

AUTOMATIZACIÓN E INTEGRACIÓN DE LA INSPECCIÓN DIMENSIONAL CON MÁQUINAS DE MEDIR POR COORDENADAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Eduardo Cuesta⁽¹⁾, Sabino Mateos⁽¹⁾, Braulio Alvarez⁽¹⁾, Joaquin Barreiro⁽²⁾

⁽¹⁾ Universidad de Oviedo, Departamento Construcción e Ingeniería de Fabricación.
Campus de Viesques, Edif. Oeste no. 5, 33204 Gijón, Asturias (España)
email: ecuesta@correo.uniovi.es

⁽²⁾ Universidad de León, Área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación
Campus de Vegazana, 24071 León (España)
email: dfqjbg@unileon.es

ABSTRACT

This paper describes in detail the phases that allows the development of an Inspection Planning system (CAIP). This system is oriented to Coordinate Measurement Machines (CMM) inspection and to its integration with the information that runs through the productive process. This system is based on the information exchange using the newest STEP format. The information, transmitted by STEP files, have relation with most of the process variables: from part geometry, and its technological and physical features, to the CMM and available probes type, and towards all the information related to the Quality Control and the Production Management requirements

The development has implied the reprogramming and customisation of the CMM and CAD/CAM software's. Using both applications to integrate the CMM inspection with CNC manufacturing.

KEYWORDS: Concurrent Engineering, STEP, Coordinate Measurement Machines (CMM), Inspection planning.

RESUMEN

En el presente trabajo se detallan las fases que han dado lugar al desarrollo de un sistema de Planificación de la Inspección (CAIP), orientado a la inspección con máquinas de medir por coordenadas (MMC) y que se integra con el resto de la información que fluye en todo el proceso productivo. Este sistema está basado en el intercambio de información utilizando el novedoso formato STEP. La información que se transmite en formato STEP tiene que ver con la mayor parte de las variables que intervienen en el proceso: desde la geometría de la pieza, sus características físicas y tecnológicas, etc. hasta el tipo de máquina de medir y palpador pasando por toda la información de control de calidad y de los requerimientos de gestión de la producción.

El desarrollo ha implicado la personalización y reprogramación tanto del software de la MMC como de un software CAD/CAM, aprovechando ambas aplicaciones para integrar la inspección con MMC con la fabricación con tecnologías CNC.

PALABRAS CLAVE: Ingeniería Concurrente, STEP, Máquinas de Medir por Coordenadas (MMC), Planificación de la Inspección.

1. Introducción

Las mayores exigencias de ahorro de costes de diseño y fabricación, manteniendo e incluso incrementando la calidad metrológica que demanda la industrial actual, se ha traducido en la necesidad de garantizar la correcta intercambiabilidad de información del producto entre cliente y fabricante. Esto está haciendo imprescindible el uso de formatos electrónicos de intercambio de información neutros, universales, y con la suficiente envergadura como para abarcar todas las etapas: diseño, mecanizado, medición, análisis, etc.

En lo relativo al diseño y fabricación, este tipo de formatos ya están desarrollados en gran medida y de hecho existe la Norma ISO10303 - STEP (*STandard for the Exchange of Product data*) al respecto. Aunque existen varios frentes abiertos donde todavía se está desarrollando y definiendo^[1], por parte de los grupos de trabajo dentro del subcomité TC184/SC4 de ISO y otras instituciones a nivel mundial, cómo debe guardarse y relacionarse la información de las piezas o productos utilizando formato STEP, puede decirse sin embargo que estamos ante una tecnología moderna que debe pasar a la fase de implementación y utilización masiva por parte de los desarrolladores de software CAD/CAM, de fabricantes de máquina herramienta, e incluso diseñadores, investigadores y personal de oficinas técnicas en general. De hecho, la confrontación de los requisitos y exigencias de información de todos y cada uno de los usuarios de tecnologías de fabricación a lo largo del ciclo de producción, es la que ha evolucionado hacia la aparición de desarrollos que utilizan como formato de intercambio el STEP.

El presente artículo aporta un planteamiento de este tipo considerando, en este caso, el área de la inspección automatizada de piezas. La inspección se llevará a cabo en el entorno de las modernas

Maquinas de Medir por Coordenadas (MMC), cuya integración en los sistemas de Ingeniería concurrente, como pueden ser los PDM (*Product Data Management*) o PLM (*Product Life Cycle Management*), esta sobradamente justificada.

Las máquinas de medir por coordenadas permiten trabajar con un concepto más geométrico y espacial de la medida mediante la toma de puntos en el espacio. Con estos puntos se construyen entidades de tipo línea, plano, círculo, etc. que, tratados con los adecuados algoritmos matemáticos, permiten medir elementos geométricos simples y complejos, como es el caso de las piezas fabricadas en las líneas de producción de la industria aeronáutica o automovilística. En este tipo de industrias, la automatización de la inspección^[4] pasa necesariamente por el uso de MMC. La necesidad de integrar la MMC dentro de las técnicas de ingeniería puede y debe realizarse por medio de formatos de intercambio de información tipo STEP, lo que garantizaría su implementación y la "exportación" de datos a otras empresas. Téngase en cuenta que éstas industrias son precursoras, en cuanto a procesos de fabricación y de inspección, de muchísimos otros sectores, los cuales heredan rápidamente su tecnología.

2. Modelo de Integración para Inspección con MMC

En la actualidad es frecuente que se produzcan errores durante el proceso de puesta a punto de la fabricación de piezas con superficies complejas, y más aún si están destinadas a ensamblaje con otras. Esto obliga a la realización de pruebas previas (fabricación de pre-series), al control dimensional de las mismas y consecuentemente con él, a la corrección de los programas de control numérico.

Al margen de que se disponga o no de un sistema de programación de la MMC en modo off-line (sin tener que usar físicamente la máquina para su programación), se hace necesario también minimizar el tiempo

control de la Máquina de Medir por Coordenadas, PC-DMIS (©Brown&Sharpe). De esta forma, la aplicación desarrollada es capaz de “entender” el fichero STEP mejorado, de forma que puede reconocer las superficies con tolerancia a medir,

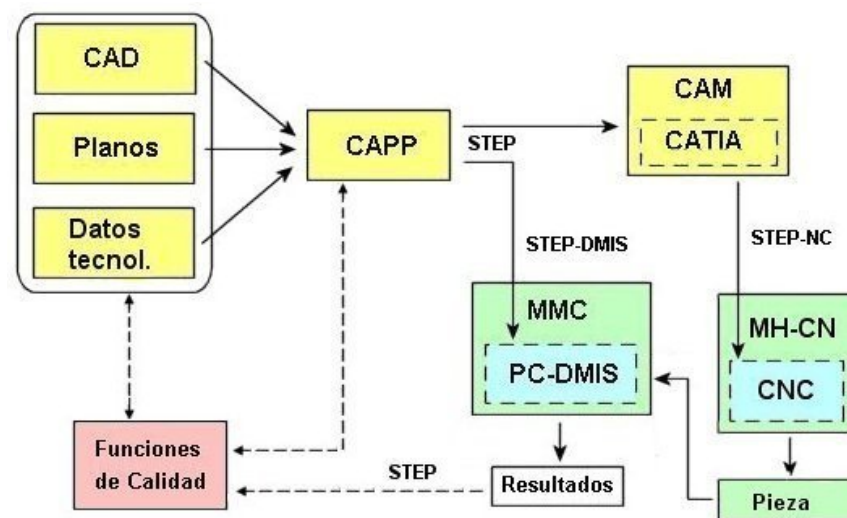


Fig. 1 - Modelo de Integración para Inspección dimensional

empleado en la misma, pero sin perder precisión y garantizando e incrementando si fuera posible los niveles de calidad (palpando siempre un número de puntos óptimo para cada tipo de tolerancia).

En la figura 1 puede observarse la filosofía de trabajo que se sigue. Los datos de partida, pueden venir dados en planos (formato papel), o directamente de un sistema CAD con formatos como IGES, DWG, VDA, STEP, etc. (en particular se dispone de CATIA y SolidEdge, entre otros). A continuación, junto con estos datos geométricos, se introduce el resto de información tecnológica necesaria en un sistema de planificación de tipo CAPP (utilizando VisualBasic sobre las anteriores plataformas). Este sistema será el encargado de crear (si no existe) o modificar convenientemente el fichero STEP, si fuera éste el formato original, que contiene la información estructurada para los módulos posteriores de mecanizado e inspección. Este fichero STEP contiene además de la geometría y otros datos tecnológicos, información para mecanizado (con máquina herramienta de Control Numérico, MH-CN) e inspección (con MMC). En el presente artículo se detalla tan solo este último proceso, teniendo en cuenta que la parte de mecanizado sería objeto de un tratamiento paralelo y tan extenso como el presente.

Después del CAPP, el fichero STEP puede ser introducido a un sistema CAM (en el presente proyecto, se utiliza el módulo CAM que incluye el propio sistema CATIA) o a un sistema CAI (*Computer Aided Inspection*) que, en nuestro caso ha sido integrado con el software de

el sistema de coordenadas y orientación utilizado, el tipo de palpador, etc. Posteriormente a la inspección metrológica de la pieza (de forma física o real), el propio PC-DMIS puede generar un fichero de resultados (formato de texto que se convierte a formato STEP) que puede a su vez ser comparado con las exigencias de planificación establecidas o programadas por el sistema CAPP. Éste puede corregir las diferencias que se observen y efectuar las modificaciones oportunas para mandarlas nuevamente al sistema CAM y de ahí a la Máquina Herramienta. (modificando en el CAM, por ejemplo, correcciones de herramienta, estrategias en las trayectorias, velocidades, avances, etc.)

3. Descripción del módulo CAPP

El módulo CAPP (Computer Aided Process Planning), integra también un sistema CAIP (Computer Aided Inspection Planning), y recibe como datos de entrada el material y la geometría de la pieza. La geometría debe venir definida por características (*features*) como pueden ser agujero (cilindro int.), cilindro exterior, ranura, chaflán, etc.; datos de tolerancias de cada una de ellas (dimensionales) y datos de las tolerancias entre ellas (de forma y posición). Además se requieren datos tecnológicos propios de la MMC y su entorno como el tipo de palpador (tamaño, movimientos, posiciones calibradas de trabajo, diámetro de la esfera) y el sistema de sujeción. En el caso de considerarse el sistema de sujeción, éste debe venir definido por unas entidades (sólidos o superficies) dadas, junto a la geometría de la pieza, por el CAD.

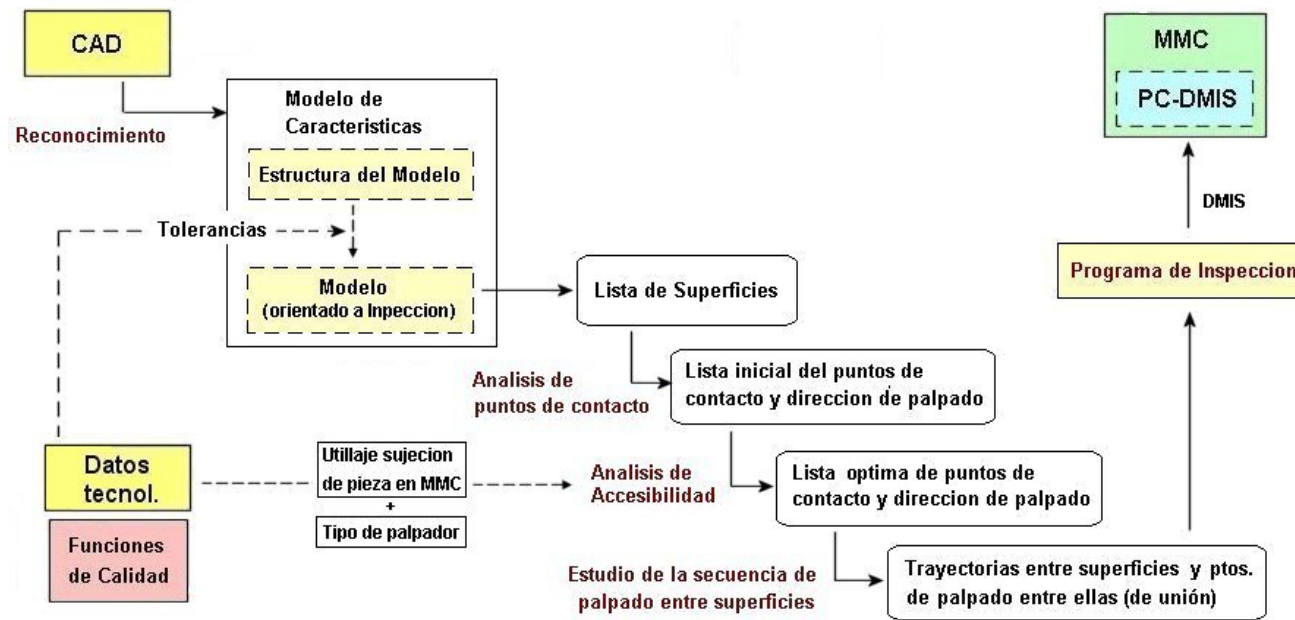


Fig.2.- Esquema de funcionamiento del sistema CAPP para la parte de Inspección con MMC

Desde el punto de vista del funcionamiento interno, el sistema CAPP consta de las siguientes etapas (fig.2):

- Reconocimiento de características:

Basándose en aspectos relativos a la forma, situación y accesibilidad de las superficies, se estructuran éstas según un modelo de características no ligadas ya al diseño o a la fabricación de la pieza, sino a la inspección de la misma. Se trata de características que conllevan una información básica acerca de la accesibilidad del palpador a las superficies que las forman (agujeros contenidos en otros, cajas, chaveteros,...). Por tanto, se diferencian de las características que manejan los módulos CAD paramétricos y asociativos en el diseño de la pieza. Con el fin de conseguir un proceso automático, se procede a la extracción de la información que proporcionan estos módulos para el conformado de una estructura de características orientadas a la inspección.

- Introducción de información de tolerancias: Resulta imprescindible en un proceso orientado a la inspección la inclusión en el modelo de la información relativa a las tolerancias. Cada superficie a inspeccionar es relacionada con los datos de la tolerancia de la que va afectada o de la que es referencia.

- Análisis de puntos de contacto: Una vez obtenidas la relación de superficies a inspeccionar, el siguiente paso es la determinación del número y distribución de los puntos de contacto que deben palparse. Este proceso se realizará de acuerdo a criterios

relativos a la superficie (geometría, extensión), relativos al palpador (diámetro de la bola, longitud de la espiga) y relativos a la tolerancia misma (tipo, valor). En concreto se han elegido los algoritmos de distribución de puntos de Hammersley y Halton-Zaremba.^[2] cuya aplicación práctica se puede observar en la fig.3 para varias superficies de piezas de revolución.

- Análisis de accesibilidad: Aunque matemáticamente un punto (generado por el módulo anterior) esté sobre una superficie, eso no quiere decir que esté accesible al palpador. De hecho la geometría del palpador, junto con el sistema de sujeción puede dar lugar a colisiones. Los extremos o bordes de las piezas son también zonas inaccesibles o, cuando menos "peligrosas" de cara a su palpado. Las trayectorias, tanto de aproximación como de palpado, deben ser comprobadas en función de la geometría de la pieza, del palpador y el sistema de sujeción^[5].

- Estudio y secuenciación de operaciones: Se procede a ordenar los puntos de contacto de forma que el recorrido en vacío del palpador sea el mínimo (minimizando la distancia entre zonas).

- Programa de Inspección: Este módulo es el encargado de generar el programa de inspección de la pieza (en formato DMIS). En el caso del software disponible (el PC-DMIS), éste admite formato STEP aunque el traductor incorporado tan solo interpreta la geometría sin tener en cuenta las tolerancias. Se hace necesario desarrollar funciones que permitan interpretar las tolerancias, la forma de palparlas y cómo deben darse los resultados; es decir, debe utilizarse un fichero STEP "mejorado" que contenga información legible por el programa de control de la MMC.

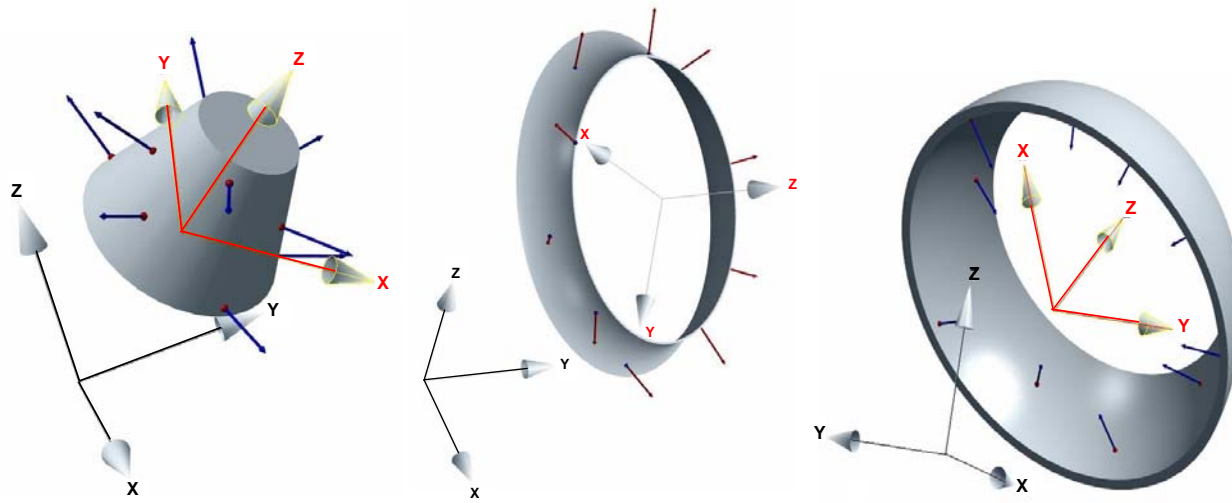


Fig.3.- Distribución de puntos de palpado y sus direcciones perpendiculares de aproximación sobre distintas superficies (ambos se calculan según el sistema de referencia de pieza)

4. Conclusiones

Existen sistemas CAD/CAM cuyo principal objetivo es disminuir el tiempo de puesta a punto de fabricación de piezas de mecanizado pero este tipo de sistemas no se complementan con una inspección integrada. Este último aspecto se ha cubierto principalmente gracias al sistema CAPP desarrollado (orientado no sólo a la fabricación sino también a la inspección), y a la posibilidad de programación off-line del software PC-DMIS. De esta forma se puede dedicar la MMC a la tarea de medir a tiempo completo, evitando así tiempos muertos de programación. La utilización de tecnologías con transmisión de información por formatos electrónicos, aligera mas aún todo el proceso de entrega de datos y resultados de medición (Internet, FTP, etc.), poniendo de manifiesto lo antes posible las anomalías encontradas en la producción, y permitiendo que se tomen acciones preventivas, fundamentales en el establecimiento de los sistemas de Calidad Total actuales.

5. Agradecimientos

El presente trabajo se enmarca dentro de un proyecto de investigación titulado "Integración de las funciones de Calidad en el desarrollo del producto y el proceso en un entorno de Ingeniería Concurrente", financiado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (España), ref. DPI2001-0093-C02-02 y C02-01.

6. Bibliografía

- [1] Barreiro, J.; Labarga, J.E.; Ríos, J.; Vizán, A.; Desarrollo de un Entorno de Información para la Integración de la Inspección Dimensional. *Revista Internacional de Información Tecnológica*, Vol. 13, No. 6, 2002.
- [2] Lee, G.; Mou, J.; Shen, Y.; Sampling Strategy Design for Dimensional Measurement of Geometric Features using Coordinate

Measuring Machine, *Inter. Journal of Machine Tools & Manufacture*. Vol. 37, nº 7, pp. 917-934. 1997

[3] Limaiem, A. and Elmaraghy, H. A.; CATIP: A Computer-Aided Tactile Inspection Planning system. *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 2, pp. 447-465. 1999

[4] Medland, A.J.; Mullinex, G.; Butler, C.; Jons, B.E. The integration of coordinate measuring machines within a design and manufacturing environment, *Proceedings of Inst. Mechanical Engineers*. (IMechE), Vol 207, pp 91-98, 1993.

[5] Rico, J.C.; Valiño, G. Mateos, S.; Cuesta, E. and Suarez, C.M.; Accessibility analysis for star probes in automatic inspection of rotational parts, *International Journal of Production Research*, vol. 40, No. 6, pp. 1493-1523, 2002.