



## BALANCE DE INCERTIDUMBRE Y EVALUACIÓN DE LA CADENA DE RIGIDEZ DE UNA MICROFRESADORA DOTADA DE HERRAMIENTAS DE DIÁMETRO INFERIOR A 0,3 MM

L. G. URIARTE<sup>1</sup>, A. HERRERO<sup>1</sup>, M. ZATARAIN<sup>1</sup>, G. SANTISO<sup>1</sup>,  
L. N. LÓPEZ DE LACALLE<sup>2</sup>, A. LAMIKIZ<sup>2</sup>, J. ALBIZURI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fundación Tekniker,

Avda. Otaola 20, 20600, Eibar, España

<sup>2</sup> Dpto. Ing. Mecánica, ETSII,

Alameda Urquijo s/n, 48013, Bilbao, España

(Recibido 14 de febrero de 2005, revisado 15 de abril de 2005, para publicación 3 de enero de 2006)

**Resumen** – La tendencia generalizada a la miniaturización de productos está ocasionando un importante auge de las microtecnologías, y entre ellas del proceso de microfresado. Este proceso presenta una gran similitud con el fresado a escala convencional. Sin embargo en él se produce una reducción muy importante de dimensiones (escala 40/1 aprox.), lo que induce que aparezcan y potencien fenómenos cuya importancia es casi nula a escala convencional. Este cambio de escala se refleja en el avance por diente, usualmente menor de 1  $\mu\text{m}$ , la profundidad de pasada, que se sitúa entre 2 y 15  $\mu\text{m}$ , las velocidades del cabezal, superiores a 50.000 rpm, y los diámetros de la fresa, menores de 0,3 mm. También la propia máquina debe ser diseñada y construida dentro del concepto de ‘ultraprecisión’, lo que implica precisiones de posicionamiento del orden de 0,1  $\mu\text{m}$ . El primer objetivo del trabajo aquí presentado ha sido establecer el balance de incertidumbre global de una microfresadora de desarrollo propio, cuando utiliza fresas de diámetros inferiores de 0,3 mm. El resultado de este análisis ha sido la preponderancia de los errores originados por la deformación angular de la pinza y la flexión de la fresa. Por este motivo estos dos aspectos son a continuación detalladamente estudiados. Para ello se ha definido la cadena de rigidez de la microfresadora, obteniendo los valores de rigidez de la máquina, cabezal, portaherramientas, y de la propia fresa. Para su medida se ha utilizado una aproximación experimental, aunque se han tenido en cuenta los valores de diseño de cada elemento del sistema. Los ensayos se han visto complicados por la dificultad de manejar experimentalmente fuerzas y desplazamientos de pequeño valor, propios del microfresado. En este trabajo se exponen los métodos de medición y los resultados de los mismos. La conclusión final es que la herramienta es el elemento más flexible (entre el 85-98%), llegándose a obtener el valor de su flexibilidad. Sin embargo la unión de la herramienta a la pinza del portaherramientas debe también ser considerada. Finalmente se exponen algunos datos de precisión de una pieza microfresada, que corroboran los valores obtenidos.

**Palabras clave** – Microfresado, precisión, máquina herramienta, deformación, rigidez.

### 1. INTRODUCCIÓN

La miniaturización se ha convertido en un fenómeno de ámbito universal, con un amplio rango de aplicaciones y sectores involucrados, como son la microelectrónica (teléfonos móviles y sensorica), automoción, medicina (insertos, micro-dosificación), biomedicina, industria química y relojería.

En lo que respecta a la microfabricación, las técnicas y equipos de mecanizado se pueden agrupar (según ASPE, American Society of Precision Engineering, y EUSPEN, European Society of Precision Engineering) en un primer grupo que se conoce como *técnicas convencionales de mecanizado*, que engloban los *procesos de ultraprecisión*, y en un segundo grupo que engloba los *procesos provenientes de las técnicas de mecanizado de silicio*, denominados propiamente como *procesos de micromecanizado*. Como procesos de ultraprecisión [1,2] se hace referencia a aquellos procesos de mecanizado convencional en los que las dimensiones críticas exigen precisión geométrica submicrométrica.

Entre los distintos procesos de ultraprecisión, este trabajo se centra en el microfresado, que pese a su nombre no se engloba en el habitual sentido de *proceso de micromecanizado* sino en el de *proceso de*