

MODELADO DE MÁQUINAS HERRAMIENTA

ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVAS

Sergio Benavent Nácher¹, Pedro Rosado Castellano², Lorenzo Solano García³

1 y 2: Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño.
Universitat Jaume I de Castelló.
e-mail (1): sbn.universidad@gmail.com
e-mail (2): rosado@uji.es

3: Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales.
Universitat Politècnica de València.
e-mail: lsolano@mcm.upv.es

INTRODUCCIÓN

Iniciativas como “Smart Factory”, “Industrie 4.0”, “Factory of the Future”, etc., ponen de manifiesto la necesidad de diseñar procesos de fabricación que sean más reactivos, ágiles y eficientes. Se trata de unas visiones de la fabricación del futuro que incluyen sistemas distribuidos, como son los Sistemas Ciber-Físicos (CPS) o los sistemas multi-agente (MAS), y tecnologías como Cloud Manufacturing. El nuevo nivel tecnológico requiere necesariamente del modelado y virtualización de recursos, en especial de máquinas herramienta por su importante participación en los sistemas de fabricación (2). El presente trabajo pretende recoger las principales propuestas y aportaciones desarrolladas en los últimos años sobre el modelado de máquinas herramienta. Se comentan algunos de los principales estándares y normas de referencia, nuevos planteamientos de máquinas herramienta y sus implicaciones en el modelado del mismo. Se genera además el gráfico/tabla final, que muestra la evolución cronológica de los avances en el campo de estudio y permite trazar diversas líneas de investigación futuras alineadas con esta evolución.

DESARROLLO

El modelado de máquinas herramienta se inicia en las últimas décadas del siglo XX inicialmente orientado a la simulación de trayectorias y la detección de errores de diseño, pero con el cambio de siglo se desarrollaron modelos más orientados a la planificación de procesos (CAPP). En este contexto resulta fundamental consensuar normas que den homogeneidad al modelado. Más allá de los modelos puramente analíticos (MA) o matemáticos, el estándar STEP-NC es una referencia consolidada en el modelado orientados a objetos (MOO), si bien en trabajos recientes se detecta un creciente uso de modelos con base ontológica (MBO) y propuestas orientadas a la representación de *capabilities* de recursos.

Unos años más tarde, con la aparición de la denominada Máquina Herramienta 4.0 evolucionan los requerimiento del modelado, donde se tornan fundamentales cuestiones como la conectividad, la inteligencia y la autonomía. En el nuevo contexto industrial, la tecnología de la Fabricación en la Nube (FN) y el diseño de Sistemas Ciber-Físicos (SCF) son parte fundamental de los principios de la Industria 4.0 y afectan los planteamiento del modelado de recursos, en especial de máquinas herramienta. Además, la nueva orientación de la industria hacia los sistemas reconfigurables potencia el uso de técnicas como Bloques Funcionales (BF). Por último, se ha detectado un creciente interés por aplicaciones orientadas al control de calidad (CC) y análisis de tolerancias, incluso el control en tiempo real (CTR) y bucles cerrados.

A partir de la información recogida se ha generado una tabla para analizar la evolución cronológica de los principales contenidos temáticos tratados en las referencias de este estudio. Se han agrupado las referencias en bienios y se han identificado nueve bloques temáticos principales para el análisis. La tabla con las referencias se puede consultar en el artículo completo de este estudio, si bien a continuación se comentan las principales conclusiones que se pudieron extraer del análisis.

Años	Actividad			Tipo de modelo			Tecnología		
	Planificación procesos	Control en tiempo real	Control de calidad	Modelos analíticos	Modelos orientados a objetos	Modelos basados en ontologías	Fabricación en la Nube	Sistemas Ciber-Físicos	Bloques Funcionales
2003 / 04					1		1		
2005 / 06	2	1	1	3	2				1
2007 / 08	2	1	1		3				
2009 / 10	2				3	1			
2011 / 12		1		1	1	1			1
2013 / 14 / 15	2		1	1	1		1		1
2016 / 17	2	2	4	1	4	3	3	2	

CONCLUSIONES

Desde su origen, las máquinas herramienta han evolucionado junto con los grandes avances de la industria y las tecnologías asociadas a ésta. En los últimos años, desarrollos tecnológicos como la fabricación en la nube (*Cloud Manufacturing*) o los sistemas ciber-físicos (CPS) tienen un claro reflejo en la evolución las máquinas herramienta y en el desarrollo de modelos virtuales de las mismas. Son continuos los esfuerzos por encontrar estándares que den homogeneidad al modelado de este tipo de recursos, como STEP-NC, así como soluciones que soporten la perspectiva de futuro orientado al diseño de sistemas reconfigurables a través, por ejemplo, de diseños basados en bloques funcionales.

Una de las líneas más interesantes de investigación en la actualidad es la simulación de las *capabilities* del recurso, en este caso de máquinas herramienta, así como posibles aplicaciones orientadas a la gestión de la calidad en las operaciones de mecanizado. Algunas propuestas plantean además sistemas de control adaptativos a través de la adquisición de datos en tiempo real y sistemas de bucle cerrado.

Por otra parte, los modelos con soporte ontológico abren las puertas hacia un nivel mayor en una representación de recursos, pudiendo resultar una tecnología clave en la integración e interoperabilidad de sistemas de fabricación.

REFERENCIAS

(Resumen de las principales referencias empleadas para la revisión del estado del arte. Puedeconsultar toda la bibliografía en el artículo completo)

- Altintas, Y., Brecher, C., Weck, M. y Witt, S. (2005) Virtual Machine Tool.
- Fesperman, R.R., Moylan, S.P., Vogl, G.W. y Donmez, M.A. (2015) Reconfigurable data driven virtual machine tool: Geometric error modeling and evaluation.
- Jönsson, A., Wall, J., y Broman, G. (2005) A virtual machine concept for real-time simulation of machine tool dynamics.
- Kjellberg, T. (2009) The machine tool model—A core part of the digital factory.
- Lemaignan, S., Siadat, A., Dantan, J-Y. y Semenenko, A. (2006) MASON: A Proposal For An Ontology Of Manufacturing Domain.
- Liu, C. y Xu, X. (2017) Cyber-Physical Machine Tool – the Era of Machine Tool 4.0. Procedia.
- Nassehi, A. y Newman, S.T (2012) Modeling of machine tools using smart interlocking software blocks.
- Suh, S.-H., Chung, D.-H., Lee, B.-E., Shin, S., Choi, I. y Kim, K.-M. (2006) STEP-Compliant CNC System for Turning: Data Model, Architecture, and Implementation.
- Um, J., Suh, S.H. y Stroud, I. (2016) STEP-NC machine tool data model and its applications.
- Vichare, P., Nassehi, A., Kumar, S. y Newman, S.T. (2007) Towards a STEP-NC compliant model for representation of machine tools.
- Vichare, P., Nassehi, A., Kumar, S. y Newman, S. T. (2009) A unified manufacturing resource model for representing CNC machining systems.
- Wang, X.V. y Wang, L. (2015) Function block-based integration mechanisms for adaptive and flexible cloud manufacturing.
- Xu, X. (2017) Machine Tool 4.0 for the new era of manufacturing.
- Yang, W., y X. Xu. (2008) Modelling Machine Tool Data in Support of STEP-NC Based Manufacturing.
- Yuan, M., Deng, K. y Chaovaitwongse, W. A. (2017) Manufacturing Resource Modeling for Cloud Manufacturing.
- Zhang, Y., Feng, S. C., Wang, X., Tian, W. y Wu, R. (1999) Object oriented manufacturing resource modelling for adaptive process planning.
- Zhang, Y. et al (2017) A comprehensive and generic machine tools data model.
- Zhao, F., Xu, X. y Xie, S. (2008) STEP-NC enabled on-line inspection in support of closed-loop machining.