, pp. 81-93, October 2014.
- [6] Z. Lin, J. Fu, H. Shen, and W. Gan, "A generic uniform scallop tool path generation method for five-axis machining of freeform surface," *Computer-Aided Design*, vol. 56, pp. 120-132, November 2014.
- [7] H. Tieng, H.-C. Yang, M.-H. Hung, and F.-T. Cheng, "A novel virtual metrology scheme for predicting machining precision of machine tools," in *Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 264-269, Karlsruhe, 6-10 May, 2013.
- [8] D. Wu, D. W. Rosen, L. Wang, and D. Schaefer, "Cloud-based design and manufacturing: A new paradigm in digital manufacturing and design innovation," *Computer-Aided Design*, vol. 59, pp. 1-14, February 2015.
- [9] J. Yang and G. Guo, "Design a New Manufacturing Model: Cloud Manufacturing," in *Proceedings of the 2012 International Conference on Cybernetics and Informatics*. vol. 163, S. Zhong, Ed., ed: Springer New York, pp. 1597-1606, 2014.
- [10] C.-C. Chen, Y.-C. Lin, M.-H. Hung, C.-Y. Lin, Y.-J. Tsai, M.-S. Chen, et al., "Development of Auto-scaling Cloud Manufacturing Framework for Machine Tool Industry," presented at the 2014 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering (CASE 2014), pp. 18-21, Taipei, Taiwan, August 2014.

子課題二：大型工件專案與複雜結構的電腦輔助製造功能研發(Complex-structure and large-scale manufacturing)

CAD/CAM 技術已經發展數十年，研究學者針對許多不同特性的工業已經開發許多製造功能。目前許多 CAD/CAM 軟體在處理固定結構的產品設計與製造已經相當成熟。尤其在單機環境上，許多商業化套件也因應而生並獲得許多企業的使用。基於這些基礎，近年來 CAD/CAM 功能往複雜工件處理，大型專案處理，重複使用性等功能加強，提高設計大型且複雜功能工件，並且可以透過可重複使用性來簡化產品工程師的設計流程 [1, 2]。目前的研究方向可以分成下面幾類：

- **大型工件專案的製造**：大型工件專案時常包含許多彼此之間有關聯的元件製造，這使的 CAD/CAM 系統的設計會變得沒有效率。例如若有電腦輔助評估 (computer-aided evaluation) 來進行可行性分析時，大型工件專案會讓電