

MECANIZADO EN SECO. Taladrado.

Mariano Jiménez Calzado
Victorino Sandes Villalta

Analizando las tendencias actuales de la fabricación por arranque de material, coincidimos en que la evolución del mecanizado por arranque de viruta se concentra principalmente alrededor de las siguientes áreas de acción:

- *Desarrollo de materiales de herramienta.*
- *Mejor conocimiento de los mecanismos de formación de la viruta y del desgaste de la herramienta.*
- *Desarrollo de las máquinas-herramienta y el entorno de mecanizado.*

Dentro del entorno de mecanizado nos olvidamos con frecuencia de la incidencia del fluido de corte (refrigerante-lubricante) en el proceso de arranque de material. Los técnicos de fabricación saben que el empleo correcto del fluido de corte permite un gran rendimiento de la herramienta, aumenta su vida y fiabilidad, mejora el acabado superficial, incrementa el volumen de viruta arrancado y evita la corrosión.

Pero también son conscientes de que en estos momentos los refrigerantes están generando una serie de problemas económicos y ecológicos que podrían resumirse en:

- *Alto coste de su mantenimiento, manipulación, evacuación y posterior tratamiento o reciclaje. Se requiere la utilización de técnicas de mantenimiento continuo e inspección para controlar la polución, microorganismos y cambios en la concentración de cara a mantener el fluido de corte bajo control y aumentar su vida de servicio.*
- *Alto impacto ambiental, ya que los residuos son realmente peligrosos para el medio ambiente. El consumo en Europa fue en 1995 de 12,3 Mtn con una generación de residuos creciente en ese mismo año de 1,6 Mtn.*
- *Enfermedades laborales: de la piel y problemas respiratorios.*
- *Modificación del coste industrial por ausencia laboral y alergias (recolocaciones).*
- *Aumento del coste de empresa por primas de seguro y programas de rehabilitación.*

No nos olvidemos de la legislación de protección del medio ambiente, cuya exigencia en la reducción de residuos es cada vez mayor.

Ante la necesidad de crear estrategias de mecanizado que conlleven la reducción del fluido de corte, la primera propuesta nos llega a través de algunos fabricantes de herramientas de corte que han apostado por el desarrollo de nuevas calidades de material y geometrías de corte capaces de trabajar en seco o con lubricación mínima, consiguiendo superar los problemas de corte que aparecen ante la ausencia de refrigerante-lubricante.

Las variables que inciden en el proceso de mecanización en seco compuesto por el conjunto máquina-pieza-herramienta, son las que se muestran en la figura 1. Esta claro que la utilización de esta estrategia de mecanizado, nos obliga a conseguir una respuesta a esos condicionantes, que permita un rendimiento adecuado del proceso de corte. En este primer artículo vamos a centrarnos en el proceso de taladrado en seco para posteriormente analizar la problemática que se produce en el roscado con macho.



Fig. 1

Taladrado en seco.

El proceso de taladrado se compara con el del torneado y fresado, pero con otras limitaciones en cuanto a la rotura de la viruta y su evacuación, que en el taladrado es más severa. En el taladrado la profundidad del agujero nos incide en la evacuación de la viruta, en la calidad superficial y dimensional y por supuesto en el régimen de arranque.

Si analizamos brevemente el proceso de taladrado podemos comprobar como en la zona de corte se producen grandes esfuerzos de fricción y altas temperaturas, lo que provoca problemas de desgaste del filo de corte y, por lo tanto, una reducción de la vida de la broca y un deficiente acabado superficial. No nos olvidemos de factores auxiliares como la rotura y evacuación de la viruta, que en la mayoría de las operaciones resultan clave para el correcto desarrollo de la operación de corte.

Desarrollo y disipación del calor en el mecanizado de metal

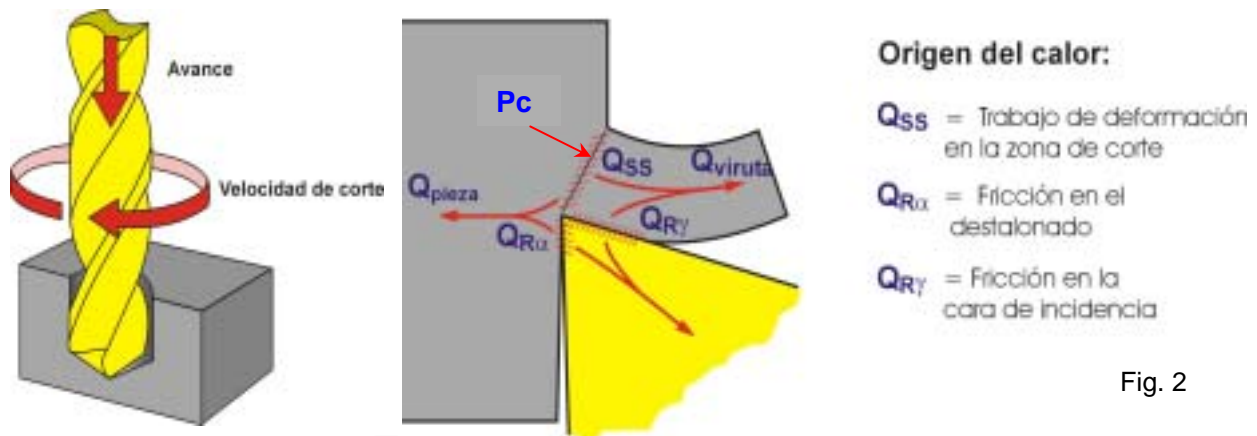


Fig. 2

La formación de la viruta está influida por el material de la pieza, geometría de la herramienta, velocidad de corte, avance y elección del refrigerante-lubricante. La modificación de la velocidad de corte y el avance nos permite variar el tipo de viruta de cara a una fácil evacuación.

El efecto lubricante del fluido de corte disminuye el rozamiento entre la viruta y el filo, mientras que el efecto refrigerante disminuye el calor generado. La longitud del plano de deslizamiento, P_c , afecta a la cantidad de calor generado. Esta disminución del rozamiento aumenta el ángulo de deslizamiento y disminuye la longitud del plano de deslizamiento, con lo que se genera menor cantidad de calor (figura 2).

Por lo tanto, no hay ninguna duda de la influencia del fluido de corte a la hora de disminuir la fricción y la adhesión además de controlar la temperatura hasta límites donde el desgaste principalmente por filo de aportación, nos provoca una rápida reducción de la vida del filo de corte y el deficiente acabado superficial.

La pregunta es ¿podemos conseguir ese control sobre el desgaste, el acabado superficial y la evacuación de la viruta renunciando al fluido de corte?. La respuesta está todavía en evolución, ya que en algunas operaciones de mecanizado sí lo conseguimos y en otras todavía no, es decir, el desarrollo de nuevas geometrías de corte y nuevos recubrimientos nos permiten en ausencia de refrigerante controlar los efectos tradicionales de desgaste y acabado, pero también es cierto que aparecen efectos secundarios que requieren también de una cierta atención y del desarrollo del entorno formado por las relaciones entre máquina-pieza-herramienta.

En el caso del taladrado en seco, se ha comprobado que los problemas que aparecen son (figura 3):

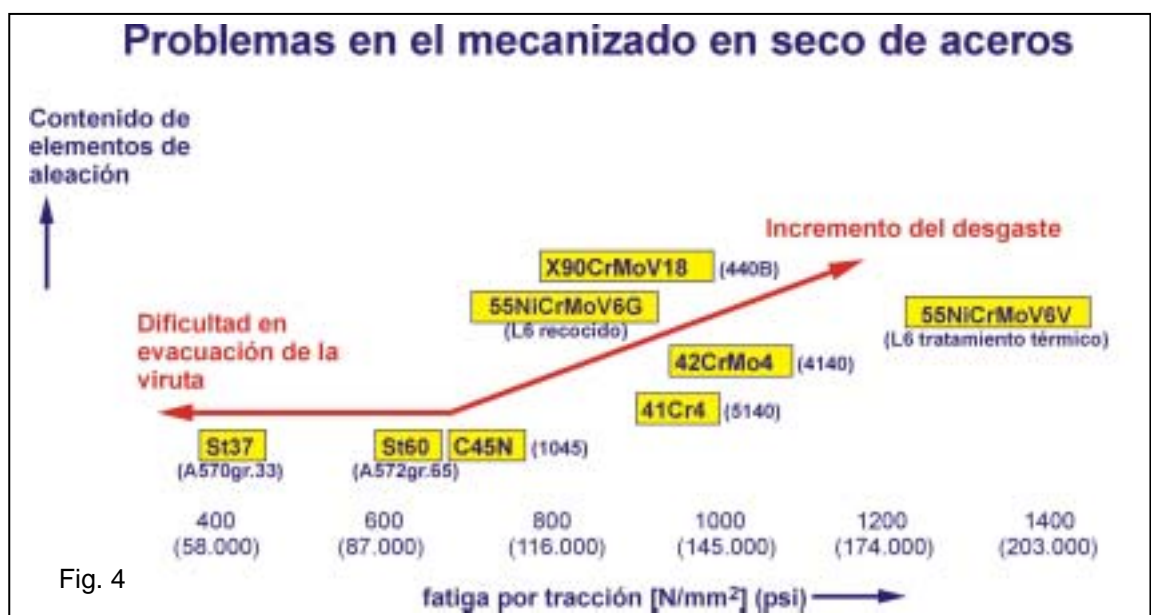
Margenes: La fricción se convierte en adhesión.

Esquina de corte. Soldado en frío. Alta temperatura del filo que genera desgaste por difusión y deformación plástica.

Viruta: Fricción entre el labio y la pared del agujero, que afecta al transporte de la viruta. Alta temperatura de la viruta que afecta a su control.



Concretamente en el caso del mecanizado en seco de aceros, figura 4, el incremento del desgaste y la dificultad en la evacuación de la viruta, son los dos problemas clave a los que se debe hacer frente. La clave la proporciona el contenido de los elementos de aleación y la fatiga por tracción del material a mecanizar. Estas parecen ser las variables consideradas en el desarrollo de las nuevas herramientas, tanto en los materiales como en su diseño.



En el proceso de taladrado en seco, en comparación con el refrigerado, sabemos que desciende en gran medida la profundidad de taladrado que se puede conseguir con las brocas convencionales debido al incremento de fricción de las virutas en las ranuras de la broca y en la pared del agujero. El obligado control de la temperatura a partir del esfuerzo de corte producido, ha provocado diseños que responde a esta doble demanda, consiguiendo un equilibrio entre el esfuerzo y la profundidad de corte. En las figura 5 y 6, podemos observar este equilibrio.



En cuanto a las nuevas geometrías comentamos a continuación las características funcionales de alguno de los últimos diseños, figuras 7 y 8.

Broca de metal duro, diseño 3 labios.

Es una broca caracterizada por sus tres filos de corte, utilizada para el mecanizado de aluminio, fundición y otros metales no ferreos.

Características:

- *Buen centrado.*
- *Fuerzas de avance bajas por el diseño de la punta.*
- *Gran eliminación de viruta.*
- *Consigue tolerancias "H".*
- *Mango estandar (DIN 6535 He, Whisistle Notch).*
- *Facilidad de reafilado.*
- *Profundidad de hasta 5 x D.*
- *Gama de diámetros de 3 a 16 mm.*

Su diseño se basa en:

- *Metal duro de grano fino K30F.*
- *3 facetas que proporcionar un excelente rendimiento.*
- *Geometría especial en la punta, 130 ° punta y 30 ° en la hélice.*
- *Ajuste de la superficie de corte en m7.*

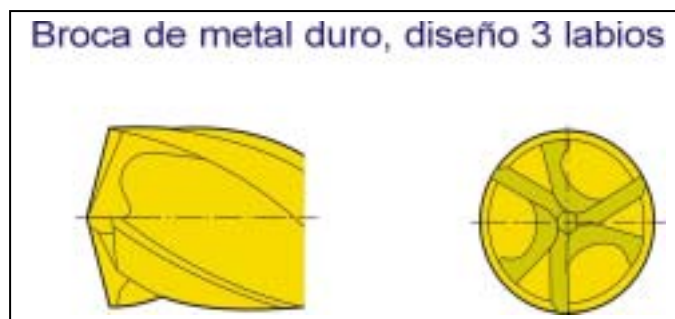


Fig. 7

Broca de metal duro, diseño UFL.

Es una broca caracterizada por su geometría basada en una punta con diseño UFL, donde una superficie especial envuelve la zona de corte, protegiendo el filo. La faceta rectificadora de la punta elimina el filo transversal y estabiliza el centro de acción del corte de la broca. Es utilizada para el mecanizado de acero, fundición y metales no ferreos.

Características:

- *Gran eliminación de viruta.*
- *Consigue tolerancias "H".*
- *Mango estandar (DIN 6535 He, Whisistle Notch).*

- Máximas profundidades de hasta 6 x D.
- Gama de diámetros de 3 a 12 mm.

Su diseño se basa en:

- Metal duro de grano fino K30F.
- Recubrimiento TiAlN.
- Geometría UFL, ángulo de punta, 140 ° punta y 40 ° en la hélice.
- Ajuste de la superficie de corte en m7.

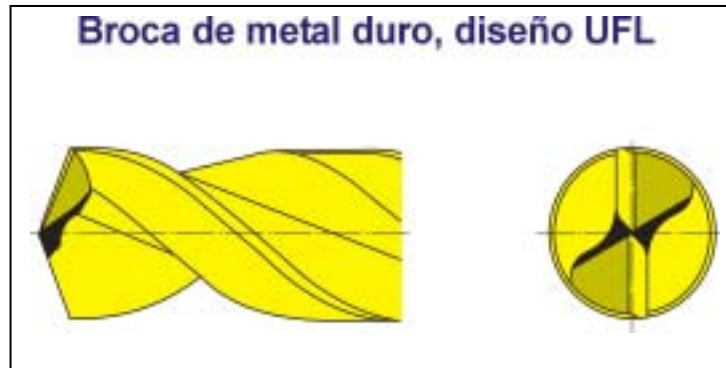


Fig. 8

El carburo sinterizado o metal duro, es en este caso el que mejor responde a los requisitos de esfuerzo (dureza) y de resistencia al desgaste. Pero no es suficiente, así que se debe acudir a los recubrimientos, que juegan un papel esencial en el taladrado en seco. Entre los recubrimientos para herramientas de corte, en el caso del taladrado en seco dentro del procedimiento PVD, el más utilizado es (Ti,Al)N, ya que sus propiedades principales son (figura 9):

| | |
|-------------------------------------|---------|
| Micro dureza HV 0,05 (20°C) | 3000 |
| Tensión residual, N/mm ² | 1500 |
| Factor de fricción vs acero | 0,4-0,5 |
| Conductividad térmica, kW/mK | 0,05 |

| Recubrimientos de PVD | | | | | |
|---------------------------------|-----------------------|-------|-----------------------------|---------------------|-----------------------------|
| Propiedades mecánicas y físicas | | | | | |
| Dureza (HV) | Espesor μm | Color | Factor de fricción vs acero | Rango de aplicación | |
| TiN | 2300 | 1 - 4 | oro | 0,4 | Uso general |
| TiCN | 3000 | 1 - 4 | azul | 0,3 | Uso general |
| TiAlN | 2700 - 3500 | 1 - 4 | marrón/violeta | 0,5 | Fundición, aceros abrasivos |

Fig. 9

Y como ejemplo basta analizar la comparativa que se muestra a continuación (figura 10):

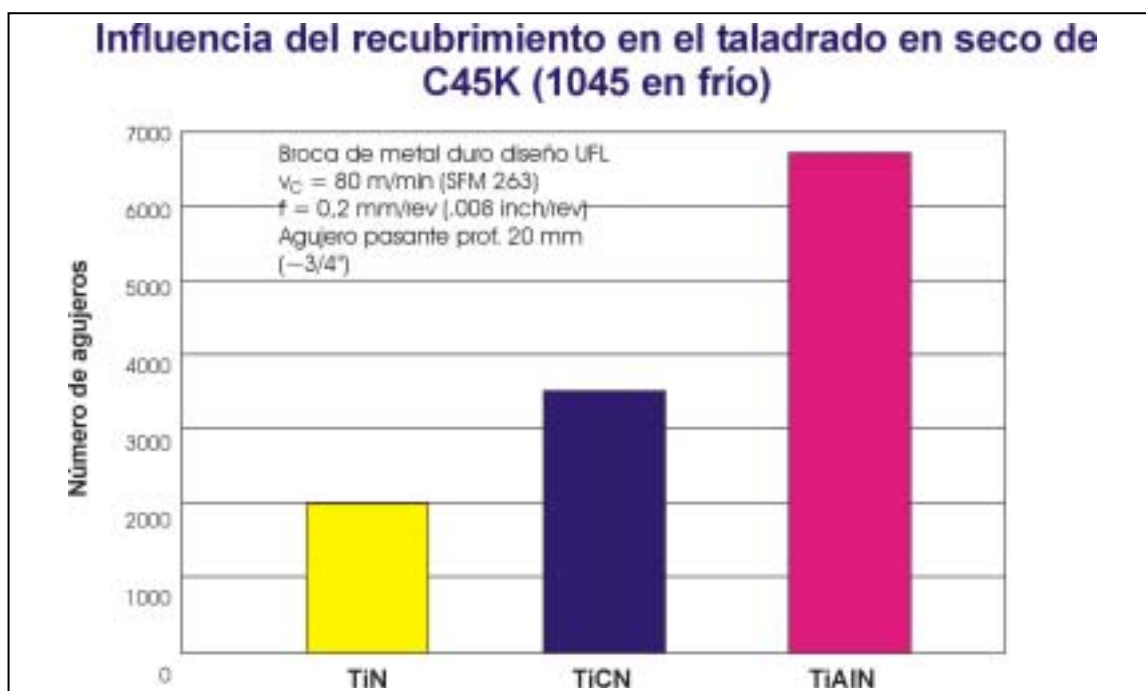


Fig. 10

EJEMPLOS de APLICACIÓN.

CASO 1

Taladrado en seco de acero Ck 45 (SAE 1045).
Agujero ciego de 20 mm de profundidad y 6,8 de diámetro.
Datos de corte: $V_c=80 \text{ m/min.}$, $f= 0.2 \text{ mm/rev.}$
Vida de la herramienta = 5500 agujeros.
Vida total de la herramienta en metros = 110 m.

CASO 2

Taladrado en seco de fundición nodular C 45 (Fe SG) GGG 60.
Agujero ciego de 21 mm de profundidad y 6 de diámetro.
Datos de corte: $V_c=65 \text{ m/min.}$, $f= 0.24 \text{ mm/rev.}$
Vida de la herramienta = 8000 agujeros.
Vida total de la herramienta en metros = 168 m.

En definitiva, el taladrado en seco puede proporcionar una serie de ventajas que hay que analizar en función de los inconvenientes que también representa su utilización como estrategia de mecanizado (tabla 1)

TABLA I

| Taladrado en seco | | ▶ Ventajas / Desventajas |
|---|--|--|
| Ventajas: | | Desventajas: |
| ■ Menor coste de energía, agua y recursos | | ■ Coste de la herramienta ligeramente mayor |
| ■ Reducción de los costes por residuos | | ■ Mecanizado en seco no apropiado para todos los materiales, en alguno aparece filo de aportación. |
| ■ Menor riesgo para la salud de los operarios | | ■ Incremento de la temperatura en el filo y pieza, disminuyendo con una mayor velocidad de corte. |
| ■ Igual rendimiento que el taladrado | | ■ Peor evacuación de viruta y acabado superficial. |

CONCLUSIONES.

- Un factor que deben tener en cuenta todas las empresas con unidades de producción es su responsabilidad en el deterioro del medio ambiente, esto implica la implantación de sistemas de medición del impacto de su actividad sobre el entorno, lo cual puede suponer un aumento de sus costes.
- El taladrado en seco es una solución a este problema tanto desde el punto de vista medio ambiental como económico. No hay duda sobre las posibilidades que tiene esta nueva forma de resolver los problemas derivados del empleo del fluido de corte cuando mecanizamos, sobre todo por su repercusión en la reducción de residuos y costes que en la mayoría de los casos varía entre el 5% y el 18% del coste de fabricación del producto, manteniendo los niveles de productividad establecidos.
- La constante evolución de los materiales y diseños de geometrías de corte, hacen que el taladrado en seco de aceros, fundiciones y aleaciones de aluminio, este superado esa limitación inicial impuesta por las exigencias de acabado superficial y evacuación de viruta.

Bibliografía.

[1] Calvo Gómez, J – Corte Ecológico y competitivo de metales y aleaciones. IMHE. Septiembre 2000.

[2] El mecanizado moderno. Sandvik Coromant.