

# Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte.

## Introducción:

Aunque la historia de las herramientas de corte y de las máquinas herramientas se remonta a más de dos millones de años, recién en el siglo XX han tenido verdaderas mejoras y nuevos desarrollos. Ingresan al siglo XXI con un sinnúmero de alternativas y variantes que prometen ser más interesantes que las vividas en Inglaterra durante la primera Revolución Industrial.

Las máquinas herramientas y las herramientas de corte han jugado un papel fundamental en el desarrollo tecnológico del mundo, tanto que se puede decir que su tasa de desarrollo gobierna directamente la tasa del desarrollo industrial.

En general, en los últimos treinta años las máquinas más comunes en la industria son las convencionales como: tornos, fresadoras, perforadoras, rectificadoras o serruchos mecánicos, algunas con sus controles y dispositivos a control numérico (CN) y otras con controles numéricos computarizados (CNC). También se pueden encontrar herramientas de corte de acero rápido o HSS, o herramientas soldadas de metal duro, o algunos insertos de metal duro revestido con rudimentarias capas de recubrimiento, mecanizando generalmente aceros al carbono, aceros inoxidables o algunos tipos de fundiciones de aceros o aluminio.

Actualmente, un nuevo paradigma tecno económico exige a las empresas industriales mejoras de calidad a menores costos, tiempos de desarrollo cada vez más cortos, atención a los requerimientos de la demanda, entre otros. Entonces, son necesarias nuevas pautas de producción y de gestión para funcionar eficazmente. Las empresas se encuentran frente a la urgencia de una evolución técnica y tecnológica que les permita estar a la altura de las exigencias de un mercado cada día más globalizado. Así, para lograr los niveles de producción flexible que el mercado exige, se requiere la incorporación y actualización de tecnologías de producción flexible como: tecnologías de la información, máquinas con CNC (control numérico por computadora), autómatas programables, robots, CAD, CAD/ CAM, centros de mecanizado, corte láser y ultrasonido para trabajar con nuevos materiales.

**El diseño de sistemas de producción flexible involucra una serie de decisiones relacionadas, entre otras, con la ubicación de los distintos sectores en las fábricas (layout), el tipo de equipamiento necesario, los volúmenes de materias primas y de productos terminados para almacenar y la capacitación del personal necesario.**

## Desarrollo

### Avances en aplicaciones de la electrónica CAD/CAM/CIM:

Si para la mecanización total de un número de piezas determinada, fuera necesario realizar operaciones de fresado, mandrinado y perforado, es lógico pensar que se alcanzaría mayor eficacia, si este grupo de máquinas herramientas estuvieran agrupadas. Ahora bien, se lograría una eficacia aún mayor, si todas estas operaciones se realizaran en una misma máquina. Esta

necesidad, sumada a numerosos y nuevos requerimientos, forzó la utilización de nuevas técnicas que reemplazarían al operador humano. Ya se manejaban máquinas con CN (control numérico) mecánicos; pero con la llegada de la electrónica se introdujo el control numérico computarizado (CNC) en los procesos de fabricación.

### El control numérico computarizado se impuso por varias necesidades:

- Fabricar productos en cantidad y calidad suficientes, imposible sin recurrir a una automatización del proceso de fabricación.
- Obtener productos hasta entonces imposibles o muy difíciles de fabricar, por ser excesivamente complejos para ser controlados por un operador humano.
- Fabricar productos a precios razonablemente bajos.

El factor predominante que condicionó todo automatismo en las máquinas herramientas fue el aumento de productividad. Posteriormente, debido a las nuevas necesidades de la industria aparecieron otros factores no menos importantes a tener en cuenta como la precisión, la rapidez y la flexibilidad.

A la aplicabilidad de los equipos CNC, hay que sumarle los procesos CAD/CAM, procesos en los que se utilizan computadoras para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Estos pueden fabricarse más rápido, con mayor precisión o a menor precio, con la aplicación adecuada de tecnología informática.

Con los sistemas de Diseño Asistido por Computadora (CAD) se hacen modelos de un determinado producto, que representan sus atributos o características, como tamaño, contorno y formas de cada componente, que son almacenadas en la computadora de forma bi-tridimensional. Una vez que estos datos se introdujeron y se almacenaron en el sistema informático, el diseñador CAD puede manipularlos o modificarlos con facilidad para avanzar en el desarrollo del producto. Además, estas ideas y diseños se pueden integrar, compartir y transmitir a través de redes informáticas, con lo que los diseñadores e ingenieros situados en lugares distantes entre sí, pueden trabajar en equipo. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento de una pieza o producto.

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación, también controlados por computadoras, conforman un sistema integrado CAD/CAM.

**La manufactura asistida por computadora (CAM)** ofrece significativas ventajas con respecto a controlar la fabricación con operadores humanos. Por lo general, los equipos CAM implican la eliminación de los errores del operador y la reducción de los costos de mano de obra. Además, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. El control numérico por computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza con un software informático especial que crea el vínculo entre los sistemas CAD y CAM. Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores, ingenieros y fabricantes para adaptarlas a sus necesidades específicas.

Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear rápidamente un primer prototipo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá emplee el sistema porque

es el único modo de poder fabricar con precisión un componente muy complejo. La gama de prestaciones que se ofrece a los usuarios de CAD/CAM está en constante expansión, incluso obviando el tipo máquina herramienta que se use. Otro ejemplo: los fabricantes de indumentaria pueden diseñar el patrón de una prenda en un sistema CAD, patrón que se sitúa de forma automática sobre la tela para reducir al máximo el derroche de material al ser cortado con una sierra o un láser CNC.

Además de la información de CAD que describe el contorno de un componente de ingeniería, es posible elegir el material más adecuado para su fabricación en la base de datos informáticos y emplear una variedad de máquinas CNC combinadas para producirlo. Una tecnología que aprovecha al máximo el potencial del CAD/CAM, y que en la actualidad constituye una opción estratégica que están siguiendo las industrias, es la integración de todas las áreas de producción de la empresa a fin de incrementar su productividad y competitividad. Este proceso de integración se basa en el modelo de Manufactura Integrada por Computadora (CIM), una tecnología que se centra en la informática y las telecomunicaciones y busca la integración y el control por computadora de todas las actividades que intervienen en el proceso de producción. Se trata más que de un concepto, de una filosofía de trabajo. Todas las partes que intervienen para el desarrollo de un producto están enfocadas en la meta de una organización, al combinar una amplia gama de actividades, que pueden incluir el control de existencias, el cálculo de costos de materiales y el control total de cada proceso de producción. Contenidos en estos sistemas se encuentran los módulos de software que planean y organizan las operaciones de manufactura, permiten explorar mejores alternativas para la producción y los insumos, monitorean si las operaciones se ajustan al plan previo y permiten proyectar resultados. Esto ofrece una mayor flexibilidad al fabricante, permitiendo a la empresa responder con mayor agilidad a las demandas del mercado y al desarrollo de nuevos productos.

**Los últimos avances en estas tecnologías**, incluyen una mayor integración de sistemas de realidad virtual, que permite a los diseñadores interactuar con prototipos virtuales de los productos mediante la computadora, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad.

También el área de prototipos rápidos es una evolución de las técnicas de CAD/CAM, en la que las imágenes informatizadas tridimensionales se convierten en modelos reales empleando novedosos equipos de fabricación especializados, como por ejemplo un sistema de estereolitografía.

### **Avances en los procesos:**

Durante los últimos años del siglo XX, se planteó un gran problema a los fabricantes de máquinas herramientas: la limitación de producir máquinas herramientas en cuyos husillos no se puedan desarrollar más de 42.000 RPM (revoluciones por minuto) por un lado, y contar con una potencia razonable que no supere los 50 KW (kilowatts), con todos los inconvenientes que acarrear los altos consumos de potencia. Estas limitaciones llevaron a los fabricantes a buscar nuevas alternativas para lograr el óptimo aprovechamiento de las operatorias de mecanizado.

También los fabricantes de herramientas de corte se vieron en la obligación de efectuar replanteos de nuevos diseños de herramientas, para nuevas operatorias de mecanizado nunca antes imaginadas. Así nacieron los procesos de Mecanizado de Alta Velocidad (MAV), el novedoso proceso de Mecanizado de Altos Avances (MAA), o los extraordinarios sistemas de acabado Wiper de perfilado de los filos de los insertos en los radios.

El MAV es una tecnología de corte con bases sólidas que abre las puertas del mecanizado de materiales y fi guradas que antes no se podían mecanizar convencionalmente, como por ejemplo: materiales con una dureza superior a 50 HRC (Rockwell - unidad de medida de la dureza de un material) o paredes delgadas de 0.2 mm, etc.

### ¿Qué es el mecanizado de alta velocidad?

Hay varias definiciones de MAV. Vamos a decir que se trata del mecanizado en el que se combinan altas velocidades de rotación y de avance. Esto puede suponer mecanizar a velocidades de corte entre 5 y 10 veces superiores a las que se utilizan de manera convencional, según sean las características de cada material. Se dice del MAV, que es un paso hacia el mecanizado óptimo.

Se utiliza para mecanizar aleaciones ligeras con alto índice de arranque de viruta, matrices y materiales templados, permite el desbaste y terminación de piezas pequeñas y la terminación en piezas de todos los tamaños, reduce la fuerza de corte, así como el calor transmitido a la pieza. Requiere elevada rapidez y precisión, siendo habituales velocidades de 100 m/min (metros por minuto) y aceleraciones de 1g (gravedad).

La aplicación de MAV tiene notables ventajas en lo productivo y económico, pero tiene algunas limitaciones o condicionamientos para su implementación.

Las condiciones del proceso (velocidad de corte, avance, profundidades de corte radial y axial, etc.) dependerán del material a mecanizar, así también de las herramientas de corte especialmente diseñadas y fabricadas para esas velocidades de corte, y de las máquinas y herramientas disponibles para efectuar el trabajo con cortos tiempos de aceleración-desaceleración del husillo, breves tiempos de cambios de herramientas, estabilidad térmica, amortiguación de vibraciones, más un CNC diseñado especialmente para controlar altas velocidades y aceleraciones de los ejes con gran nivel de precisión, y además adecuadas estrategias de mecanizado generadas por el sistema CAM.

Cada material y aleación que pretendamos mecanizar posee sus propias características estructurales, que provocan variantes en el mecanizado, lo que nos marcará los límites operativos del proceso. Por ejemplo, no es lo mismo mecanizar:

- Materiales blandos (aluminio, cobre, magnesio) donde se podrá efectuar un quite de material sin problemas, que materiales duros (aceros templados, titanio, níquel) donde, por su dureza, cuesta más quitar material.
- Materiales de fácil mecanizado (aluminio, magnesio) donde la viruta que se obtenga será de simple extracción, pero muy problemático su corte, que de difícil mecanizado (titanio, aleaciones níquel-cromo, acero para herramientas) donde cuesta obtener la viruta, pero será más fácil su corte.

Así, el triángulo que conforma material herramienta-máquina establecerá los correspondientes parámetros de corte, estrategias de mecanizado, volumen de material extraído por unidad de tiempo, etc. La velocidad de corte y las condiciones de proceso en general, dependerán del material a mecanizar, estado de la máquina herramienta, sistemas de sujeción, tipo de herramienta a utilizar y programas de CAD/CAM y CNC acorde a un mecanizado de MAV.

Otra variante es el mecanizado de altos avances: MAA. Este proceso de mecanizado se suele utilizar como complemento al MAV, ya que mantiene sus principios, pero aplicados a los avances de las máquinas herramientas, utilizando fresas de aplanado con ángulos de posicionamientos pequeños de 10 hasta 15 grados, permitiendo avances de hasta 4 mm/v (milímetros por vuelta). Hoy en día un mecanizado de fresado normal se hace a 90 grados, con un avance de 0,1 hasta 0,3 mm/v, pudiéndose apreciar el gran incremento del avance entre el sistema convencional y el

MAA. Es un proceso muy reciente, pero que día a día gana adeptos sobre todo, en las matricerías que necesitan efectuar mecanizados de desbaste para grandes matrices.

Otros avances importantes se han dado en torno a los insertos, entre ellos el sistema de insertos Wiper, nacido hace muy pocos años, es ofrecido por la gran mayoría de los fabricantes de herramientas de corte, como una alternativa válida para mecanizados de terminación. Logran combinaciones de avances elevados y acabado de superficie mejorado. Al permitir que se duplique el régimen de avance, los insertos Wiper pueden reducir los tiempos de mecanizado a la mitad y mejorar tanto el acabado de superficie como el control de virutas.

Consiste en un perfilado lateral sobre los ángulos de incidencia, a la altura de los radios de punta de los insertos intercambiables. El sistema Wiper permite obtener con radios convencionales, (0,4; 0,8 mm) mejores terminaciones con un mismo avance, o lograr la misma terminación, aplicando el doble avance ( $f= 2$  avances), reduciendo los tiempos a la mitad. Con ambas variantes, avance simple o doble avance se logran mejoras sustanciales. Bien utilizado, permite suprimir los rectificadores simples, simplemente agregando una última pasada de terminación con los insertos Wiper en un torno tanto CNC como convencional.

**SISTEMA WIPER:** Se trata de un sistema muy original, realizado sobre el diseño y estructura de los insertos actuales más usados, hay un refrán que dice, que, inteligente no es aquel que habla mucho de cosas nuevas que no conoce, si no, el que sabe sacarle el mejor provecho de las cosas que conoce.

Pues bien, las herramientas comúnmente llamadas insertos intercambiables de metal duro, sufrían hace un tiempo, un estancamiento en su desarrollo y ya muchos, consideraron su reemplazo por otro tipo de herramienta para mejorar su rendimiento.

La llegada de los sistemas WIPER a las herramientas, provoca un resurgimiento de los insertos intercambiables de metal duro, ampliando su futuro y mejorando ampliamente su desarrollo a niveles impensados hace pocos años atrás.

### **Cambios rápidos y modulares:**

Gracias a extensos trabajos de investigación y desarrollo, se han logrado increíbles mejoras en los procesos de mecanizado, una de esas mejoras se refiere a la reducción de los tiempos.

Así, mecanizados que a principios del siglo pasado llevaban poco más de una hora de trabajo, hoy, gracias a las nuevas herramientas y máquinas herramientas, mecanizar el mismo material demora unos pocos segundos.

Otro avance en los procesos de mecanizado fue en el aprovechamiento de los tiempos muertos. Se entiende por tiempos muertos, el tiempo en que la herramienta de corte no está en contacto con la pieza, como en los tiempos perdidos cuando la máquina herramienta se detiene para efectuar el cambio de la pieza o herramienta de corte o rotación de la misma por su desgaste, el tiempo de medición, reparación o mantenimiento, etc. Dado que esos tiempos muertos eran extensos, los estudios se encaminaron a la búsqueda de soluciones para implementar algún sistema que los redujera lo máximo posible.

A fines del siglo pasado, ya se manejaban sistemas denominados modulares que permiten efectuar el cambio de una herramienta por otra similar en un mismo anclaje de la torre del torno o fresadora, con un sistema de sujeción práctico y simple, permitiendo una mayor versatilidad y reducción de los tiempos muertos en la máquina herramienta que cuenta con dicho dispositivo de sujeción.

Luego el desarrollo se centralizó en tratar de ver cómo se podían agilizar esos cambios modulares y nacieron los sistemas modulares de cambio rápido, que sumados a los anteriores, establecieron un replanteo en los talleres e industrias que fueron adoptando este sistema. El cambio rápido consiste, en un sistema de anclaje sencillo y seguro, por medio de un encastrado en una posición del carro de la máquina, que permite efectuar el cambio de una herramienta en uso

por otra, con rapidez con solo girar un dispositivo de sujeción que establece los topes máximos admisibles tanto para tomar las herramientas de corte, como en el dispositivo de sujeción.

Otro avance fueron los sistemas de anclaje por inducción magnética para los portaherramientas de máquinas herramientas como fresas o centros de mecanizados con CNC. Todos estos novedosos sistemas han cambiado el dinamismo en el trabajo de las máquinas herramientas, sobre todo las dotadas con CNC, permitiendo una rápida, ágil y sencilla antesala a la global automatización de los centros de mecanizado, tornos y fresadoras.

### **Avances aportados por la Robótica:**

La industria automovilística ha sido gran impulsora de la robótica industrial, empleando la mayor parte de los robots instalados hoy en día. La tarea más frecuente robotizada dentro de la fabricación de automóviles ha sido la soldadura de carrocerías. En este proceso, llamado soldadura por puntos, dos piezas metálicas se unen en un punto para la fusión conjunta de ambas partes. Se podría decir que fue en el primer lugar que se utilizaron robots con entes autónomos. La gran demanda de robots para la tarea de soldadura por puntos, ha originado que los fabricantes desarrollen robots especiales, para esta aplicación que integran en su sistema de programación, el control de la pinza de soldadura que portan en su extremo.

Además de las alternativas de robots para soldaduras, la misma industria automovilística incorporó máquinas para los procesos de pintado de las unidades. En estos procedimientos se cubre una superficie de forma tridimensional, en general complicada, con una mezcla de aire y material pulverizada mediante una pistola en el extremo del robot. Esta tarea requiere de una perfecta homogeneidad en el reparto de la pintura, realizándose para ello un control de la viscosidad, de la distancia entre piezas y la pistola, la velocidad de movimiento de ésta, el número de pasadas.

Todos estos parámetros eran tradicionalmente controlados por el operario. Dado que el ambiente en el que se realizaban los trabajos de pintura era muy peligroso, ya que se trataba de un espacio reducido, una atmósfera tóxica, con alto nivel de ruido y riesgo de incendio, se justificó ampliamente la utilización de la robótica. Con el empleo del robot se eliminan los inconvenientes ambientales y se gana en homogeneidad y en la calidad del acabado, ahorro de pintura y productividad. Normalmente, los robots de pintura son específicos para este fin.

Las mejoras obtenidas con los robots han sido sustanciales y plantearon las bases para implementar sistemas autónomos y más ágiles, al incorporarlos a las actuales máquinas herramientas. Ya hace un tiempo que la robótica ha desembarcado junto a las máquinas herramientas para mecanizados, siendo de gran utilidad y practicidad y tiene, aún, mejores perspectivas en el futuro. Hace un tiempo atrás, hablar de robótica se interpretaba como un robot o máquina o dispositivo diseñado como un complemento secundario, extra máquina herramienta, para la manipulación de piezas, para la carga y descarga de las máquinas, y no como un componente más de la máquina herramienta en sí.

En la actualidad, la robótica ha pasado a formar parte de las máquinas herramientas, además de la carga y descarga de pieza, la manipulación interna de las piezas, también se efectúa el manejo de cambio de las herramientas de corte e instrumental de medición que utilice dicha máquina. Si a los sistemas modulares de cambio rápido y a los sistemas de anclaje por inducción magnética le sumamos la robótica, estamos en presencia de una automatización casi total de las máquinas herramientas utilizadas para el arranque de viruta.

Los grandes desarrollos alcanzados por disciplinas como la neumática e hidráulica, sumados al aporte de la electrónica como comando de todos estos elementos, por medio de los nuevos CNC han permitido que la robótica actual trabaje dentro de la misma máquina. Por ejemplo, puede efectuar el cambio de las herramientas de corte en tiempos casi imperceptibles según las

necesidades que plantee el software del programa impuesto en el control numérico, desde donde se lo controla.

Las necesidades del mercado, han llevado a la implementación de trabajos repetitivos y de altas producciones, que requieren trabajos complejos. La robótica simplifica estos trabajos, está totalmente integrada a la máquina herramienta moderna, siendo ya un elemento más de la misma, permitiendo que las actuales máquinas herramientas actúen como máquinas automatizadas (también se las llama robotizadas).

En las maquinarias de corte, antiguamente la robótica era utilizada solo para el movimiento de los materiales que se introducían en las plataformas de corte de los equipos de oxicorte con movimientos mecánicos por levas. Hoy aporta los movimientos sobre todos los ejes imaginarios que presente el programa, para efectuar el traslado del adminículo cortante (soplete o haz de láser) sobre las chapas a ser cortadas, todo controlado por un CNC.

### **Avances en los materiales:**

Durante el siglo XX, hemos visto reinar al acero, sus aleaciones y sus combinaciones como los materiales más utilizados en la industria en general, en la metalmecánica en particular, como los materiales más utilizados para los mecanizados en todo el mundo. Según estudios recientes, esa tendencia cambiará rápidamente en el transcurso de los próximos años, donde nuevos materiales compuestos y aleaciones de nuevos materiales, harán que el panorama de los mecanizados cambie rotundamente.

Materiales como el titanio, manganeso, aleaciones de aluminio o platino y sus combinaciones y derivados, por citar algunos, irrumpen en los mercados, entremezclándose con los materiales ya utilizados para los mecanizados convencionales.

Los fabricantes de herramientas están introduciendo herramientas de corte realizadas con nuevos compuestos como: microgránulo, cerámicas compuestas, nuevos recubrimientos y sistemas de recubrimientos, que han llevado a diseños de herramientas de corte realmente novedosas.

El microgránulo es un nuevo tipo de metal duro más fino y refinado que el que hasta ahora se conocía. Se trata de metal duro con molienda por ultrasonido, que permite lograr una óptima granulometría y desarrollar diseños y geometrías de herramientas de corte impensadas. Un caso destacado son las pequeñas brocas y fresas para la aplicación en la nanoingeniería. Están diseñadas y fabricadas de forma tal, que permiten trabajar con diámetros de hasta 0,02 mm, medidas impensadas hace cinco años atrás.

### **La ecología mecánica:**

En la actualidad, es muy importante el cuidado del medioambiente. No siempre se atendió la mirada ecológica y, como sabemos, el hombre, a lo largo de su historia, ha causado constantes daños a la naturaleza. El mundo metalmecánico no está al margen de ese mal comportamiento. Las máquinas herramientas han sido ruidosas, sucias, han utilizado durante años líquidos y fluidos refrigerantes y lubricantes que en su gran mayoría son contaminantes, tóxicos y en algunos casos cancerígenos.

Las herramientas de corte, por medio de sus reafilados (sobre todo aquellas herramientas con metal duro, que contienen cobalto) provocaban en los operadores problemas de piel, soriasis, infecciones; y con su ingesta o aspiración problemas pulmonares, estomacales y hasta cáncer.

Las alternativas actuales pretenden revertir tal situación, con desarrollos y propuestas acordes con la preservación del medio ambiente y del hombre que utiliza esas máquinas y esas herramientas.

Una de las variantes novedosas, digna de ser mencionada por lo original, es utilizar para los mecanizados en las máquinas herramientas el aire como refrigerante. Propuestas más sofisticadas plantean utilizar aire frío, enfriando el aire con un dispositivo a una temperatura del orden de los 4 a 6 grados centígrados, y soplarlo sobre la superficie a mecanizar. Los fabricantes de herramientas ya desarrollan herramientas de corte que, por sus recubrimientos, podrán trabajar bajo estas nuevas condiciones.

Lo importante es que se tomó conciencia de no seguir contaminando. En este siglo, veremos máquinas herramientas y herramientas que respetan el cuidado del medio ambiente.

**CONTAMINAN Y OJO CON EL CÁNCER: Los mecanizados con herramientas de corte y sus refrigerantes,**

Siempre han sido motivos de discusión en las fábricas por mucho tiempo, las oficinas de seguridad e higiene industrial, nunca se han puesto de acuerdo en las medidas a tomar sobre el tema.

Hoy, surcando el siglo XXI, ya no quedan dudas, y mundialmente es otro el criterio que se tiene en cuenta, está totalmente demostrado que todos los compuestos líquidos utilizados para la refrigeración de los mecanizados en las máquinas herramientas actuales, son altamente contaminantes, y es menester que sean tomados los recaudos correspondientes, para prevenir en primera instancia al operario que maneje la máquina herramienta, y en segundo lugar, a las demás personas cercanas a la máquina de la fábrica, taller o sector de trabajo.

Es importante aclarar que esos líquidos al quemarse y perdurar en el ambiente en estado gaseoso permite su fácil inhalación, pudiendo ocasionar problemas bronquiales, de respiración, de contaminación o envenenamiento y por su abuso en el tiempo hasta se puede llegar al cáncer de pulmón.

Por último, es también importante el establecer qué hacer con los desechos de esos líquidos refrigerantes, cuando estos hayan cumplido su vida útil y se tengan que tirar. Una alternativa que cuenta con mucha aceptación últimamente, es la posibilidad de efectuar los mecanizados con refrigeración hecha con aire frío a presión, cuando se utilizan herramientas de metal duro con triple recubrimiento superficial.

### **Avances en mecanizados convencionales**

#### **El mecanizado por ultrasonidos:**

La introducción de materiales avanzados en sectores como la medicina, óptica, aeroespacial y automovilística, está suponiendo un obligado desarrollo de procesos de fabricación alternativos, para dar respuesta a nuevas necesidades. El costo considerablemente superior de estas técnicas, limita su uso exclusivamente a los casos en los que no se puedan emplear los métodos tradicionales. Los procesos no convencionales de mecanizado utilizan diversas fuentes de energía para la eliminación de material. Hoy se puede hablar de un proceso mecánico novedoso como es el caso del mecanizado de piezas por ultrasonidos.

El mecanizado por ultrasonidos se efectúa con herramientas rotativas y se presenta en el mercado ante el reto de mecanizar los materiales duros y frágiles, difíciles de mecanizar con los procesos convencionales. El creciente desarrollo de los materiales avanzados con propiedades superiores como alta dureza, gran resistencia mecánica al desgaste, baja densidad y resistencia a la abrasión a altas temperaturas, como es el caso de las cerámicas técnicas, ha introducido la necesidad de su procesado. Sin embargo, el alto costo de mecanizado ha frenado claramente su expansión comercial.

En el mercado hay una máquina fresadora que realiza el mecanizado de terminación por ultrasonido y que incorpora la tecnología RUM (mecanizado por ultrasonido rotativo) para el mecanizado de materiales duros y frágiles.

El proceso de mecanizado RUM (Rotary Ultrasonic Machining) es un avance tecnológico que mejora el clásico mecanizado por ultrasonidos de laboratorio (Ultrasonic Machining - USM). Se basa en la eliminación de material mediante la combinación de giro y vibración en dirección axial de una herramienta de corte, generalmente de diamante o una herramienta revestida en diamante (PDN - recubrimiento con diamante policristalino) que, a su vez, se alimenta con una corriente interna-externa de fluido de corte.

El término ultrasonidos se debe a que la vibración se produce a una frecuencia próxima a los 20kHz (vibra unas 20.000 veces por segundo) frecuencia que está en el rango de los ultrasonidos. Se emplean regímenes de giro de entre 1.000 y 6.000 rpm, y la vibración axial tiene unas pocas  $\mu\text{m}$  (micras) de amplitud (1-35  $\mu\text{m}$ ).

La máquina de fresado que incluye esta tecnología consta de los elementos básicos de toda máquina herramienta (control CNC, cabezal, ejes, mesa, filtros), pero además incorpora un elemento característico de este tipo de tecnologías, llamado transductor. El transductor, acoplado al cabezal, contiene una serie de piezoeléctricos que transforman la energía eléctrica de alta frecuencia en vibración mecánica a esa misma frecuencia. Esta vibración se transfiere desde el transductor hasta la herramienta (también conocida como Horn). Asimismo, a la herramienta fresadora se le puede incorporar una serie de algoritmos de control que mejoran aún más la efectividad del proceso preservando la integridad de la herramienta de corte y de la pieza. El ámbito de aplicación del ultrasonido giratorio está dirigido fundamentalmente al mecanizado de materiales duros y frágiles como las cerámicas técnicas, los vidrios, metales endurecidos, silicio, piedras preciosas, etc.

### **Algunas de las aplicaciones de este proceso son:**

- Industria del automóvil: discos de freno, toberas de inyección, insertos de moldes de inyección, en materiales como nitruro de silicio, alúmina, metal duro, acero templado (55HRc).
- Industria de los semiconductores: plaquitas (Wafer), elementos de refrigeración, en materiales como silicio, cuarzo hialino.
- Industria óptica: lentes cóncavas y convexas, espejos en materiales como zafiro, silicio, zerodur y vidrios varios.
- Industria médica: articulaciones, coronas dentales en materiales cerámicos varios como zirconia, alúmina.
- Varios: guías antidesgaste, pirometría, boquillas de soldadura, aisladores térmicos, también en materiales cerámicos.

Todas las aplicaciones mencionadas tienen un elemento en común: propiedades de muy alta dureza, resistencia mecánica al desgaste, baja densidad, resistencia a la abrasión a altas temperaturas, capacidades ópticas, etc.

Mediante el ultrasonido se pueden mecanizar geometrías que difícilmente podrían conseguirse con otros procesos de fabricación como por ejemplo: agujeros de un diámetro de 0,5 y 10 mm de profundidad en silicio, roscado de interior en metal duro cualquiera sea su calidad, etc. Antiguamente, estos materiales se mecanizaban con procesos abrasivos como el rectificado. La utilización del ultrasonido supone una importante serie de avances. Estos son algunos de los beneficios que aporta:

- La superposición de movimientos de rotación y de giro hace que se obtengan mayores tasas de arranque de viruta que con procesos convencionales, como el rectificado (hasta 5 veces mayores).

- Se logra un gran acabado superficial debido a las menores fuerzas del proceso, pudiéndose obtener superficies con rugosidades menores que  $0,2 \mu\text{m Ra}$  (rango de medición de rugosidad superficial) incluso hasta suprimir el pulido final (se le llama pulido final a las piezas que se dejan terminadas).
- El movimiento ultrasónico junto con el refrigerante que se usa en forma interna y externa hace que la herramienta de corte experimente un proceso de auto limpieza, evitando así el fenómeno de embotamiento (fenómeno de acumulación de partículas o virutas que se le quitan a la pieza durante el mecanizado) y facilitando el regenerado de la misma.
- El proceso produce una capa superficial de tensiones residuales de compresión sobre la herramienta de corte.
- También se pueden tratar materiales duros y frágiles llevando a cabo pequeñas operaciones de corte, desde  $0,5 \text{ mm}$ , así como diversas operaciones en una sola máquina: taladrado, fresado, agujeros de gran profundidad, contorneados, ranurados, planeados o el mecanizado de superficies complejas.

Por todo ello, es que el mecanizado por ultrasonidos rotatorio aparece como una clara solución para el procesado óptimo de materiales avanzados como cerámicas, metales endurecidos, vidrios, etc.

### **Mecanizado con láser:**

Para poder satisfacer las exigencias y necesidades de fabricación en los diferentes sectores industriales, día a día se están estudiando y aplicando nuevas tecnologías y procesos.

Una de las tecnologías en constante evolución, y considerada como uno de los mayores y novedosos exponentes en la fabricación avanzada es el proceso de mecanizado por láser que permite el mecanizado de formas complejas y de pequeño tamaño en todo tipo de materiales. Inclusive en el caso de los problemas concretos que suelen presentar piezas de geometría compleja y de reducido tamaño, el uso de un proceso mixto fresado/ láser abre posibilidades completamente nuevas en el mecanizado.

El fresado aporta un mecanizado con elevado

volumen de material eliminado, mientras el láser permite crear geometrías complejas, de reducido tamaño y en zonas poco accesibles.

La necesidad que presentan los mercados de crear productos cada vez más precisos, y con un amplio rango de utilización de todo tipo de materiales exige nuevas técnicas de mecanizados, más allá de las actuales técnicas aplicadas en los procesados con arranque de viruta. Con el objetivo de alcanzar este reto, se ha desarrollado una máquina fresadora-láser, que además de ser una fresadora de alta velocidad con un husillo que puede alcanzar las  $18.000 \text{ rpm}$  dispone de un cabezal láser de  $100 \text{ Wattios}$ , permitiendo desarrollar el novedoso proceso de mecanizado por láser. Este centro de mecanizado incluye nuevas posibilidades en el mecanizado completo de las piezas más diversas. La innovadora combinación de las modernas herramientas de corte de fresado y láser permite mecanizar en una sola sujeción, tanto desbastes de intenso arranque de viruta, como acabados y terminaciones de finigrana. La moderna tecnología mixta fresado/láser permite obtener la pieza mecanizada y terminada directamente del plano 3D, convirtiéndose en un proceso casi automático, que en comparación con la fabricación convencional por electroerosión, reduce ampliamente los tiempos de mecanizado.

La tecnología del mecanizado por láser permite obtener esquinas en ángulos vivos y agujeros de pequeño diámetro, es decir, formas geométricas que no son posibles o son muy costosas obtener mediante procesos convencionales. Permite el procesado de casi todo tipo de materiales, independientemente de su dureza o condiciones para ser mecanizado. Los resultados obtenidos varían de un material a otro debido a sus propiedades físicas del material, pero en principio no se

encuentra el obstáculo de la dureza. Se pueden obtener piezas a partir de fotografías, es decir, partiendo de una imagen. Es posible realizar texturizaciones en piezas de tamaño reducido, y obtener formas complejas de piezas que son mecanizados reales y no grabados.

La alta densidad de energía que se obtiene en el punto de enfoque del haz láser permite llevar a cabo el proceso de ablación, es decir, el material es vaporizado directamente. Por otra parte, al ser una fuente de energía la que incide sobre el material, no se producen desgastes, roturas, ni colisiones de la herramienta de corte, lo que supone una gran ventaja al proceso de arranque de viruta tradicional. El valor del diámetro de haz que se enfoca en el punto de corte puede ser de 40 micras o hasta de 100 micras. El láser es una fuente de luz coherente de alta energía cuyo significado es Amplificación de luz por Emisión de Radiación Estimulada, que en inglés forman las siglas LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation).

El sistema láser principalmente consta de tres componentes:

- Un medio activo, en nuestro caso un cristal.
- Un medio de excitación, en nuestro caso una lámpara.
- La óptica del resonador.

En la máquina que combina fresado/láser, el sistema láser consta de una lámpara de 6.000 Watts que irradia una luz cuyas propiedades son: divergencia, multicolor e incoherencia. Dicha luz excita el medio activo (cristal de Nd:YAG, un tipo de cristal utilizado para láser únicamente) produciendo un haz láser que, en comparación con la bombilla incandescente, tiene propiedades direccionales, monocromáticas y coherentes, siendo su longitud de onda  $\lambda=1,064$  micras y una potencia media de 100 Watts.

Este haz láser es reflejado al 100% por un espejo, y solo parcialmente por otro espejo enfrentado. El haz láser que no es reflejado es el que se utiliza para procesar el material. El haz láser esencialmente paralelo es fácil de transportar a largas distancias para llevarlo al sitio donde se necesita. En el área de procesado, el haz láser enfocado en un punto pequeño está provisto de la energía necesaria para calentar, fundir o hasta evaporar metales. El equipo cuenta con un dispositivo que permite aumentar la potencia del haz, siendo la frecuencia de trabajo entre 5 y 50 Khz. Al cerrar el switch, se interrumpe la trayectoria del rayo en el resonador, no formándose ninguna onda estacionaria, por lo que no se genera ningún rayo láser. Ello implica que no se retira ninguna energía de la barra YAG, por lo que se acumula energía, obteniéndose picos de potencia de hasta 20kW.

La obtención de los programas de mecanizado en el CNC es semejante al mecanizado por arranque de viruta. La máquina permite mecanizar complejas formas en 3D, siempre mecanizando capa a capa. La utilización de la tecnología láser implica el control de múltiples parámetros de proceso, cuyo ajuste correcto es imprescindible a la hora de obtener buenas calidades de acabado y mecanizados precisos.

Antes de empezar a mecanizar una pieza es necesario realizar una búsqueda de tecnología, lo que implica definir los parámetros adecuados para mecanizar ese material concreto. Se ajustan los parámetros de frecuencia de apertura del switch y el porcentaje de intensidad que se quiere tenga el haz. Ello implica que en estos momentos, es necesaria una búsqueda de tecnología continua, cada vez que se vaya a mecanizar un material nuevo o que cambien las condiciones de mecanizado. El ajuste de dichos parámetros permite obtener una pieza en menor tiempo pero con peor acabado, o viceversa, obtener un buen acabado a costa del tiempo de mecanizado. Con todo ello, hay que concluir remarcando que el mecanizado mixto fresado láser aparece como una clara solución para el procesado óptimo de piezas precisas de pequeño tamaño, como son los moldes de inyección de plástico.

Ambas tecnologías, la del láser o ultrasonido, son muy incipientes, pero han llegado para transformarse en pocos años en las tecnologías del siglo XXI, en el que curiosamente unirán sus caminos las herramientas de corte y las máquinas herramientas.

**UN PROBLEMA DE LENTES: Sin lugar a dudas el ultrasonido y el láser dentro de algunos años serán las más frecuentes herramientas de corte. Pero veamos, todavía estos son equipos muy caros, el láser por ejemplo, es una herramienta con la que no se han efectuado los ensayos suficientes, como para hablar de una óptima aplicación en prestaciones aplicadas en mecanizados en general. En un mundo donde la fórmula costo-beneficio, predomina con amplitud en los cálculos para presupuestos de cualquier trabajo o proyecto, el láser sigue siendo muy caro. Como todo sistema de rayo láser con haz de luz, cuenta con un dispositivo cuya utilización es controlada por un juego de cristales, que permiten con su reflejo su administración, junto a los parámetros que se establezcan de su intensidad. Pues bien, mientras no aparezcan nuevos materiales que en su composición química nos permitan trabajar con el haz de luz láser sin el actual riesgo que este tiene y que provoca grandes desgastes en los actuales cristales, pasará algún tiempo. Si bien mucha gente está invirtiendo en su desarrollo, este sin esos nuevos materiales se verá limitado, diría mi abuelo, en definitiva el láser tiene un problema de lentes.**

### **Mañana... será normal:**

Que los fabricantes de herramientas ya no tendrán límites en cuanto diseño y fabricación de herramientas de corte, que adaptadas a las necesidades de los clientes tendrán nuevos diseños y formatos más sofisticados.

Que el láser dominará el mercado. Hoy ya existen electroerosionadoras y fresadoras a rayo láser que, a pesar de que aún son diseños muy incipientes, no quedan dudas que con el tiempo dominarán el arranque de viruta.

Que otro proceso novedoso como el ultrasonido será de suma importancia para los mecanizados de materiales especiales que hoy son de difícil mecanización.

Que los fabricantes de máquinas herramientas ya tienen definido que no existirán máquinas estándar con diseños fijos como los actuales, en los que solo suelen variar simplemente las dimensiones y potencia o gabinete de la máquina. Veremos a los fabricantes diseñando y fabricando las nuevas máquinas a la medida y necesidades de fabricación o producción que tenga el cliente.

Que los futuros programas y software que utilizarán las máquinas serán más simples y prácticos, menos riesgosos y más didácticos que los actuales, e incluso permitirán la interrelación entre máquina y operador.

Que podremos ver cómo se mecanizarán la fibra de carbono, metal duro, keblar, berilios, epoxy, alúmina y muchos otros nuevos materiales o aleaciones, que en la actualidad son de difícil o casi imposible mecanizado.

Que el mundo será otro y en ese nuevo mundo las máquinas herramientas y herramientas de corte se fusionarán por medio del láser y el ultrasonido, los futuros reyes de la industria metalmeccánica del siglo XXI.

### A c t i v i d a d e s p r o p u e s t a s :

- 1) ¿Qué aporte importante dio el transistor a las máquinas herramientas?
- 2) ¿Qué se entiende por la denominación CNC?
- 3) ¿Qué representa el CAD y el CAM y juntos como CAD/CAM?
- 4) ¿A qué se debe la utilización del CIM?
- 5) ¿Para qué sirve una máquina de estereolitografía?
- 6) ¿Por qué surgieron los nuevos procesos llamados MAV y MAA?
- 7) ¿Cómo son cada uno de ellos?
- 8) ¿Qué tipo de herramientas son las WIPER?
- 9) ¿A qué se denominan tiempos muertos de mecanizado?
- 10) ¿Qué son los sistemas de cambio rápido?
- 11) ¿Qué aporte brindó a las máquinas herramientas la llegada de la robótica?
- 12) ¿Qué aporte puede brindar la optimización de los mecanizados en las máquinas herramientas para el mejoramiento ambiental?
- 13) ¿Cómo definiría los llamados mecanizados no convencionales?
- 14) ¿Qué aportan el láser y el ultrasonido?