

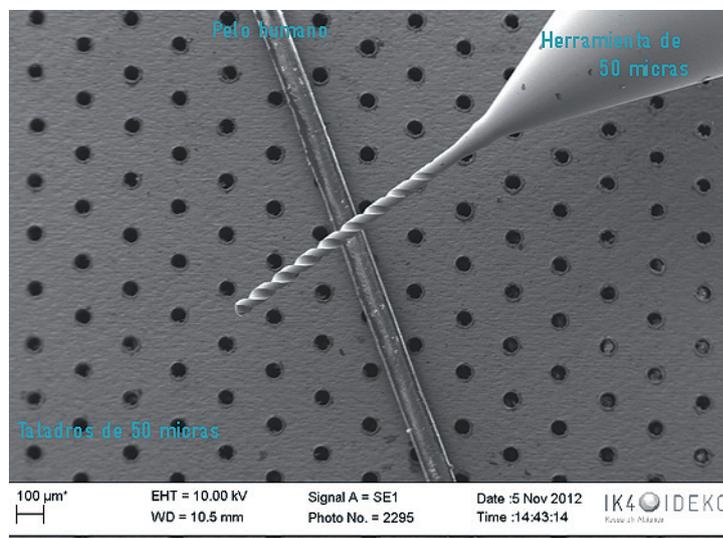
MICRO Y PRECISO: EXIGENTES MERCADOS EN CRECIMIENTO

■ DEFINICIONES Y CLAVES SOBRE PROCESOS, MEDIOS Y SISTEMAS PRODUCTIVOS

Harkaitz Urreta, de IK4-Ideko, es experto en tecnologías de microfabricación y procesos de ultraprecisión. En el siguiente artículo explica algunos de los aspectos más destacados en la microfabricación, comenta los procesos que comprende y sus medios y sistemas productivos, repasando todo el proceso hasta la verificación de piezas para garantizar los estrictos requerimientos de calidad. Termina con interesantes comentarios sobre los mercados y sectores de interés.

Los procesos de microfabricación se dividen principalmente entre la Microingeniería y los Microsistemas. La microingeniería concierne a los procesos escalados para microfabricación, tales como el microfresado/taladrado, microtorneado y la fabricación a punta de diamante, láser con haz de duración ultracorta que es un láser pulsado pero que en vez de trabajar a mili/nanosegundos, que es lo habitual en industria, pasar a pico-femto segundos donde el proceso se puede calificar como "frío", obteniendo una elevada calidad de la zona afectada, aunque a costa de unas tasas de ablación bajas.

Un producto pertenece al ámbito de microfabricación cuando al menos una de sus características funcionales en más de una dimensión es del orden de la micra. Si hablamos en una dimensión tendremos piezas de precisión, piezas grandes o pequeñas, y si es de muy alta precisión (<1micra) se habla de ultraprecisión. Cuando el sistema es micro pero en los 3 grados de libertad estamos hablando de sistemas MEMS, lindando con el mundo nano. Y entre el nano y la precisión está el mundo meso que son piezas pequeñas, milimétricas pero con requerimientos de precisión



■ IK4-IDEKO taladros 50 micras

micrométricos o submicrométricos, sobre todo en rugosidad, donde ya se definen especificaciones nanométricas en algunas piezas, sobre todo en temas ópticos.

Otra forma de definir lo micro es por el tamaño de detalle de la pieza mecanizada. Que el tamaño sea pequeño no implica necesariamente que esa pieza tenga que ser micro y lo podemos ilustrar con tres ejemplos.

El primer caso es una columna esbelta de 100 micras de diámetro y 6 milímetros de longitud. La siguiente es una tobera con 100 micras de barra con un taladrado en medio. El último ejemplo son unas ranuras típicas para estanquización o microfluídica con forma en cuña. De estos tres casos solamente uno de ellos se puede considerar micro. El primero no es mi-

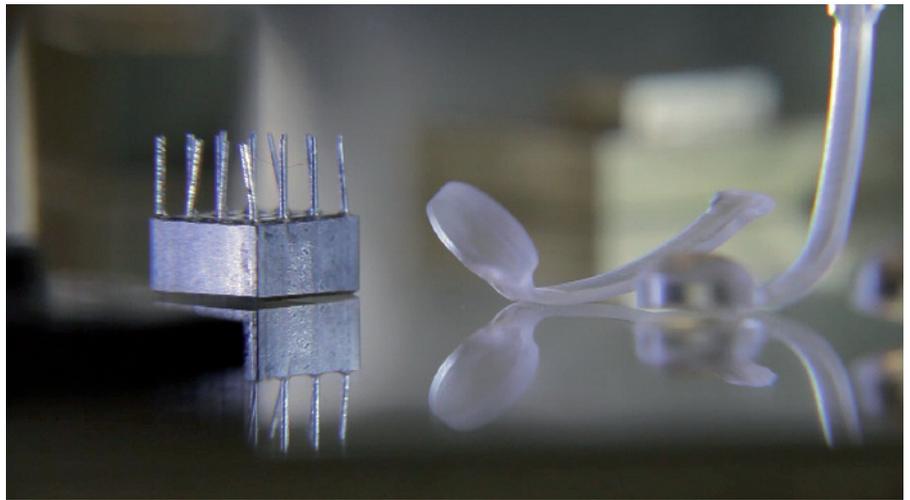
cro porque la pieza la podemos mecanizar por ejemplo con una fresa de 120mm de diámetro, todo ello evidentemente si tenemos una buena máquina y la fresa no tiene salto. El detalle, en este caso, aunque sea pequeño, no está mecanizado con una herramienta que necesariamente tenga que ser micro. El segundo es una pieza que tiene algo de trampa, la parte exterior no es micro aunque sea muy pequeña porque también al ser contorneado exterior podemos hacerlo con cualquier herramienta precisa pero sin ser micro. En cambio el taladrado que precisa la pieza sí lo es. El tercer ejemplo es el único que es totalmente micro porque la forma de conseguir la pieza es con una herramienta micro.

La definición académica es la relación entre el radio de la arista de la herramienta y el espesor de la viruta que se está mecanizando. Por eso ahora tiene sentido los tres ejemplos expuestos de los cuales solamente uno se puede considerar micromecanizado.

Cuando hablamos de un mecanizado convencional el radio de la punta de la herramienta no es del mismo orden que el espesor de la viruta y se puede tomar como un ángulo recto. En cambio, en el campo del micromecanizado el radio de arista de la herramienta y el espesor de viruta son del mismo orden. En función del espesor de viruta que vayamos a mecanizar, cuando éste es muy pequeño la superficie apenas se está deformando elásticamente, por lo que no hay ni deformación plástica ni arranque de material. Pero a medida que se va aumentando el espesor de la pasada, se empieza a deformar y arrancar el material. En los límites de esta frontera es donde se mueve el micromecanizado y tiene sentido esta definición y proceso de arranque.

LOS PROCESOS

Los procesos comprendidos en microfabricación son varios y diversos. Por un lado, los que provienen del mundo del silicio, principalmente orientados a la fabricación de MEMS y componentes en dos dimensiones, por otro lado, las tecnologías de microingeniería que serían el escalado de los procesos de fabricación conocidos al mundo micro, con menor restricción de materiales y en tres dimensiones. En una segunda etapa tenemos los asistidos por



■ Ejemplo piezas micro IK4-IDEKO

energía donde estarían principalmente el láser, EDM... Y en la última fase para la producción en masa tendríamos los métodos de replicación siendo el más significativa, la microinyección.

En IK4-IDEKO nos hemos especializado en las tecnologías de microingeniería por ser los procesos más cercanos a las existentes en el tejido industrial del entorno: microfresado, microtornado y láser-ablación especialmente.

LOS MEDIOS PRODUCTIVOS

Se necesita un mecanismo de ultraprecisión: una máquina que sea precisa, estable térmica y dinámicamente, con soluciones estructurales como la bancada de granito, refrigerantes por todos los componentes de la máquina expuestos a calentamiento, reducción de vibraciones en herramienta... Pero no conseguimos nada si el salto de cabezal es de más de 5 micras. Además tiene que ser una máquina repetitiva, que no genere rozamiento porque la precisión se puede conseguir de muchas maneras pero la repetitividad solamente por la mecatrónica: guiados, accionamientos, captación, regulación...

Además, cuando trabajamos en este orden de microfabricación la heterogeneidad del material se convierte en un problema. En el mundo macro los tamaños de grano son de otro orden respecto al tamaño de la viruta con la que estamos trabajando. En cambio en el campo micro no, es del mismo orden y se ve claramente en los mecanizados como cuando trabajamos con materiales de diferentes proveedores en las mismas condiciones el espectro de pa-

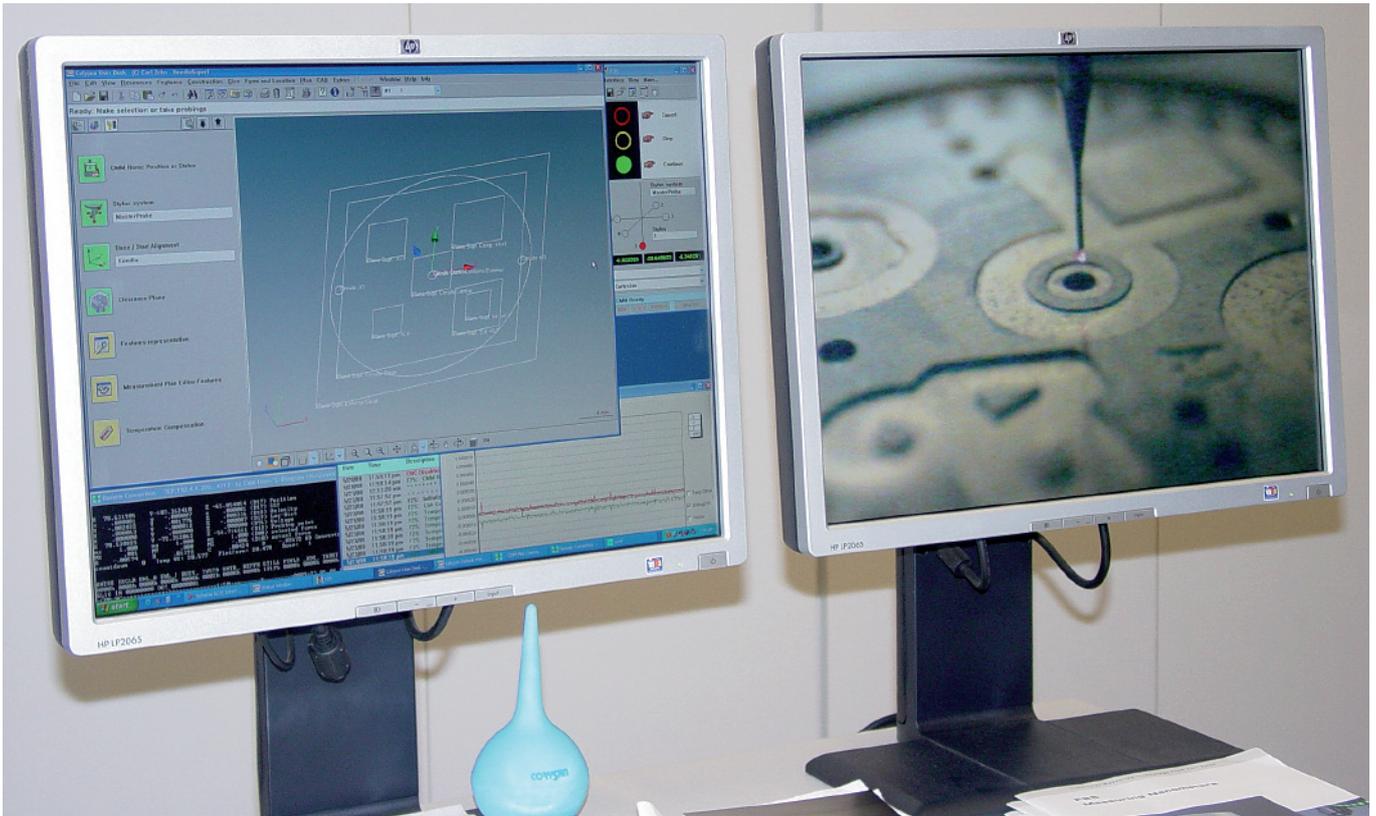
trones es diferente.

Igualmente para controlar el proceso hace falta una buena sensorica para saber lo que está ocurriendo en máquina, sensores cuya sensibilidad los hace específicos para la microfabricación.

LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Éstos son algunos de los sistemas de producción:

- El mecanizado por láser con haz pulsado ultra corto que es un proceso de sublimación donde el primer punto clave es la fuente generadora del propio haz láser. Otro punto relevante es el sistema o camino óptico que puede ser directo o mediante un galvo-escaneo. Y, por último y no menos importante el mecanismo de precisión para posicionado y/o escaneo.
- En el micromecanizado se puede decir que existen dos acercamientos: por un lado el origen industrial, fabricantes de máquinas orientadas al mercado molde-matriz y/o electroerosión ante los requerimientos de sus clientes de más precisión ahora ofrecen máquinas de microfresado. Y el otro acercamiento son los grupos de investigación que desde una hoja en blanco, y con su capacidad creativa hacen máquinas que se adaptan a las piezas micro que tienen que fabricar.
- El mecanizado a punta de diamante: superacabado. Se busca geometrías con una superficie lo mejor acabada posible, con una rugosidad del orden de los nanómetros.



■ Medición piezas de relojería

Habitualmente son aplicaciones ópticas..

Y acabando el proceso productivo es preciso garantizar al cliente que la pieza realizada se encuentra dentro de las medidas/tolerancias requeridas, dentro de la micra o del nanómetro en su caso.

Así en el aseguramiento de la calidad, son tres los principales aspectos a verificar: la inspección general, es decir si la pieza está bien o está mal (rebabas, inclusiones, quemado, afectaciones térmicas...) para lo cual se precisa microscopía porque no existe otra forma de verificarlo; análisis topográfico para verificar y caracterizar la superficie; y el análisis dimensional se centra en la geometría del componente (Distancias, paralelismo, perpendicularidades, cilíndricidad...), para lo que se utilizan las micro-CMM siendo la ZEISS F-25 las más extendida y reconocida. Resumiendo los aspectos del aseguramiento de la calidad:

- Análisis de la calidad general de pieza: acabados, poros, inclusiones, rebabas...
- Topografía de la superficie: perfil-

metría mecánica o microscópica.

- Análisis dimensional de la pieza: medición por visión o palpado.

MERCADOS Y SECTORES DE INTERÉS

Los principales sectores en micro-mecanizado y ultraprecisión, además de los componentes electrónicos y de consumo MEMS son:

- Relojería y joyería: componentes de lujo personalizados (componentes de precisión y joyería personalizada). Ahora mismo los fabricantes están localizados en países conocidos por la precisión (Suiza). Es un sector de nicho que requiere una inversión alta y es difícil introducirse. Además sus crecimientos están focalizados a países que tengan crecimientos muy fuertes en su economía.
- Defensa y aeroespacial: texturización aerodinámica, además de miniaturización de componentes. Es un mercado muy interesante pero difícil de penetrar porque cuando realmente quieren hacer algo, generalmente lo fabrican con sus medios.. En países como Alemania ya

se está empezando a microtexturizar partes del fuselaje con mayor incidencia al aire, allí donde se requiere mayor eficiencia aerodinámica.

- Automoción: miniaturización de componentes en la electrónica de potencia y almacenamiento de energía, vehículo eléctrico. El coche eléctrico provee unos crecimientos para los próximos 10 años de más del 10%. El riesgo está en que todavía falta por establecer la tecnología estándar del vehículo eléctrico, con varias incógnitas por resolver como el tipo de energía y su almacenamiento.
- Óptica: todo tipo de lentes, especialmente láser. Se utilizan para diferentes aplicaciones: telescopía ultraprofunda... Exige una inversión muy alta sobre todo en el entorno en el que tiene que trabajar la máquina, sobre todo en humedad porque los materiales que se trabajan tienen elevados problemas de oxidación
- Medicina/Salud: dental, ortopédico, implantes auditivos, lentes (contacto e intraoculares), control cardíaco...