# Herramientas de corte: una reflexión histórica

Giampiero Pavese, Responsable de Producto y Aplicaciones de Sandvik Coromant Ibérica

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/5813

*Fundada en 1862 por* ***Göran Fredrik Göransson****, el primero en tener éxito en el uso del método Bessemer para la producción de acero a escala industrial, Sandvik ha estado en el corazón de la industria de las herramientas de corte durante más de 150 años. A continuación, y con esa dilatada experiencia****,*** *hacemos un recorrido a lo largo de la historia de las herramientas de corte, desde los procesos industriales más importantes del siglo XVIII hasta la actualidad.*

La historia de las herramientas de corte comienza con el "*acero de crisol*", un proceso de refinado mediante el cual las formas de acero obtenidas por medio del martillado (entre ellas el acero de corte) se refundía para producir un material más uniforme. A pesar de que los procesos para producción de acero en crisol se remontan a hace más de 1.000 años, su popularidad aumentó durante la primera mitad del siglo XVIII, cuando un método conocido como "*acero de crisol inglés*" se utilizó para la fundición de la primera herramienta de corte de acero. Esta técnica (desarrollada por **Benjamin Huntsman**, un relojero inglés de *Sheffield*, que buscaba conseguir un acero de mayor calidad para los muelles de relojería) utilizaba un horno de coque capaz de alcanzar 1.600°C. Se colocaban diez o doce crisoles en el horno y cuando el crisol alcanzaba la temperatura de calor blanco se introducía el acero de "*blíster*" troceado. Unas tres horas después, se "desescoriaban" las impurezas y el acero fundido se vertía en lingotes.

## LOS AÑOS DEL TUNGSTENO

El siguiente cambio en la fabricación de herramientas tuvo lugar en 1868, cuando **Robert Mushet**, obrero siderúrgico de *Gloucestershire*, Inglaterra, descubrió que la vida útil de la herramienta podía extenderse considerablemente añadiendo tungsteno al acero, incrementando así su dureza. Esto lo convirtió en la primera aleación comercial de acero, un material básico para el desarrollo de aceros de herramienta para el corte de metal. El impacto de este descubrimiento en las herramientas de corte actuales ha sido tan grande que el consumo mundial de tungsteno está en torno a 50.000 toneladas al año.

En 1894, **Frederick Winslow Taylor**, un ingeniero mecánico estadounidense de *Filadelfia*, llevó a cabo pruebas de mecanizado comparativas entre el "*acero mushet*" y el acero de herramientas de alto contenido en carbono. Concluyó que podía cortar un 41-47% más rápido a los aceros forjados y en torno a un 90% más rápido a los aceros dulces. Asimismo, descubrió que la aplicación de un flujo de agua como refrigerante incrementaba la velocidad de corte incluso un 30% más. Tras la publicación de los resultados de las pruebas de Taylor, el "*acero mushet*" y otros aceros autotemplables se hicieron populares en los talleres. Además de reducir la duración de los ciclos, los talleres también podían incrementar los intervalos de rectificado, realizar mayores cortes o mecanizar materiales más duros.

Los exitosos experimentos de Taylor con "*acero mushet*" le llevaron a ser contratado por la *Bethlehem Steel* para resolver un costoso problema de capacidad del taller. A continuación, puso en marcha un proyecto, con un compañero llamado **Maunsel White**, para experimentar con los procesos de templado para el "*acero mushet*" y otros aceros autotemplables. La pareja descubrió que, si el acero se calentaba hasta acercarse al punto de fusión, se creaba un metal de mayor duración que retenía su dureza hasta alcanzar el rojo vivo. Este metal fue el primer acero rápido (HSS o *High Speed Steel*), un desarrollo que allanó el camino para las operaciones de mecanizado de componentes de mucho mayor tamaño. El nombre de Taylor incluso fue asignado a una ecuación: la ecuación para determinar la vida útil de las herramientas de Taylor (*Taylor Tool Life Equation*) establece una relación entre la vida útil de la herramienta y una o más variables del proceso de corte. Ésta se formula de la siguiente manera, $\mathbf{vT^n = C}$, donde **v** es la velocidad de corte en m/min, **T** es la vida útil en minutos, **C** es la velocidad de corte para una vida útil de 1 minuto y **n** es el exponente Taylor. Los valores típicos de "**n**" pueden ser: 0,08-0,2 para HSS; 0,2-0,5 para metales duros; y 0,5-0,7 para cerámica.

La introducción del HSS fue muy reveladora y permitió a las herramientas de corte operar a hasta el doble y triple de las velocidades permitidas en el acero al carbono; duplicando y triplicando así también la capacidad de los talleres de todo el mundo. El HSS siguió siendo el referente del sector de las herramientas de corte durante las siguientes dos décadas, hasta que en 1920 aparecieron en Alemania los primeros carburos sinterizados y cementados para el corte del metal. El componente principal de estos materiales era el carburo de tungsteno en un aglomerante de cobalto. Con una dureza cercana a la del diamante, se descubrió que las herramientas de carburo de tungsteno podían operar a velocidades de corte muy superiores a las de las herramientas de HSS.

## CEMENTANDO EL FUTURO

Los carburos cementados y sinterizados fueron creados por primera vez por un fabricante de lámparas, *Osram*, mientras la empresa buscaba una alternativa más barata a las hileras de diamante utilizadas para la producción del alambre de lámpara. En concreto, la empresa buscaba una dureza similar a la del diamante, pero con una tenacidad optimizada. No obstante, al no disponer del equipo necesario para explotar este material a escala industrial, *Osram* vendió la patente a una empresa llamada *Friedrich Krupp* (hoy en día *ThyssenKrupp*) a finales de 1925. En 1926 Krupp introdujo en el mercado el metal duro sinterizado bajo el nombre WIDIA (un acrónimo de *WIe DIAmant*, lo que significa "*como diamante*" en alemán).

La herramienta de corte resultante ofrecía velocidades de corte y avances

optimizados tan sobresalientes que los diseñadores de máquinas-herramientas se vieron obligados a replantearse las características de los diseños existentes para ofrecer una mayor rigidez y una mejor tecnología de soporte del eje.

Las puntas sin recubrimiento soldadas al mango fueron la primera forma de aplicación comercial del metal duro. Estas primeras calidades se aplicaron con mucho éxito a las operaciones de corte y de fresado de acero de fundición. Hasta mediado de 1930, la producción mundial de metales duros fue de en torno a las 10 toneladas anuales. No obstante, en 1935 los empleados de *Krupp/Osram* ya habían identificado las condiciones necesarias para el afino del grano de carburo de tungsteno y en 1939 descubrieron los efectos positivos de añadir una pequeña cantidad de carburo de tantalio y vanadio. Esto ayudó a controlar el crecimiento discontinuo del grano y resultó en la aparición de las calidades para el fresado de acero, con carburo de titanio y tantalio así como carburo de tungsteno y cobalto.

Como resultado, se crearon herramientas de corte con una resistencia al desgaste, una resistencia en caliente y una estabilidad de la oxidación considerablemente optimizadas. En comparación con el HSS de hace sólo 40 años, las velocidades de corte incrementaron de 25-50 m/min a 250 m/min para las operaciones de torneado y fresado de acero. Durante tres décadas, el carburo de tungsteno experimentó una gran evolución, convirtiéndose, poco a poco, en menos especializado y más ubicuo. Lo que se consideraba un tamaño de grano fino en una década, dejó de considerarse tan fino en la siguiente.

## MARCADA PARA EL ÉXITO

*Sandvik* ha estado implicada en la fabricación de productos de metal duro desde 1932. El nombre de la marca *Coromant* se creó en 1942, tras la colaboración con *Luma-lampan*, Federación Cooperativa. Inicialmente, se desarrollaron los aceros para las brocas enterizas de punta de metal duro y, un año después, se fabricaron las primeras herramientas de corte de metal duro.

En 1950, *Sandvik Coromant* estaba desarrollando calidades de metal duro para las primeras plaquitas intercambiables del mercado. Estas llamadas plaquitas de usar y tirar se parecían a las herramientas soldadas, excepto en que el metal duro estaba asegurado en el alojamiento del soporte por un elemento de sujeción en lugar de por soldadura. Cuando el filo de corte se desgastaba, se disponía de un nuevo filo, simplemente, girando o reglando la plaquita.

1950 también fue testigo de la incorporación de los materiales cerámicos (alúmina) para las plaquitas de las herramientas de corte. Estos nuevos materiales permitían mecanizar a velocidades de hasta 610 m/min. Pero, las primeras plaquitas eran muy quebradizas y poco tenaces. Al final, no consiguieron ofrecer la fiabilidad exigida por el sector industrial y el carburo de tungsteno siguió siendo la calidad dominante del mercado. Hasta tal punto que *Sandvik Coromant* introdujo sus primeras calidades "*premium*" de carburo de tungsteno a lo largo de 1960, a la vez que el consumo global de carburo superó las 10.000 toneladas al año por primera vez.

No obstante, la cerámica no acabó en la pila de desechos, sino que en unos pocos años se introdujeron alúminas nuevas de mayor resistencia y composites de alúmina mezclados con partículas cerámicas de titanio de metal duro. Los "*cermets*", como se llaman hoy, son materiales *composites* de cerámica y de metal. Fueron diseñados para ofrecer las mejores propiedades de la cerámica, como la resistencia a las altas temperaturas, y la dureza de las placas de metal, como la gran resistencia a la deformación plástica.

## LA DÉCADA DE REFERENCIA

Los '60 fueron la década de referencia por muchas razones. Por ejemplo, en 1961, se introdujo por primera vez la plaquita para tornear *Knux* de *Sandvik Coromant*, convirtiéndose en un éxito de ventas durante hasta 30 años. Al mismo tiempo, aparecieron las primeras herramientas de corte basadas en nitruro de boro cúbico (CBN), el segundo material más duro disponible después del diamante. La utilidad del CBN proviene de su insolubilidad en hierro, níquel y aleaciones relacionadas con ellos a altas temperaturas, mientras que el diamante es soluble en estos metales. El CBN encontró una aplicación casi exclusiva en el torneado de aceros templados. Las calidades de CBN son composites cerámicos con un contenido del 40-65% de




*Plaquita de metal duro*

CBN. El aglomerante cerámico añade resistencia al desgaste al CBN, que tiende al desgaste químico. Otro grupo de calidades son las de alto contenido en CBN, que contienen entre un 85% y un 100% de CBN. Estas calidades pueden contener un aglomerante metálico para incrementar su tenacidad.

A mediados de 1960, comenzaron las primeras investigaciones relativas a la aplicación de una fina capa de recubrimiento en las herramientas de metal duro, a través de un proceso de alta temperatura basado en la deposición química de vapor (CVD). En 1969, *Sandvik Coromant* fue la primera en comercializar plaquitas de metal duro con recubrimiento (recubrimiento gamma – GC). Este recubrimiento era una fina capa (~5 µm de grosor) de carburo de titanio que optimizó la vida útil de la herramienta en una relación de 2 a 5. Además, ese mismo año fue testigo del lanzamiento de las primeras herramientas de corte específicas para máquinas de control numérico.

En lo referente a la innovación, 1970 no se quedó atrás. Por ejemplo, durante este periodo, se desarrolló un material de herramienta basado en nitruro de silicio (Si3N4). Frente a las cerámicas de alúminas simples, las herramientas cerámicas Si3N4 ofrecieron una mayor resistencia a la rotura ante choques mecánicos y térmicos debido a su mayor resistencia a la flexión, tenacidad y conductividad.



*Insertos cerámicos con mucha mayor resistencia al calor comparados con el carburo*

A principios de 1970, también vio la luz el *Sialon*, un material cerámico para herramientas de corte. La presión en caliente y la sinterización de una mezcla de polvos de Si3N4 y Al2O3 ofrecían a esta excelente herramienta de composites cerámicos una gran dureza en caliente, gran tenacidad y alta resistente al desgaste. Además, *Sandvik Coromant* introdujo, por primera vez en esta década, barreras térmicas de óxido de aluminio en las plaquitas.

## PERIODO DE AUGE

Los años anteriores a la globalización representaron la era dorada para el corte del metal en las economías occidentales. Un estudio realizado a principios de 1970 estimó que había unos 2.692.000 de máquinas-herramientas sólo en EEUU, con un coste de explotación anual de 64 mil millones de dólares. Por este motivo, el uso de innovadoras herramientas de corte para reducir los costes fue el objetivo principal de todos los talleres del mundo. Para 1978, los productos de metal duro de *Sandvik Coromant* suponían la mitad de las ventas del grupo *Sandvik*.

Los metales duros combinan la dureza en caliente y la resistencia de los carburos metálicos (WC, TiC, TaC) o nitruros de carbono (p. ej. TiCN), con la tenacidad y plasticidad de un aglomerante de aleación metálica (Co, Ni, Fe), donde las partículas duras se distribuyen uniformemente para crear composites metálicos. Incluso a día de hoy, debido a sus excelentes propiedades de corte, estas calidades tienen una sólida posición en la industria de las herramientas.

Entre tanto, los materiales cerámicos y cermets siguieron suponiendo una elección de herramienta de corte alternativa para determinadas aplicaciones. El nitruro de silicio de alta tenacidad, la alúmina de tenacidad incrementada y la alúmina reforzada con triquitas de carburo de silicio aparecieron a finales de 1970, principios de 1980.

1980 fue testigo de la introducción de varios tipos de herramienta de tanto éxito que incluso a día de hoy existen generaciones modificadas y optimizadas de las mismas. Por ejemplo, en 1981, *Sandvik Coromant* lanzó por primera vez la broca Delta, de mayor capacidad que las brocas helicoidales convencionales, y, tres años más tarde, introdujo la primera T-Max U-lock para el torneado de roscas. Asimismo, en 1980 llegó una tenacidad incrementada para sustratos de mayor gradiente funcional.

## LOS AÑOS DEL DIAMANTE

Por lo que probablemente más se recuerden los años 80 es por ser testigo de las primeras herramientas de corte con base de diamante, utilizadas en una amplia gama de aplicaciones de mecanizado. Esto supuso una nueva revolución en la historia del corte del metal. Las herramientas de diamante policristalino (PCD) se componen de una capa (0,5 a 1,5 mm) de grano fino, con partículas de diamante aleatoriamente orientadas, sinterizadas con un aglomerante apropiado (normalmente cobalto) y después aglutinadas metalúrgicamente en un sustrato como el metal duro o Si3N4.

El PCD presentaba una excelente resistencia al desgaste, filos agudos, baja fricción en el corte, alta tenacidad y buena conductividad térmica. Estas propiedades contribuían a prolongar la vida útil de las herramientas en las operaciones de mecanizado convencional o de gran velocidad, de materiales no férreos y no metálicos. Sin embargo, dada la alta solubilidad del diamante (carbono) en estos materiales, a altas temperaturas, no era un material indicado para el mecanizado de metales férreos.

Pero la euforia inicial en torno al PCD se vio ligeramente sofocada con el descubrimiento de sus desventajas. De hecho, aparte de los altos costes de herramienta, la presencia del aglomerante (cobalto) reducía la resistencia al desgaste y la estabilidad térmica.

La respuesta llegó a principios de 1990 con la introducción de las herra-



mientas de metal duro con recubrimiento de diamante. Estas capas de diamante, de un grosor habitual de hasta 200 µm, se producían con el método CVD y pronto ganaron popularidad entre plaquitas, brocas, escariadores y fresas de ranurar por igual. Frente a las herramientas de PCD, las ventajas de las herramientas con recubrimiento de diamante incluían el hecho de que no contenían aglomerante, ofreciendo así una mayor resistencia térmica y al desgaste.

## INNOVACIÓN CONSTANTE

Otro gran paso en la tecnología de las herramientas de corte tuvo lugar en los '90 y llegó en la forma de un nuevo tipo de plaquita intercambiable para operaciones de acabado. Las plaquitas "*wiper*" con geometría especial se introdujeron para ofrecer a las piezas de trabajo un buen acabado, incluso a velocidades de avance superiores a las convencionales. De hecho, al utilizar las plaquitas "*wiper*" modernas, el avance por vuelta puede incrementarse, aproximadamente, hasta cuatro veces, a la vez que se mantiene una buena calidad superficial.

El nuevo milenio trajo muchos avances pioneros en el campo de las herramientas de corte para las súperaleaciones termorresistentes y los composites; otras innovaciones incluyen el sistema de fresado de cabeza intercambiable CoroMill 316 y las herramientas de metal duro con refrigerante de alta presión integrado. El año pasado, Sandvik Coromant presento GC4325, una calidad de nueva generación con recubrimiento de metal duro para el torneado de acero. Esta innovación en material de herramienta ofrece un mayor potencial para el incremento de las velocidades de corte y una vida útil de herramienta más prolongada y predecible.La premisa para los desarrollos en herramientas de corte siempre ha sido la misma: deben ser más duras que los materiales de las piezas mecanizadas para resistir así el calor generado y ofrecer buena vida útil. Los siguientes 150 años serán testigo de tanta innovación como estas últimas décadas, si no más.



*CoroTurn HP para materiales HRSA con dispositivo refrigerante*