



SANDVIK
Coromant

Formación Manual

TECNOLOGÍA DE MECANIZADO DE METAL



Manual de formación en tecnología de mecanizado de metal

Este manual será su principal fuente de información durante toda la formación en tecnología de mecanizado de metal de Sandvik Coromant y también podrá resultarles de utilidad como referencia para futuras tareas.

Fórmese con nosotros

Amplíe sus conocimientos con nuestros programas de formación. Ofrecemos formación, tanto básica como avanzada, en nuestros centros repartidos por todo el mundo, lo que le permitirá combinar la teoría y la práctica utilizando equipamiento y máquinas de última generación.

Visite sandvik.coromant.com para consultar la programación de actividades y registrarse.



© AB Sandvik Coromant 2017.11
www.sandvik.coromant.com
Todos los derechos reservados.

No está permitido reproducir, almacenar en ningún sistema de recuperación de datos ni transmitir de ninguna forma y por ningún medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) ninguna parte de esta publicación sin el consentimiento previo de Sandvik Coromant.

Torneado

Teoría	A 4
Procedimiento de selección	A 12
Información general del sistema	A 16
Elección de plaquitas	A 22
Elección de herramientas	
- Exterior	A 49
- Interior	A 54
Clave de códigos	A 64
Resolución de problemas	A 68

Tronzado y ranurado

Teoría	B 4
Procedimiento de selección	B 7
Información general del sistema	B 11
Tronzado y ranurado, aplicación	B 16
- Tronzado	B 22
- Ranurado general	B 26
- Ranurado de circlips	B 28
- Ranurado frontal	B 29
- Perfilado	B 32
- Torneado	B 34
- Desahogo	B 36
Resolución de problemas	B 37

Roscado

Teoría	C 4
Procedimiento de selección	C 9
Información general del sistema	C 13
Aplicación	C 19
Resolución de problemas	C 24
Roscado con macho	C 28

Fresado

Teoría	D 4
Procedimiento de selección	D 9
Información general del sistema	D 13
Elección de plaquitas: aplicación	D 24
Elección de herramientas: aplicación	D 29
Resolución de problemas	D 36

Taladrado

Teoría	E 4
Procedimiento de selección	E 15
Información general del sistema	E 20
Aplicación	E 26
Calidad del agujero y tolerancia	E 38
Resolución de problemas	E 43

Mandrinado

Teoría	F 4
Procedimiento de selección	F 8
Información general del sistema	F 13
Elección de herramientas	F 16
Aplicación	F 22
Resolución de problemas	F 27

Soporte de la herramienta

Historia y antecedentes	G 4
Por qué herramientas modulares	G 8
Centros de torneado	G 16
Centros de mecanizado	G 25
Máquinas multitarea	G 30
Portapinzas	G 35

Maquinabilidad

Material de la pieza	H 4
Fabricación de metal duro	H 18
Filo	H 29
Material de la herramienta de corte	H 40
Desgaste y mantenimiento de la herramienta	H 52

Otros datos

Economía de mecanizado	H 63
ISO 13399: la norma de la industria	H 78
Fórmulas y definiciones	H 81
Formación online	H 92



Torneado

El torneado genera formas cilíndricas y redondeadas con una herramienta de un solo filo. En la mayoría de los casos, la herramienta es estacionaria y la pieza es la que gira.

• Teoría	A 4
• Procedimiento de selección	A 12
• Información general del sistema	A 16
• Elección de plaquitas: aplicación	A 22
• Elección de herramientas: aplicación	
- Exterior	A 49
- Interior	A 54
• Clave de códigos	A 64
• Resolución de problemas	A 68

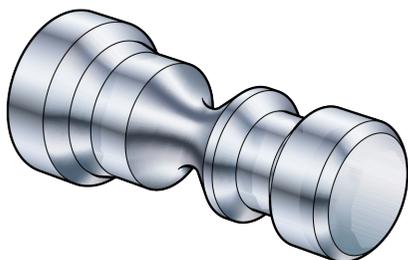
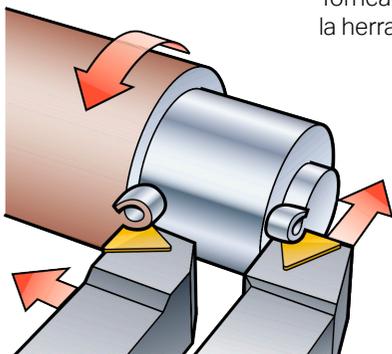
Operaciones de torneado general

El torneado es la combinación de dos movimientos: el de rotación de la pieza y el de avance de la herramienta.

El movimiento de avance de la herramienta puede ser paralelo al eje de rotación de la pieza, lo que implica que el diámetro de la pieza se verá reducido por el mecanizado. También es posible que la herramienta avance hacia el centro (refrentado) en el extremo de la pieza.

A menudo, el avance es una combinación de estas dos direcciones y el resultado es una superficie cónica o curvada.

Torneado y refrentado como movimientos axial y radial de la herramienta.

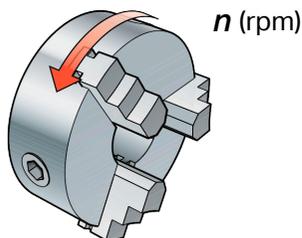


Tres operaciones habituales de torneado:

- Torneado longitudinal
- Refrentado
- Perfilado

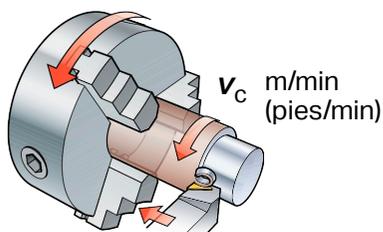
Definiciones

Velocidad del husillo



La velocidad del husillo en rpm (revoluciones por minuto) es la velocidad de rotación del plato y de la pieza.

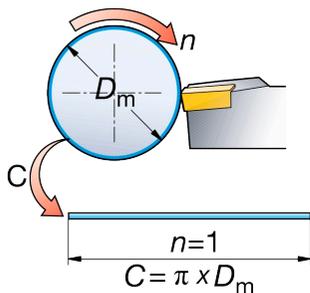
Velocidad de corte



La velocidad de corte es la velocidad superficial, m/min (pies/min), a la que se desplaza la herramienta por la superficie de la pieza en metros por minuto (pies/minuto).

Definición de velocidad de corte

La velocidad de corte (v_c) se calcula en función del diámetro, pi (π) y la velocidad del husillo (n) en revoluciones por minuto (rpm). La circunferencia (C) es la distancia que recorre el filo en cada revolución.



v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)
 D_m = diámetro mecanizado, mm (pulg.)
 n = velocidad del husillo, (rpm)
 C = circunferencia, $\pi \times D_m$ mm (pulg.)
 π (pi) = 3,14

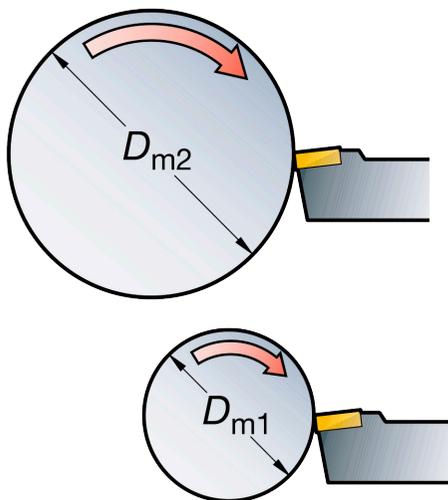
Métrico

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Pulg.

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ pies/min}$$

Cálculo de la circunferencia (C)



- Circunferencia = $\pi \times$ diámetro
- π (pi) = 3,14

Ejemplo:

$$D_{m2} = 100 \text{ mm (3.937 pulg.)}$$

$$C = 3,14 \times 100 \\ = 314 \text{ mm}$$

$$C = 3,14 \times 3,937 \\ = 12,362 \text{ pulg.}$$

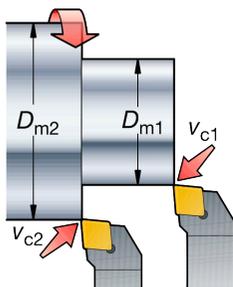
$$D_{m1} = 50 \text{ mm (1,969 pulg.)}$$

$$C = 3,14 \times 50 \\ = 157 \text{ mm}$$

$$C = 3,14 \times 1,969 \\ = 6,183 \text{ pulg.}$$

Ejemplo de cálculo de la velocidad de corte

La velocidad de corte varía en función del diámetro de la pieza.



Dados:

Velocidad del husillo, $n = 2000$ rpmDiámetro, $D_{m1} = 50$ mm (1,969 pulg.)Diámetro, $D_{m2} = 80$ mm (3,150 pulg.)

Métrico

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3,14 \times 50 \times 2000}{1000} = 314 \text{ m/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3,14 \times 80 \times 2000}{1000} = 502 \text{ m/min}$$

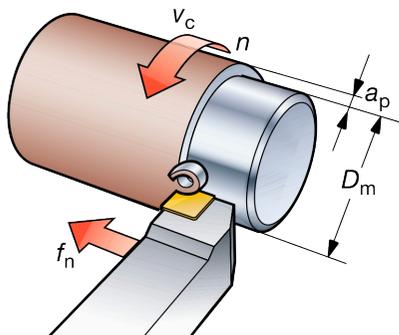
Pulg.

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ pies/min}$$

$$v_{c1} = \frac{3,14 \times 1,969 \times 2000}{12} = 1030 \text{ pies/min}$$

$$v_{c2} = \frac{3,14 \times 3,150 \times 2000}{12} = 1649 \text{ pies/min}$$

Definiciones



- n = velocidad del husillo (rpm)
- v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)
- f_n = avance, mm/r (pulg./r)
- a_p = profundidad de corte, mm (pulg.)
- KAPR = ángulo de posición
- PSIR = ángulo de inclinación

Velocidad del husillo

La pieza gira en el torno, a una velocidad de husillo determinada (n), a un cierto número de revoluciones por minuto (rpm).

Velocidad de corte/superficial

La velocidad de corte (v_c) en m/min (pies/min) a la que pasa por el filo la parte exterior del diámetro de la pieza mecanizada.

Avance

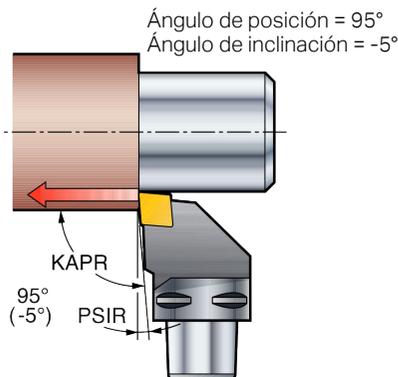
El avance (f_n) en mm/r (pulg./r) es el movimiento de la herramienta en relación a la pieza que está girando. Se trata de un valor clave para determinar la calidad de la superficie que se está mecanizando y para garantizar que la formación de viruta esté dentro del alcance de la geometría de la herramienta. Este valor influye, no solo en el grosor de la viruta, sino también en cómo se forma esta contra la plaquita.

Profundidad de corte

La profundidad de corte (a_p) en mm (pulg.) es la mitad de la diferencia entre el diámetro sin cortar y el diámetro cortado de la pieza. La profundidad de corte siempre se mide en ángulos rectos en relación a la dirección de avance de la herramienta.

Ángulo de posición KAPR, ángulo de inclinación PSIR

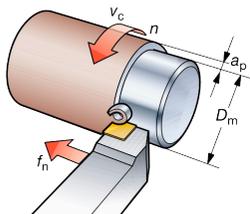
La aproximación del filo a la pieza se define mediante el ángulo de posición (KAPR), que es el ángulo entre el filo y la dirección del avance. También puede expresarse como ángulo de inclinación (PSIR), el ángulo entre el filo y la superficie de la pieza. El ángulo de posición es importante para la selección básica de la herramienta de torneado correcta para cada operación.



Cálculo de los datos de corte

Velocidad de corte

Ejemplo de cómo se calcula la velocidad del husillo (n) a partir de la velocidad de corte (v_c).



Dados:

Velocidad de corte, $v_c = 400$ m/min (1312 pies/min)

Diámetro $D_m = 100$ mm (3,937 pulg.)

Métrico

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \quad \text{r/min}$$

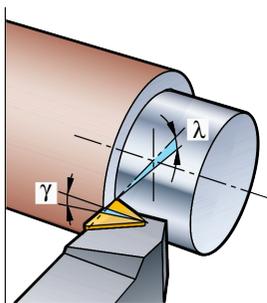
$$n = \frac{400 \times 1000}{3.14 \times 100} = 1274 \text{ r/min}$$

Pulg.

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m} \quad \text{r/min}$$

$$n = \frac{1312 \times 12}{3.14 \times 3.937} = 1274 \text{ r/min}$$

Ángulos de inclinación y de desprendimiento



las vibraciones y la formación de viruta.

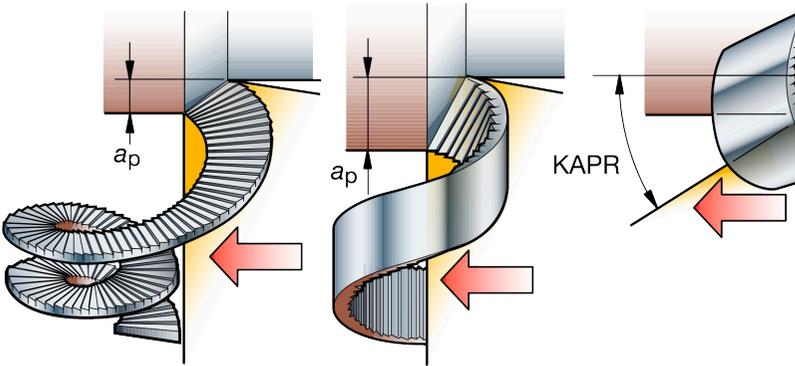
Ángulo de inclinación

El ángulo de inclinación lambda (LAMS) es el ángulo en que se coloca la plaquita en el portaherramientas. Una vez montada, la geometría de la plaquita y su inclinación en el portaherramientas determinarán el ángulo de corte resultante para el filo.

Ángulo de desprendimiento

El ángulo de desprendimiento gamma (GAMO) es una dimensión del filo en relación con el corte. El ángulo de desprendimiento de la plaquita en sí mismo es normalmente positivo y la cara de incidencia tiene forma de radio, chaflán o faceta y afecta a la robustez de la herramienta, el consumo de potencia, la capacidad de acabado de la herramienta, la tendencia a

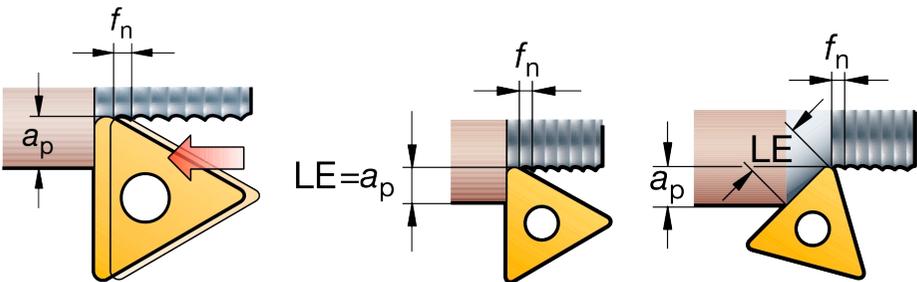
Profundidad de corte y formación de viruta



La profundidad de corte (a_p) es la longitud de filo que penetra en la pieza.

La formación de viruta varía con la profundidad del corte, el ángulo de posición (inclinación), el avance, el material y la geometría de la plaquita.

Velocidad de avance y longitud de filo eficaz



Velocidad de avance

La velocidad de avance (f_n) es la distancia que recorre el filo a lo largo del corte en cada revolución.

Longitud de filo

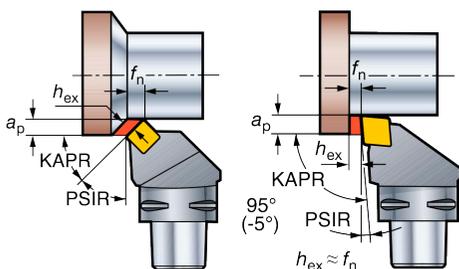
La longitud efectiva de filo (LE) está relacionada con la profundidad de corte y el ángulo de posición (inclinación).

Selección de la forma de la plaquita, el ángulo de posición (inclinación) y el grosor de la viruta

El ángulo de posición KAPR (ángulo de inclinación PSIR) de la herramienta y el radio de punta RE de la plaquita afectan a la formación de la viruta, ya que modifican su sección transversal.

Con un ángulo de posición menor o un ángulo de inclinación mayor, el grosor de la viruta se reduce y el ancho aumenta.

La dirección de salida de la viruta también cambia.



$$\text{KAPR} = 45^\circ$$

$$\text{PSIR} = 45^\circ$$

$$h_{ex} \approx f_n \times 0.71$$

Ángulo de posición KAPR (ángulo de inclinación PSIR)

- Queda definido por la combinación del alojamiento de la punta del porta-herramientas con la forma de la plaquita seleccionada.

Grosor de viruta máx. h_{ex}

- Se reduce en función de la velocidad de avance a medida que disminuye el ángulo de posición (o aumenta el ángulo de inclinación).

Ángulos de posición (inclinación) posibles según la forma de la plaquita



CNMG

Ángulo de posición KAPR:
95°

Ángulo de inclinación PSIR:
-5°



DNMG

Ángulo de posición KAPR:
107,5°, 93°, 62,5°

Ángulo de inclinación PSIR:
-17,5°, -3°, 27,5°



WNMG

Ángulo de posición KAPR:
95°

Ángulo de inclinación PSIR:
-5°



SNMG

Ángulo de posición KAPR:
45°, 75°

Ángulo de inclinación PSIR:
45°, 15°



RCMT

Ángulo de posición KAPR:
Variable

Ángulo de inclinación PSIR:
Variable



TNMG

Ángulo de posición KAPR:
93°, 91°, 60°

Ángulo de inclinación PSIR:
-3°, -1°, 30°



VNMG

Ángulo de posición KAPR:
117,5°, 107,5°, 72,5°

Ángulo de inclinación PSIR:
-27,5°, -17,5°, 17,5°

Efecto del ángulo de posición (ángulo de inclinación) sobre el grosor de la viruta

El grosor de viruta máximo h_{ex} se reduce en función de la velocidad de avance a medida que disminuye el ángulo de posición (o aumenta el ángulo de inclinación).

Ángulo de posición KAPR					
Ángulo de inclinación PSIR	95° -5°	75° 15°	60° 30°	45° 45°	90° mín. 0° máx.
Grosor de la viruta respecto al avance, mm (pulg.)	1	0.96	0.87	0.71	Variable
Longitud de contacto l_a , mm (pulg.) con a_p 2 mm (0,079 pulg.)	2 (.079)	2.08 (.082)	2.3 (.091)	2.82 (.111)	Variable

Cálculo del consumo de potencia

La potencia neta (P_c) requerida para el mecanizado de metal es importante sobre todo en operaciones de desbaste, donde es imprescindible que la máquina tenga la potencia suficiente para la operación. Se mide en kW o CV. El factor de eficiencia de la máquina también es muy importante.

Encontrará información sobre el valor de k_c en la página H 16.

n = velocidad del husillo (rpm)

v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

f_n = velocidad de avance, mm/r (pulg./r)

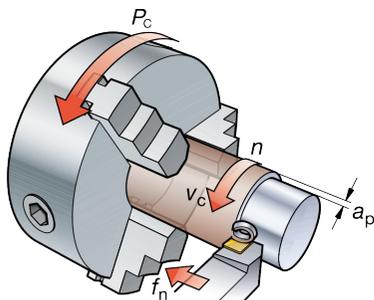
a_p = profundidad de corte, mm (pulg.)

k_c = fuerza de corte específica, N/mm² (lbs/pulg.²)

P_c = potencia neta, kW (CV)

kW = kilovatios

CV = caballos



$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \quad \text{kW}$$

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3} \quad \text{HP}$$

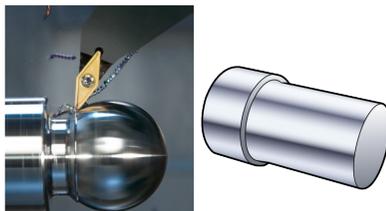
Procedimiento de selección

Proceso de planificación de la producción

1

Componente

Dimensiones y tipo de operación

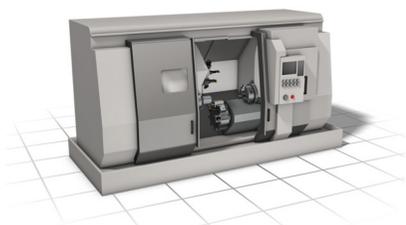


2

Máquina

Material de la pieza y cantidad

Parámetros de la máquina



3

Elección herramienta

Tipo herramienta torneado:

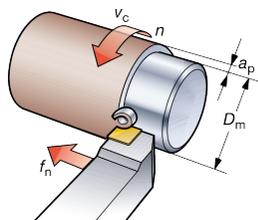
- Exterior/interior
- Longitudinal
- Refrentado
- Perfilado



4

Aplicación

Datos de corte, recorrido de la herramienta, etc.



5

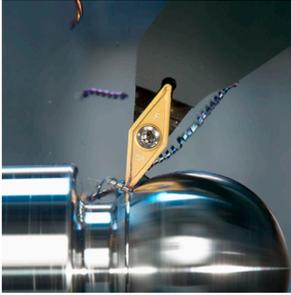
Resolución de problemas

Remedios y soluciones



1. Componente y material de la pieza

Parámetros que hay que tener en cuenta



Componente

- Analice las dimensiones y exigencias de calidad de la superficie que se va a mecanizar
- Tipo de operación (longitudinal, refrentado y perfilado)
- Exterior, interior
- Desbaste, mecanizado medio o acabado
- Recorridos de la herramienta
- Número de pasadas
- Tolerancias

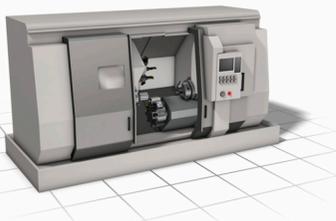
P	Acero
M	Acero inoxidable
K	Fundición
N	No ferrosos
S	Superalloys termorresistentes y titanio
H	Acero templado

Material

- Maquinabilidad
- Fundición o premecanizado
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.

2. Parámetros de la máquina

Estado de la máquina



Consideraciones importantes acerca de la máquina:

- Estabilidad, potencia y par, especialmente para diámetros grandes
- Sujeción de la pieza
- Posición de la herramienta
- Número de cambios de herramienta/número de herramientas en la torreta
- Limitaciones de velocidad del husillo (rpm), almacén del avance de barra
- ¿Dispone de husillo secundario o de contrapunto?
- Utilización de todo el soporte posible
- Facilidad de programación
- Presión de líquido de corte.

3. Elección de herramientas

Aplicación general: torneado con plaquitas rómbicas



Ventajas

- Versatilidad de funcionamiento
- Ángulo de posición grande
- Para torneado y refrentado
- Buena tenacidad en desbaste.

Desventajas

- Pueden producir vibraciones al tornear piezas delgadas.

Torneado con plaquitas Wiper



Ventajas

- Aumenta el avance y la productividad
- Utiliza la velocidad de avance normal y mejora la calidad superficial
- Incrementa la productividad.

Desventajas

- El filo de la plaquita ras-cadora Wiper no resulta eficaz para torneado inverso y perfilado.

Coromant: conceptos únicos en torneado



Ventajas

- Mejores datos de corte en el perfilado
- Mayor capacidad de tolerancia.



Ventajas

- Solución con varios filos
- Control de la viruta y vida útil predecible.

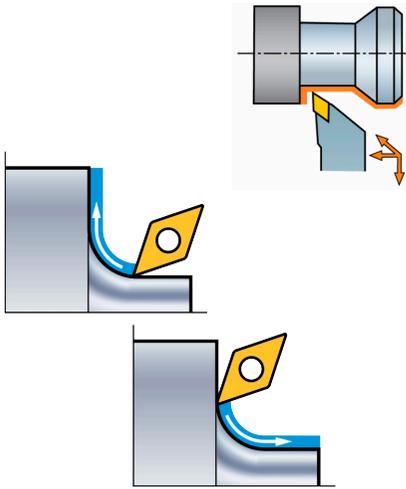


Ventajas

- Torneado en todas las direcciones
- Torneado eficiente y productivo.

4. Aplicación

Consideraciones importantes de aplicación



El recorrido de la herramienta tiene un impacto significativo en el proceso de mecanizado.

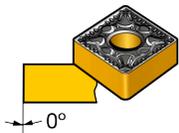
Influye sobre:

- el control de la viruta
- el desgaste de la plaquita
- la calidad superficial
- la vida útil de la herramienta.

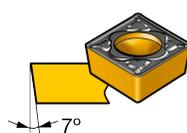
En la práctica, el portaherramientas, la geometría de la plaquita y su calidad, además del material de la pieza y el recorrido de la herramienta tienen una influencia considerable sobre el tiempo de ciclo y la productividad.

5. Resolución de problemas

Aspectos que tener en cuenta



Tipo negativo



Tipo positivo

Ángulo de incidencia de la plaquita

- Utilice plaquitas positivas para reducir las fuerzas de corte en general, así como para operaciones de torneado interior.

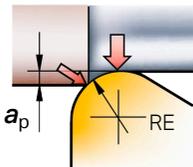
Rotura de la viruta

- Optimice la rotura de la viruta modificando la profundidad de corte, el avance o la geometría de la plaquita.



Radio de punta

- La profundidad de corte no debe ser inferior al radio de punta (RE).



Desgaste de la plaquita

- Compruebe que el desgaste en incidencia no supere la recomendación general de 0,5 mm (.020 pulg.).

Torneado exterior: plaquitas negativas

1. Torneado longitudinal
2. Perfilado
3. Refrentado



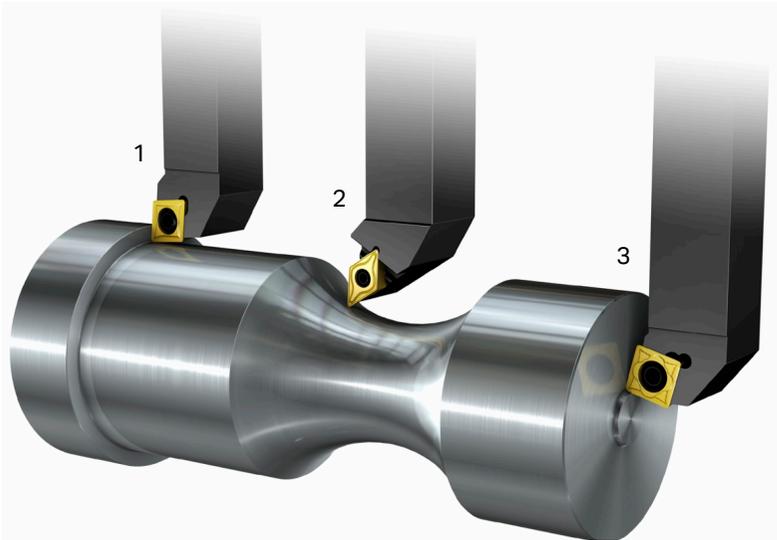
Información general sobre portaherramientas



- Plaquita negativa
- Sistema de sujeción rígida
- Herramientas con mango/modulares
- Plaquita negativa
- Sistema de sujeción por palanca
- Herramientas con mango/modulares
- Plaquitas positivas/negativas
- Todos los sistemas de sujeción
- Cabezas de corte
- Herramientas con mango/modulares
- Plaquitas negativas
- Sistema de sujeción por palanca
- Refrigerante de precisión
- Herramientas con mango/modulares

Torneado exterior: plaquitas positivas

1. Torneado longitudinal
2. Perfilado
3. Refrentado



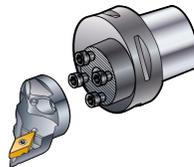
Información general sobre portaherramientas



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Herramientas con mango/modulares
- Refrigerante de precisión



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Adaptador iLock™
- Herramientas con mango/modulares

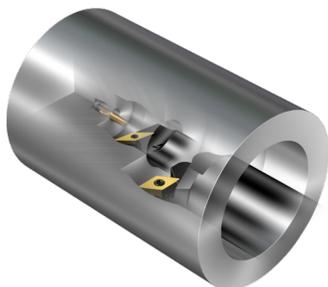


- Plaquita positiva/negativa
- Todos los sistemas de sujeción
- Cabezas de corte
- Herramientas con mango/modulares



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Herramientas con mango/modulares

Torneado interior: plaquitas positivas/negativas



Plaquitas positivas

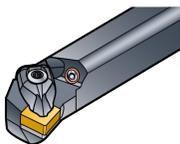


Plaquitas negativas

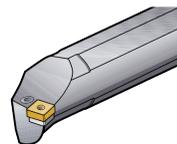
Información general sobre portaherramientas interiores



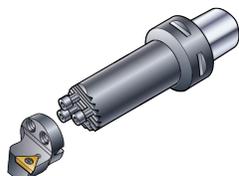
- Plaquitas positivas/negativas
- Barras de mandrinar antivibratorias
- Barras de mandrinar



- Plaquita negativa
- Sistema de sujeción rígida
- Barras de mandrinar/modulares



- Plaquita negativa
- Sistema de sujeción por palanca
- Barras de mandrinar/modulares



- Plaquita positiva/negativa
- Todos los sistemas de sujeción
- Cabezas de corte
- Barras de mandrinar/modulares antivibratorias
- Refrigerante de precisión

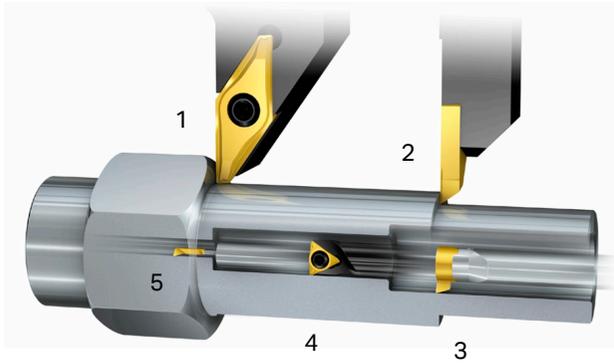


- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Cabezas de corte
- Barras de mandrinar/modulares
- Refrigerante de precisión



- Barras de mandrinar antivibratorias
- Barras de mandrinar

Herramientas para mecanizado de piezas pequeñas



1. Torneado exterior
2. Torneado exterior (máquinas con cabezal móvil)
3. Torneado interior (plaquitas intercambiables)
4. Torneado interior
5. Torneado interior (barras de metal duro)

Torneado

B

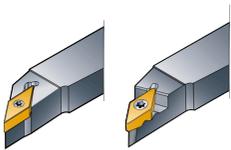
Tronzado y ranurado

C

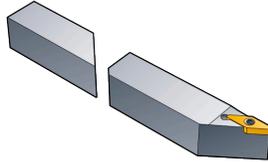
Roscado

Información general sobre portaherramientas

Herramientas exteriores



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Herramientas con mango
- Refrigerante de precisión



- Herramientas de cambio rápido
- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo

D

Fresado

E

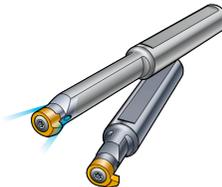
Taladrado

F

Herramientas interiores



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo
- Refrigerante de precisión



- Plaquita positiva
- Sistema de sujeción por tornillo



- Plaquita positiva
- Barras de metal duro
- Barras adaptadas a la máquina

Mandrinado

G

Soporte de la herramienta

H

Maquinabilidad
Otros datos

A

Información general del sistema

Torneado

Información general sobre los sistemas de sujeción de plaqueta

Sujeción de plaquetas de forma básica negativa

B

Tronzado y ranurado



C

Roscado

Sistema de sujeción rígida

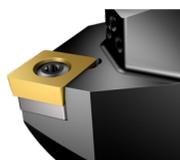


Sistema de sujeción por palanca

D

Fresado

Sujeción de plaquetas de forma básica positiva



E

Sistema de sujeción por tornillo



Taladrado



F

Mandrinado

Sistema de sujeción por tornillo



G

Soporte de la herramienta

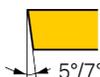
Sujeción de plaquetas iLock™ positivas



H

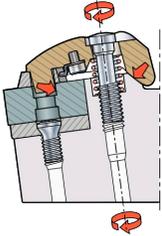
Maquinabilidad
Otros datos

Sistema de sujeción por tornillo



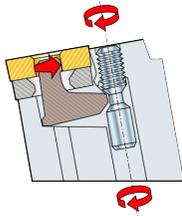
Sujeción moderna de plaquita para herramientas de torneado

Sujeción rígida



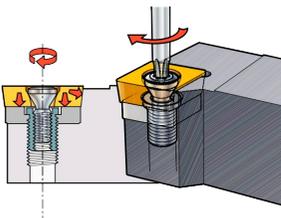
- Plaquetas negativas
- Excelente sujeción
- Cambio sencillo

Sujeción por palanca



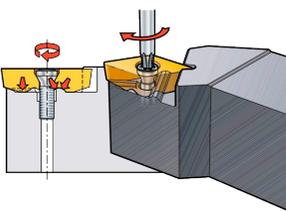
- Plaquetas negativas
- Buena salida de la viruta
- Cambio sencillo

Sujeción por tornillo

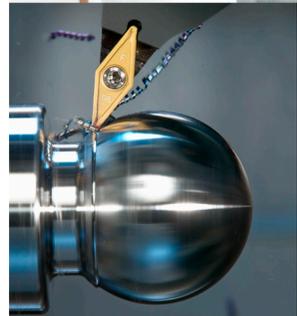


- Plaquetas positivas
- Sujeción segura de la plaquita
- Buena salida de la viruta

Sistema de sujeción por tornillo: iLock™

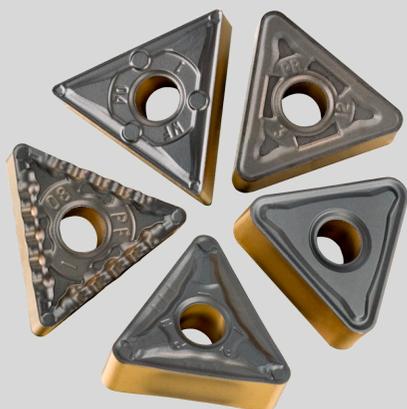


- Plaquetas positivas
- Sujeción muy segura
- Elevada precisión



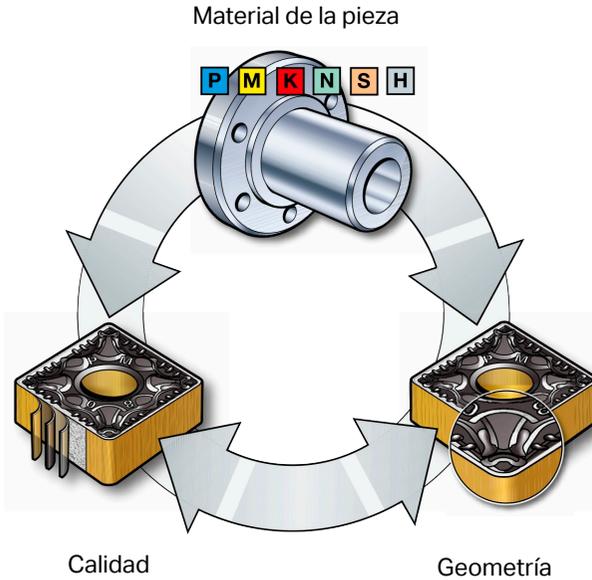
Elección de plaquitas

- Factores básicos A 23
- Geometrías de plaquita A 31
- Calidades de plaquita A 38
- Forma de la plaquita, tamaño, radio de punta A 41
- Efecto de los datos de corte en la vida útil de la herramienta A 47



El complejo mundo del mecanizado

Para que el proceso de mecanizado de metal sea correcto es necesario conocer el material de la pieza y, a continuación, seleccionar la calidad y la geometría de plaquita adecuadas para la aplicación concreta.



- La interacción de una calidad y una geometría de plaquita optimizadas para un determinado material de trabajo es la clave para un buen mecanizado.
- Deben tenerse en cuenta estos 3 factores básicos principales y adaptarlos a la operación de mecanizado en cuestión.
- Saber y entender cómo se manejan estos factores es de una importancia vital.

El mecanizado empieza en el filo

Secuencia de rotura de la viruta típica en una toma de alta velocidad



Seis grupos de materiales

En la industria del mecanizado de metal existe una gama extraordinariamente amplia de diseños de piezas realizados en diferentes materiales. Cada material presenta sus propias características, influenciadas por los elementos de la aleación, el tratamiento térmico, la dureza, etc. Esto influye en gran medida en la selección de la geometría de la herramienta de corte, la calidad y los datos de corte.

Los materiales utilizados para piezas se han dividido en 6 grupos principales según la norma ISO, donde cada grupo presenta propiedades únicas en cuanto a maquinabilidad.

Grupos de materiales

P Acero



- **ISO P:** El acero es el grupo de materiales más amplio en el área del mecanizado de metal y abarca desde los materiales sin aleación hasta los aceros de alta aleación, pasando por las fundiciones de acero y los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos. La maquinabilidad suele ser buena, pero varía en gran medida en función de la dureza del material, el contenido en carbono, etc.

M Acero inoxidable



- **ISO M:** Los aceros inoxidables son materiales aleados con un 12 % de cromo como mínimo; otras aleaciones son, por ejemplo, las de níquel y molibdeno. Otras variantes, como los aceros ferríticos, martensíticos, austeníticos y austenítico-ferríticos (dúplex) amplían este grupo. La característica común a todos estos tipos es que exponen los filos a un elevado nivel de calor, desgaste en entalladura y filo recrecido.



**K**

Fundición



- **ISO K:** La fundición es, al contrario que el acero, un tipo de material de viruta corta. La fundición gris (GCI) y las fundiciones maleables (MCI) resultan bastante fáciles de mecanizar, mientras que la fundición nodular (NCI), la fundición de grafito compacto (CGI) y la fundición austemperizada (ADI) resultan más difíciles. Todas las fundiciones contienen carburo de silicio (SiC), muy abrasivo para el filo.

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

N

Aluminio



- **ISO N:** Los metales no ferrosos son tipos de metales de menor dureza, como el aluminio, el cobre, el latón, etc. El aluminio con un contenido de silicio (Si) del 13 % resulta muy abrasivo. En general, las plaquitas con filo agudo ofrecen altas velocidades de corte y gran duración.

Roscado

D

Fresado

S

Aleaciones termorresistentes



- **ISO S:** Entre las superaleaciones termorresistentes se incluyen un gran número de materiales a base de níquel, cobalto y titanio, y de fundición de hierro de alta aleación. Son pastosos, crean filo de aportación y generan endurecimiento por deformación y un nivel de calor muy similar al del área ISO M, pero resultan mucho más difíciles de cortar y los filos tienen una vida útil más corta.

E

Taladrado

F

Mandrinado

H

Acero templado



- **ISO H:** Este grupo abarca los aceros con una dureza comprendida entre 45 y 65 HRc, además de la fundición en coquilla alrededor de 400-600 HB. Su dureza los hace difíciles de mecanizar. Los materiales generan calor durante el corte y son muy abrasivos para el filo.

G

Soporte de la herramienta

H

Maquinabilidad
Otros datos

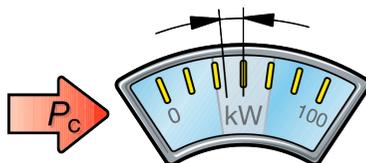
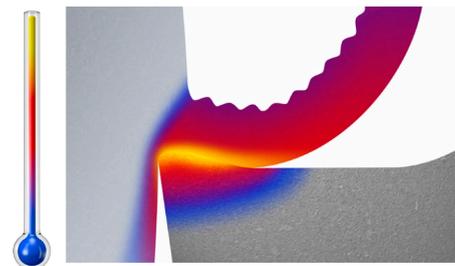
Fuerzas de corte

Otra expresión de las diferencias entre los seis grupos de materiales es la fuerza (F_T) necesaria para recortar una sección transversal de viruta específica, en determinadas condiciones.

Este valor, el valor de fuerza de corte específica (k_C), se indica para los distintos tipos de material y se utiliza para calcular la potencia necesaria para una operación.

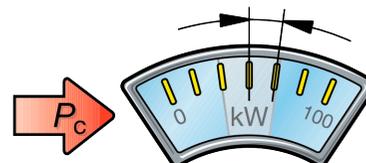
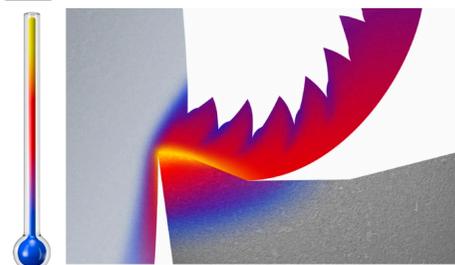
k_{C1} = Fuerza de corte específica para un grosor medio de la viruta de 1 mm (.039 pulg.).

P Acero



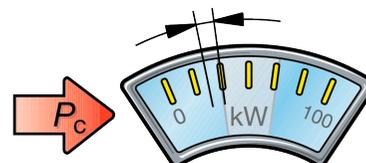
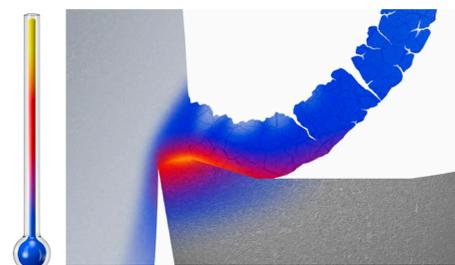
- Los materiales P tienen una variación k_{C1} de:
1500-3100 N/mm²
(217,500-449,500 lbs/pulg.²)

M Acero inoxidable



- Los materiales M tienen *una* variación k_{C1} de:
1800-2850 N/mm²
(261,000-413,250 lbs/pulg.²)

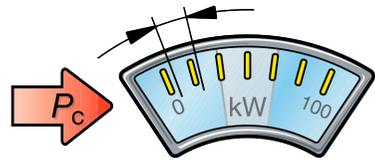
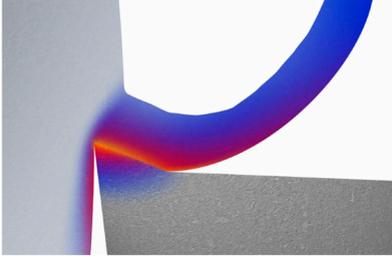
K Fundición



- Los materiales K tienen una variación k_{C1} de:
790-1350 N/mm²
(114,550-195,750 lbs/pulg.²)

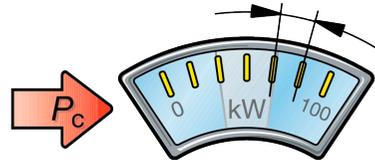
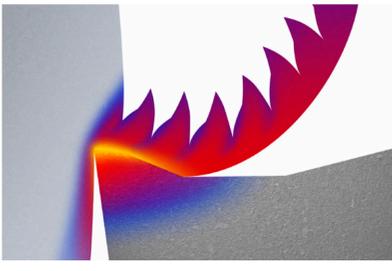


N Aluminio



- Los materiales N tienen una variación k_{C1} de:
350-1350 N/mm²
(50,750-195,750 lbs/pulg.²)

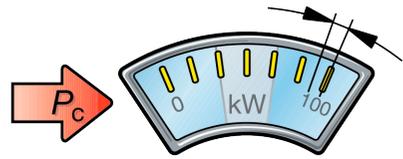
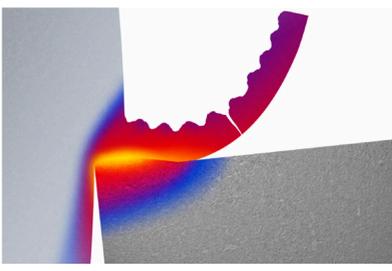
S Superaleaciones termorresistentes



- Los materiales S tienen una variación k_{C1} de:
2400-3100 N/mm²
(348,000-449,500 lbs/pulg.²) para supera-
leaciones termorresistentes (HRSA)

1300-1400 N/mm²
(188,500-203,000 lbs/pulg.²) para alea-
ciones de titanio

H Acero templado

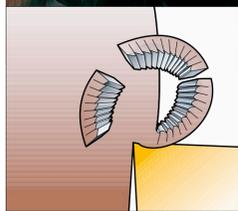


- Los materiales H tienen una variación k_{C1} de:
2550-4870 N/mm²
(369,750-706,150 lbs/pulg.²)

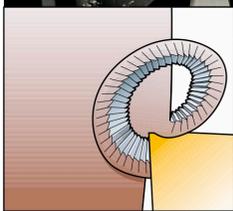
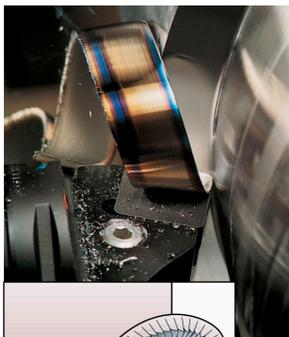
Formación de viruta

Existen 3 patrones de rotura de la viruta después del corte.

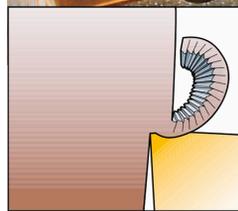
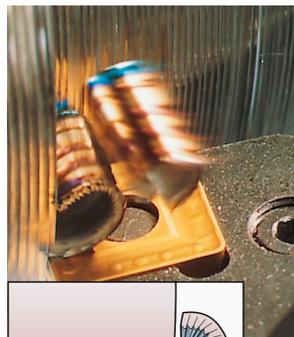
Rotura espontánea



Contra la herramienta



Contra la pieza



Se trata de rotura espontánea si el material, junto con la forma en la que se curva la viruta, hace que la viruta se fragmente a medida que se aleja de la plaquita.

Se trata de rotura contra la herramienta si la viruta se curva en redondo hasta que entra en contacto con la cara de incidencia de la plaquita o del porta-herramientas y el esfuerzo resultante hace que se rompa. Aunque suele considerarse bueno, este método puede producir martillado de las virutas y daños en la plaquita en ciertos casos.

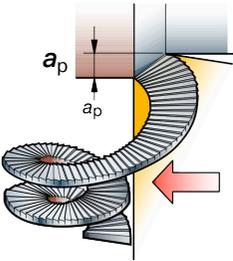
Se trata de rotura contra la pieza si la viruta se desprende al entrar en contacto con la superficie recién mecanizada. Este tipo de rotura de la viruta no suele ser adecuado para aplicaciones que requieran un buen acabado superficial, debido a los daños que puede causar en la pieza.



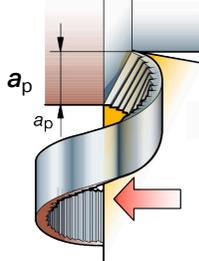
► La formación de viruta varía según distintos parámetros

La formación de viruta varía en función de la profundidad del corte, el avance, el material y la geometría de la herramienta.

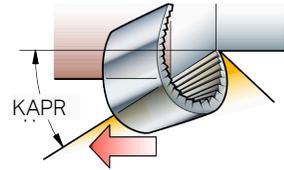
Rotura espontánea



Contra la herramienta



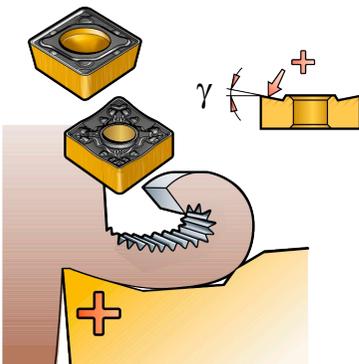
Contra la pieza



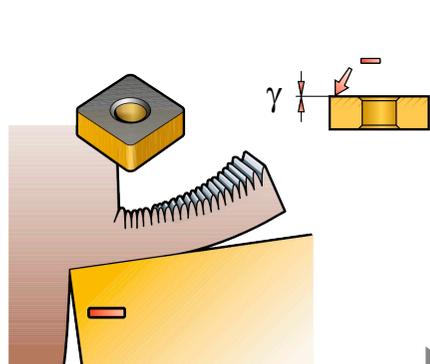
Ángulo de desprendimiento de la plaquita

El ángulo de desprendimiento (γ) gamma (GAMO) es una dimensión del filo en relación con el corte. El ángulo puede ser negativo o positivo. En base a esto, hay plaquitas negativas y positivas, donde los ángulos de incidencia equivalen a cero o a varios grados por encima de cero. Esto determina las posibilidades de inclinación de la plaquita en el portaherramientas, generando una acción de corte negativa o positiva.

Acción de corte positiva



Acción de corte negativa



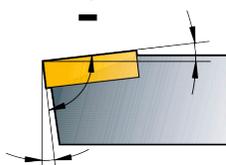
► Ángulo de desprendimiento de la plaquita

Respecto a la geometría del filo, se distinguen dos geometrías de plaquita: negativa y positiva:

- Una plaquita negativa presenta un ángulo de cuña de 90° , visto en una sección transversal de la forma básica del filo.
- Una plaquita positiva tiene un ángulo de cuña inferior a 90° .

Una plaquita negativa tiene que inclinarse negativamente en el portaherramientas para poder ofrecer un ángulo de incidencia tangencial respecto a la pieza, mientras que una plaquita positiva tiene este ángulo de incidencia incorporado.

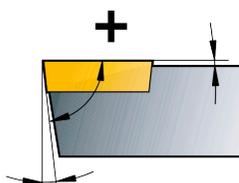
Tipo negativo



- Una cara/dos caras
- Tenacidad del filo
- Incidencia cero
- Mecanizado exterior/interior
- Condiciones de mecanizado pesado.

Nota: el ángulo de incidencia es el ángulo formado por la cara frontal de la plaquita y el eje vertical de la pieza.

Tipo positivo



- Una cara
- Fuerzas de corte reducidas
- Incidencia lateral
- Mecanizado interior/exterior
- Ejes delgados, agujeros pequeños.

Geometrías de plaquita

Podría decirse que el mecanizado de metal es la ciencia que consiste en eliminar la viruta del material de la pieza de la manera correcta. La viruta debe formarse y romperse con una longitud que la máquina pueda manejar.



- En las aplicaciones de fresado y taladrado existen muchos más parámetros importantes para la formación de viruta que en el torneado.
- El torneado es una operación de un solo corte con una herramienta estacionaria y una pieza que gira.
- El ángulo de desprendimiento de la plaquita, su geometría y el avance representan un papel importante en el proceso de formación de la viruta.
- La disipación del calor de la zona de corte a través de la viruta (80 %) es un factor clave.

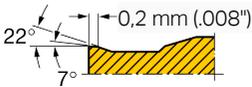
El diseño de una plaquita moderna

Definiciones y diseño de la geometría

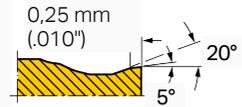
Diseño del radio de punta del filo

Macrogeometría con rompevirutas

Geometría para profundidad de corte reducida



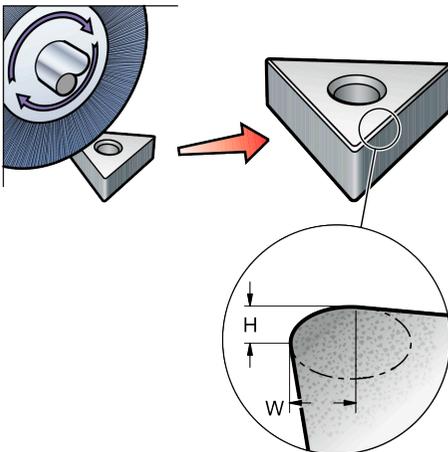
Diseño del filo principal



- Refuerzo del filo: 0,25 mm (.010")
- Ángulo de desprendimiento: 20°
- Faceta primaria: 5°

Refuerzo del filo

El tratamiento de redondeado (ER) confiere al filo su microgeometría final.

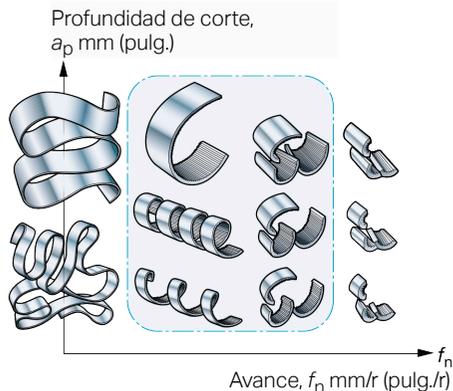


- El tratamiento ER se realiza antes de aplicar el recubrimiento y confiere al filo su forma final (microgeometría).
- La relación entre las dimensiones W/H (anchura/altura) es el factor que indica la adecuación de las plaquitas para las distintas aplicaciones.

Espacio de trabajo de una geometría de plaquita

El diagrama de rotura de la viruta para cada geometría de plaquita queda definido por una rotura aceptable de la viruta

para un avance y una profundidad de corte determinados.



- La profundidad de corte (a_p) y el avance (f_n) deben adaptarse al área de rotura de la viruta de cada geometría para conseguir un control de la viruta aceptable.
- Si la rotura de la viruta resulta demasiado dura, se podría romper la plaquita.
- Si la viruta es demasiado larga, podría provocar perturbaciones en el proceso de mecanizado, además de un acabado superficial deficiente.

Los tres métodos principales de torneado

R = Desbaste

M = Mecanizado medio

F = Acabado

Desbaste

- Máximo régimen de arranque de metal y/o condiciones extremas
- Combinación de valores de profundidad de corte y velocidad de avance elevados
- Fuerzas de corte elevadas.

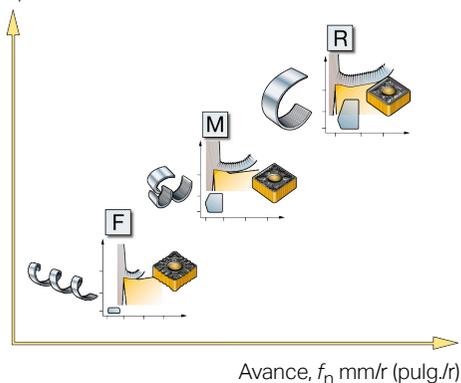
Mecanizado medio

- Prácticamente todas las aplicaciones; uso general
- Operaciones medias y desbaste ligero
- Amplia gama de combinaciones de profundidad de corte y velocidad de avance.

Acabado

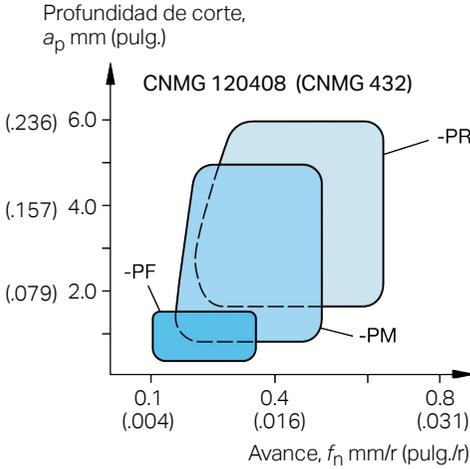
- Profundidad de corte y velocidad de avance reducidos
- Fuerzas de corte reducidas.

Profundidad de corte,
 a_p mm (pulg.)



Zonas de rotura de la viruta

Torneado de acero de baja aleación



Desbaste (R)

Combinaciones de valores elevados de profundidad de corte y velocidad de avance. Operaciones que precisan la mayor seguridad del filo posible.

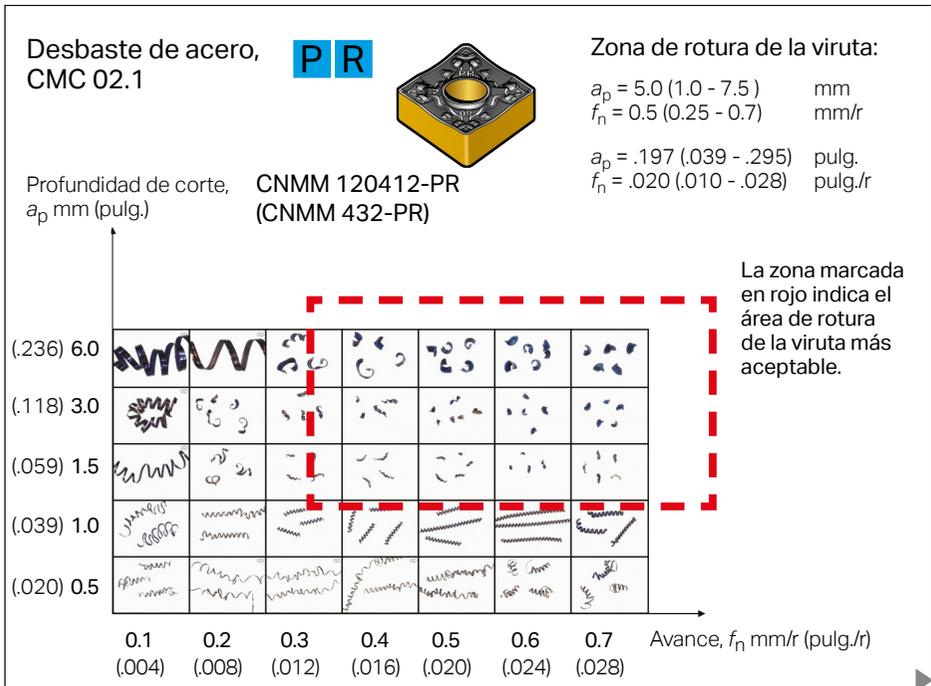
Medio (M)

Operaciones medias y desbaste ligero. Amplia gama de combinaciones de profundidad de corte y velocidad de avance.

Acabado (F)

Operaciones con poca profundidad de corte y velocidad de avance reducida. Operaciones que requieren fuerzas de corte bajas.

Diagrama de rotura de la viruta



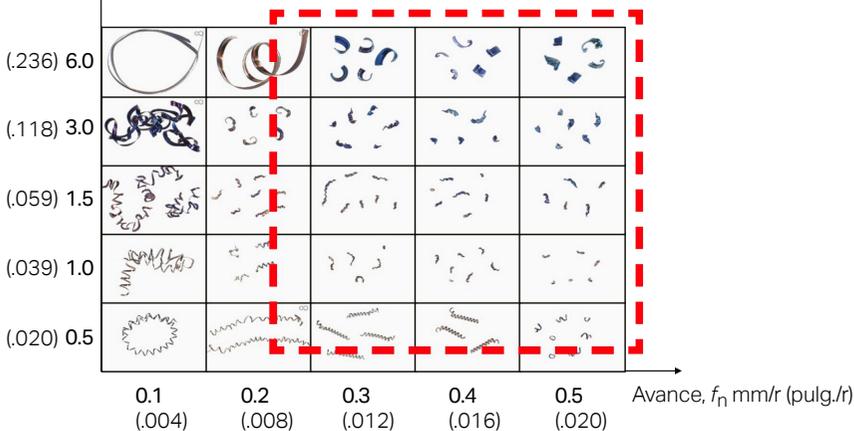
Mecanizado medio de acero, CMC 02.1

P M

Zona de rotura de la viruta:
 $a_p = 3.0$ (0.5 - 5.5) mm
 $f_n = 0.3$ (0.15 - 0.5) mm/r

 $a_p = .118$ (.020 - .217) pulg.
 $f_n = .012$ (.006 - .020) pulg./r

 Profundidad de corte,
 a_p mm (pulg.)

CNMG 120408-PM
(CNMG 432-PM)


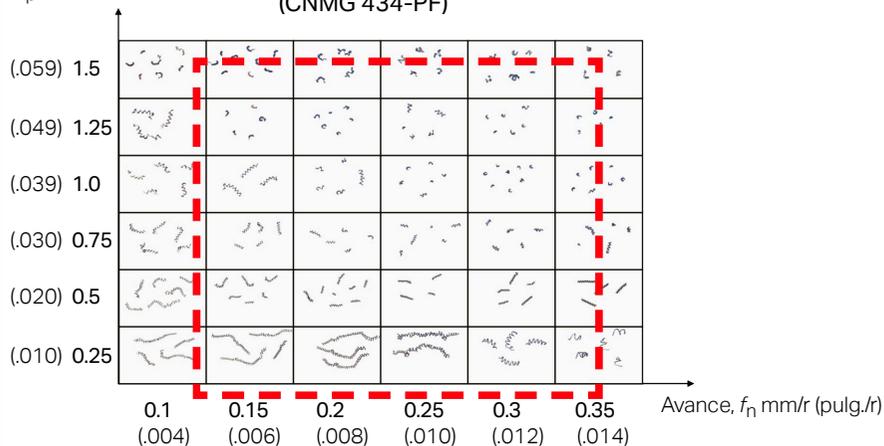
Acabado de acero, CMC 02.1

P F

Zona de rotura de la viruta:
 $a_p = 0.4$ (0.25 - 1.5) mm
 $f_n = 0.15$ (0.07 - 0.3) mm/r

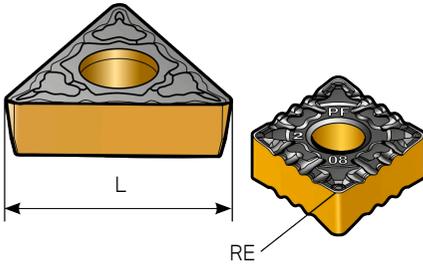
 $a_p = .016$ (.010 - .059) pulg.
 $f_n = .006$ (.003 - .012) pulg./r

 Profundidad de corte,
 a_p mm (pulg.)

CNMG 120404-PF
(CNMG 434-PF)


Selección de plaquetas

Consideraciones al seleccionar las plaquetas



L = longitud del filo de corte (tamaño de plaqueta)

RE = radio de punta

Es importante seleccionar una plaqueta con el tamaño, la forma, la geometría y el radio de punta correctos para conseguir un buen control de la viruta.

Seleccione la plaqueta con el ángulo de punta más grande posible para obtener una mayor resistencia y economía.

- Seleccione el radio de punta más grande posible para que la plaqueta presente mayor resistencia.

Seleccione un radio de punta más pequeño si existe tendencia a la vibración.

Plaquetas específicas para las áreas ISO P, M, K y S

Las distintas micro y macrogeometrías están adaptadas a los diferentes requisitos de las aplicaciones.

Material de la pieza	Acabado	Medio	Desbaste
P			
M			
K			
S			

Descripción de la geometría

Cada plaquita cuenta con un espacio de aplicación con control de la viruta optimizado.

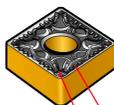
Se incluye una descripción de la geometría, así como los datos necesarios para su aplicación.

Espacio de aplicación de la geometría

Descripción de la geometría

Aplicación

-PM



CNMG 432-PM
(CNMG 12 04 08-PM)

$a_p = 0,5 - 5,5$ mm
 $f_n = 0,15 - 0,5$ mm/r

$a_p = .020 - .217$ pulg.
 $f_n = .006 - .020$ pulg./r

-PM, para torneado medio con amplia capacidad para acero.

Avance (f_n): 0,1-0,65 mm/r (.004-.026 pulg./r).

Profundidad de corte (a_p): 0,4-8,6 mm (.016-.339 pulg.).

Operaciones: torneado, refrentado y perfilado.

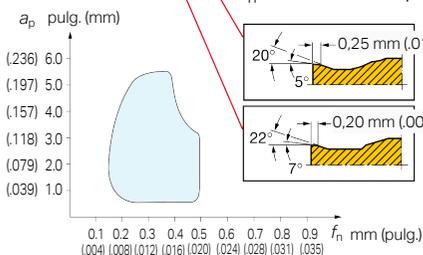
Ventajas: completa y fiable; mecanizado que no da problemas.

Componentes: ejes, árboles, cubos, engranajes, etc.

Limitaciones: profundidad de corte y avance, riesgo de sobrecarga del filo.

Recomendaciones generales: Combinar con una calidad resistente al desgaste para maximizar la productividad.

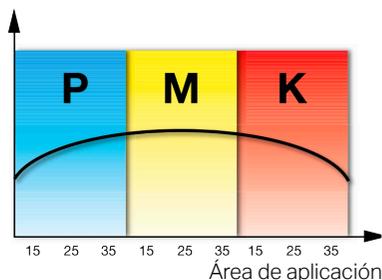
Posible optimización: geometría WMX.



Plaquetas para tornear universales y optimizadas

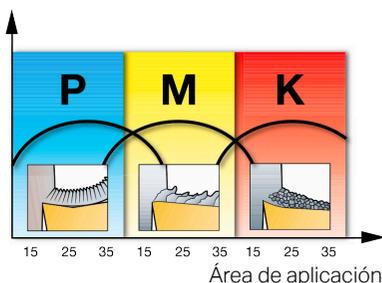
Plaquetas universales

- Geometría universal
- Se optimizan con calidades
- Posible pérdida de rendimiento.



Plaquetas optimizadas

- Calidades y geometrías específicas
- Rendimiento optimizado en función del material y la maquinabilidad de la pieza.



Plaquitas para torneado general

Elección de los distintos conceptos de plaquita

Plaquitas negativas de una/dos caras



- Una plaquita negativa presenta un ángulo de cuña de 90° visto en una sección transversal de la forma básica del filo.
- Disponible como plaquitas de una/dos caras con agujero en P o sencillas.

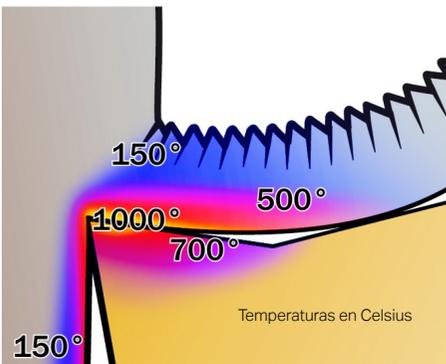
Plaquitas positivas de una cara



- Una plaquita positiva presenta un ángulo de cuña inferior a 90° .
- Disponible con ángulo de incidencia de 7° ó 11° .
- Las plaquitas positivas iLock™ presentan un ángulo de incidencia de 5° o 7° .

Formación de viruta a una presión y temperatura elevadas

La elección del material y la calidad de la herramienta de corte es crucial para alcanzar el objetivo



El material ideal para la herramienta de corte debería:

- ser lo bastante duro para resistir el desgaste en incidencia y la deformación
- ser tenaz para resistir la rotura del núcleo
- no reaccionar químicamente con el material de la pieza
- ser químicamente estable para resistir frente a la oxidación y la difusión
- ser resistente a los cambios bruscos de temperatura.

La principal gama de materiales para herramientas de corte

Los materiales para herramientas de corte más habituales se pueden dividir en los grupos siguientes:

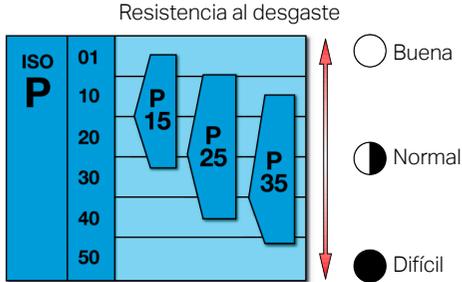
- Metal duro sin recubrimiento (HW)
- Metales duros con recubrimiento (HC)
- Cermets (HT, HC)
 - HT Cermet sin recubrimiento que contiene principalmente carburos de titanio (TiC), nitruros de titanio (TiN) o ambos.
 - HC Cermet como los anteriores, pero con recubrimiento.
- Cerámicas (CA, CM, CN, CC)
 - CA Cerámica de óxido que contiene principalmente óxido de aluminio (Al_2O_3).
 - CM Cerámica mixta que contiene principalmente óxido de aluminio (Al_2O_3) y también otros componentes no óxidos.
 - CN Cerámica de nitruro que contiene principalmente nitruro de silicio (Si_3N_4).
 - CC Cerámicas iguales a las anteriores, pero con recubrimiento.
- Nitruro de boro cúbico (BN)
- Diamante policristalino (DP, HC)
 - DP Diamante policristalino.
 - HC Diamante policristalino, pero con recubrimiento.



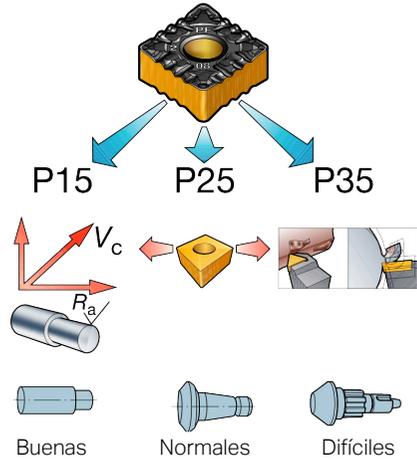
Cómo seleccionar la calidad y la geometría de la plaquita

Seleccione la calidad y la geometría en función de la aplicación.

Creación de un diagrama de calidades



Condiciones de mecanizado



Condiciones de mecanizado



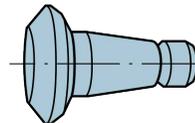
Condiciones buenas

- Cortes continuos
- Velocidad elevada
- Pieza premechanizada
- Excelente sujeción de la pieza
- Voladizos cortos.



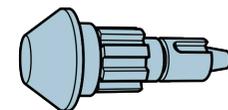
Condiciones normales

- Perfilados
- Velocidad moderada
- Pieza de forja o fundición
- Buena sujeción de la pieza.



Condiciones difíciles

- Cortes intermitentes
- Velocidad baja
- Piezas con costra pesada de forja o fundición
- Sujeción deficiente de la pieza.

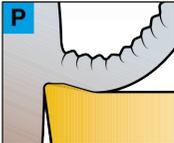
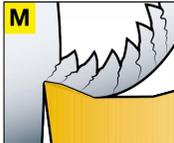
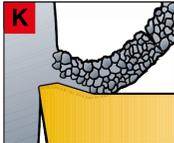
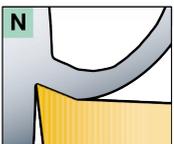
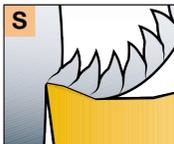
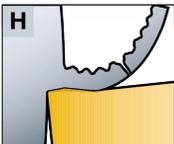


Calidades específicas

Las calidades específicas permiten reducir el desgaste de la herramienta

El material de la pieza influye en el desgaste durante la acción de corte. Por ello, se han desarrollado calidades específicas que resisten los mecanismos de desgaste básicos, por ejemplo:

- desgaste en incidencia, craterización y deformación plástica
- filo de aportación y desgaste en entalladura.

ISO P	Acero	ISO M	Acero inoxidable	ISO K	Fundición
					
ISO N	No ferrosos	ISO S	Superalloys termo-resistentes	ISO H	Acero templado
					

Selección de la forma de la plaquita

Influencia de un ángulo de punta grande o pequeño

La forma de la plaquita y su ángulo de punta varían considerablemente desde las plaquitas más pequeñas, de 35°, hasta las plaquitas redondas.

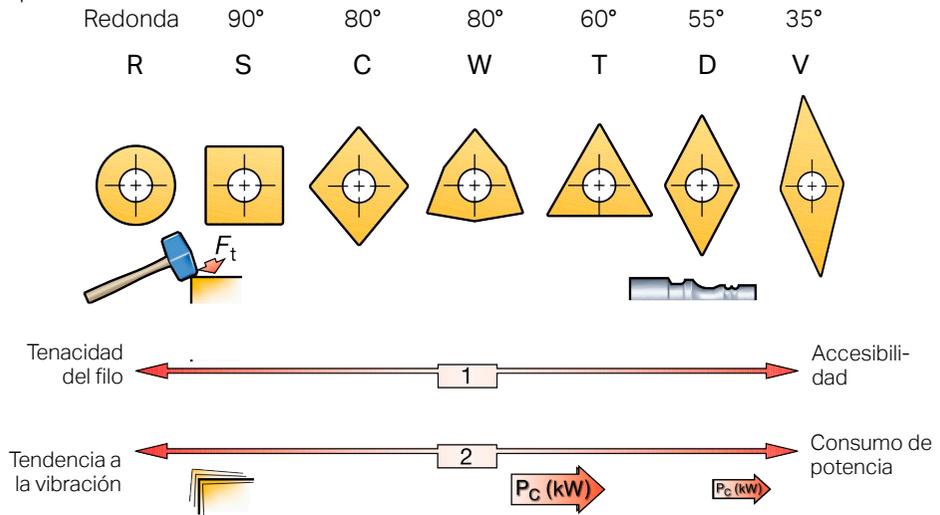
Cada forma presenta unas propiedades únicas:

- algunas proporcionan la mayor tenacidad en el desbaste;
- otras ofrecen la mejor accesibilidad en el perfilado.

Cada forma presenta asimismo sus propias limitaciones.

Por ejemplo:

- una gran accesibilidad de los filos durante el mecanizado resulta en filos más débiles.



Ángulo de punta grande

- Filo más resistente
- Velocidad de avance superior
- Incremento de las fuerzas de corte
- Aumento de la vibración.

Ángulo de punta pequeño

- Filo más débil
- Accesibilidad optimizada
- Fuerzas de corte menores
- Menor vibración.

Factores que influyen en la elección de la forma de la plaquita

La forma de la plaquita debe seleccionarse en relación con los requisitos de accesibilidad del ángulo de posición (inclinación) de la herramienta. Para garantizar la tenacidad y fiabilidad de la plaquita, debe seleccionarse el mayor ángulo de punta posible.

Forma de la plaquita							
Resistencia en desbaste	++	++	++	+	+		
Desbaste ligero/semiacabado		+	++	+	++	++	
Acabado			+	+	++	++	++
Torneado longitudinal			++	+	+	++	+
Perfilado	+				+	++	++
Refrentado	+	++	++	+	+	+	
Versatilidad de funcionamiento	+		++	+	+	++	+
Potencia limitada de la máquina			+	+	++	++	++
Tendencia a la vibración				+	++	++	++
Materiales duros	++	++					
Mecanizado discontinuo	++	++	+	+	+		

++ = Muy adecuada

+ = Adecuada

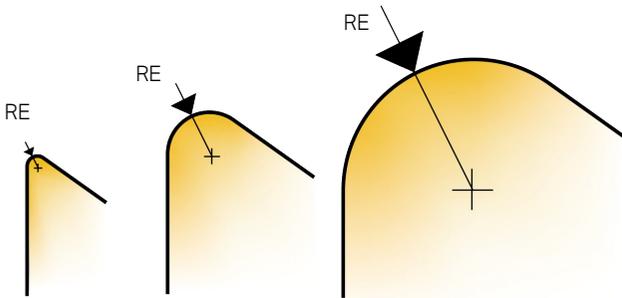
Número de filos

Forma de la plaquita							
ISO (primera letra)	R	S	C	W	T	D	V
Número de filos, plaquitas negativas	8*	8	4	6	6	4	4
Número de filos, plaquitas positivas	4*	4	2	3	3	2	2

*En función de a_p

Selección del radio de esquina

Efecto de un radio de punta grande o pequeño



Radio de punta pequeño

- Ideal para profundidades de corte reducidas
- Reduce la vibración
- Filo débil.

Radio de esquina grande

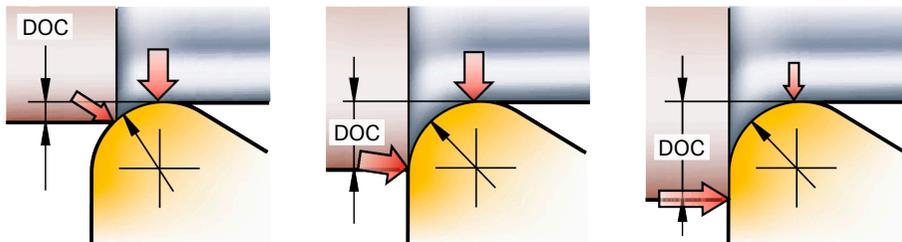
- Velocidad de avance pesada
- Gran profundidad de corte
- Buena seguridad del filo
- Incremento de las fuerzas radiales.

Regla práctica

La profundidad de corte no debe ser inferior al radio de punta (RE).

La primera elección debe ser un radio de punta pequeño

Gracias a un radio de punta pequeño, es posible mantener la fuerza de corte radial al mínimo mientras que, aprovechando las ventajas de un radio de punta mayor, se consigue un filo más resistente, mejor textura superficial y una presión más uniforme sobre el filo.

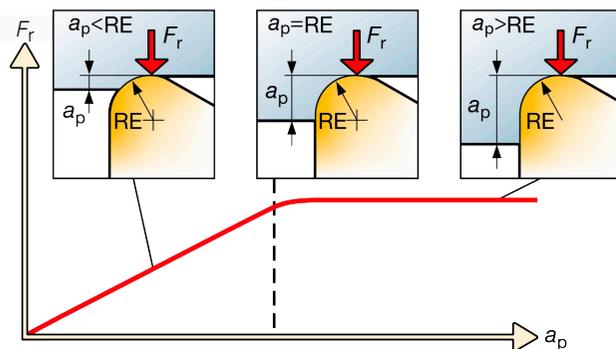


- La relación entre el radio de punta y la DOC (profundidad de corte) afecta a la tendencia a la vibración. A menudo resulta ventajoso optar por un radio de punta menor que la DOC.

Efecto del radio de punta y la DOC

La fuerza radial que se ejerce sobre la pieza crece de manera lineal hasta el punto en que el radio de punta de la plaquita es inferior a la profundidad de corte y se estabiliza con su valor máximo.

Por otro lado, con una plaquita redonda, la presión radial nunca se estabilizará, ya que el radio de punta teórico es la mitad del diámetro de la plaquita (IC).

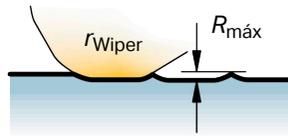


Torneado de avance elevado con plaquitas Wiper

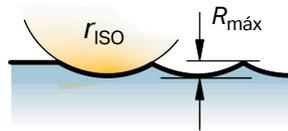
Wiper: información general



Plaquita Wiper



Plaquita convencional



¿Por qué utilizar plaquitas Wiper?

- Aumentar el avance y la productividad
- Utilizar la velocidad de avance normal y mejorar la calidad superficial.

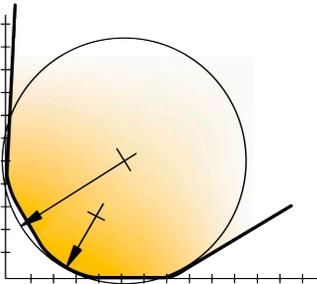
Cuándo utilizar plaquitas Wiper

- Utilice plaquitas Wiper como primera opción siempre que sea posible.

Limitaciones

- La limitación general es la vibración
- Visualmente, las superficies pueden parecer diferentes aunque la calidad superficial medida sea excelente.

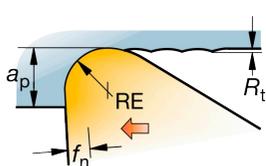
Wiper: solución técnica



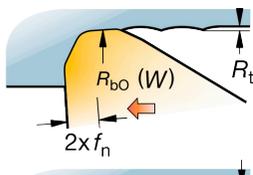
- Un filo Wiper está basado en 3-9 radios.
- La superficie de contacto entre plaquita y pieza es más amplia con Wiper.
- Esta superficie de contacto más amplia consigue un mejor acabado superficial.
- El incremento de la superficie de contacto provocará también un aumento de las fuerzas de corte, lo que hará que la plaquita Wiper sea más sensible a la vibración al mecanizar piezas inestables.

Radio de punta convencional y radio de punta Wiper.

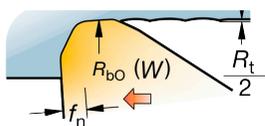
Wiper: acabado superficial



Plaqueta tradicional



Plaqueta Wiper, doble avance, igual R_a



Plaqueta Wiper, igual avance, mitad R_a

TECHNOLOGY
Wiper

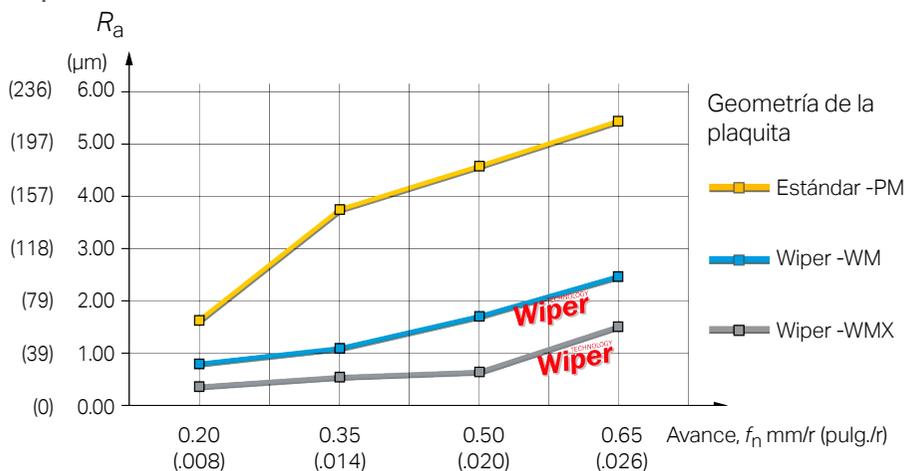
Regla práctica

- Si se duplica el avance con una plaqueta Wiper, se generará una superficie equivalente a la de una plaqueta de geometría convencional con el avance normal.
- El mismo avance con una plaqueta Wiper reducirá a la mitad la rugosidad de la superficie respecto a las geometrías convencionales.

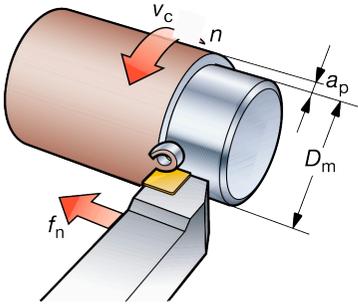
R_t = Valor máximo de la altura cresta-valle

R_a = Media aritmética de la altura del perfil

Superficie mecanizada: plaquetas ISO tradicionales y plaquetas Wiper

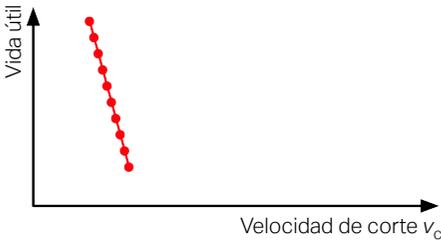


Efecto de los datos de corte sobre la vida útil de la herramienta



Utilice el potencial de:

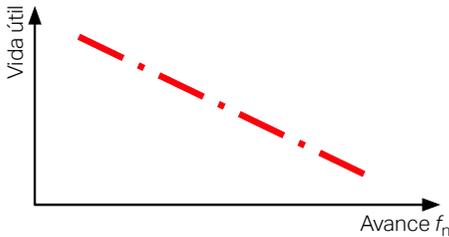
- a_p : para reducir el número de pasadas;
- f_n : para reducir el tiempo de mecanizado;
- v_c : para optimizar la vida útil de la herramienta



Velocidad de corte

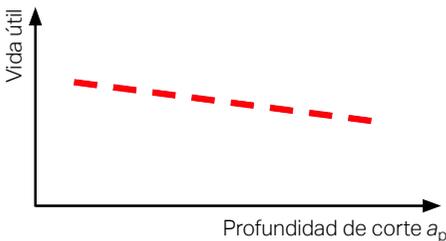
v_c : importante efecto en la vida útil de la herramienta.

Ajuste v_c para mejorar la rentabilidad



Avance

f_n : menor efecto sobre la vida útil en comparación con v_c

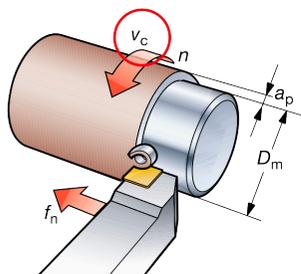


Profundidad de corte

a_p : efecto reducido sobre la vida útil de la herramienta

Efectos de la velocidad de corte

El factor que más influye sobre la vida útil de la herramienta



Demasiado alta

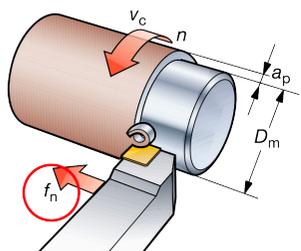
- Rápido desgaste en incidencia
- Acabado deficiente
- Rápida formación de cráteres
- Deformación plástica.

Demasiado baja

- Filo de aportación
- Poco económico.

Efectos de la velocidad de avance

El factor que más influye sobre la productividad



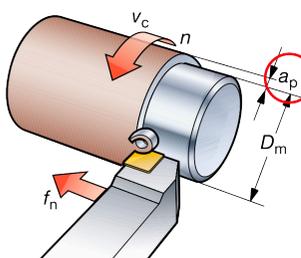
Demasiado alta

- Pérdida de control de la viruta
- Acabado superficial deficiente
- Craterización, deformación plástica
- Elevado consumo de potencia
- Soldadura de las virutas
- Martillado de las virutas.

Demasiado baja

- Viruta fibrosa
- Poco económico.

Efectos de la profundidad de corte



Demasiado profundo

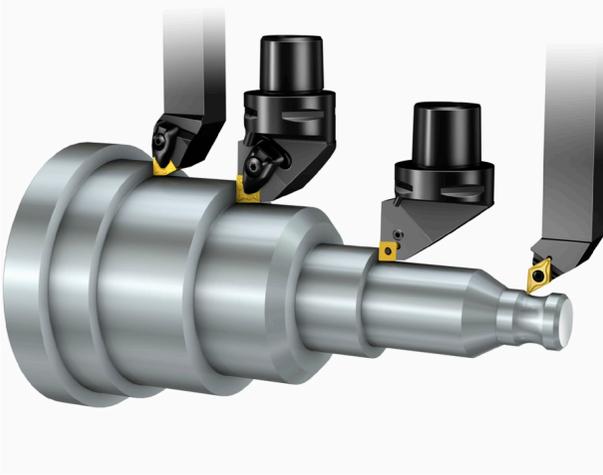
- Elevado consumo de potencia
- Rotura de la plaquita
- Aumento de las fuerzas de corte.

Demasiado superficial

- Pérdida de control de la viruta
- Vibración
- Calor excesivo
- Poco económico.

Torneado exterior

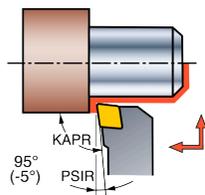
Elección de herramientas y aplicación



Indicaciones generales

- La sujeción segura de la plaquita y el portaherramientas es un factor esencial en lo que respecta a la estabilidad del torneado.
- Los tipos de portaherramientas están definidos por el ángulo de posición (inclinación), la forma y el tamaño de la plaquita utilizada.
- La selección del sistema de portaherramientas se basa principalmente en el tipo de operación.
- Otra elección importante es la utilización de plaquitas negativas o positivas.
- Siempre que sea posible, decántese por herramientas modulares.

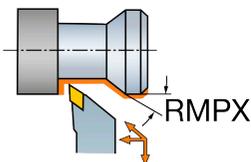
Cuatro áreas de aplicación principales



La operación de torneado más habitual

- Las plaquitas con forma de rombo tipo C (80°) se utilizan con mucha frecuencia.
- También suelen utilizarse portaherramientas con ángulos de posición de 95° y 93° (ángulos de inclinación de -5° y -3°).
- Las alternativas a la plaquita tipo C son las plaquitas tipo D (55°), W (80°) y T (60°).

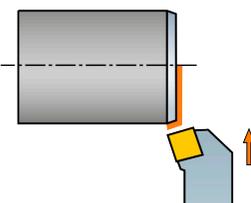
Perfilado



La versatilidad y la accesibilidad son los factores determinantes

- Debe buscarse el ángulo de posición efectivo KAPR (ángulo de inclinación PSIR) para que el mecanizado sea correcto.
- El ángulo de posición más habitual es de 93° (ángulo de inclinación de -3°), ya que admite ángulos de copia hacia dentro de 22-27°.
- Las formas de plaquita más utilizadas son del tipo D (55°) y V (35°).

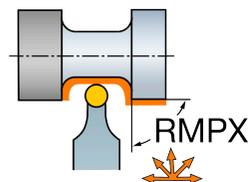
Refrentado



La herramienta avanza hacia el centro

- Preste atención a la velocidad de corte, que cambiará progresivamente a medida que se avance hacia el centro.
- También suelen utilizarse ángulos de posición de 75° y 95°/91° (ángulos de inclinación de 15° y -5°/-1°).
- Las plaquitas del tipo C (80°) y S (90°) se utilizan con mucha frecuencia.

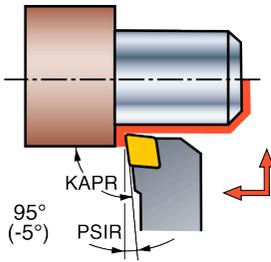
Fresado de cavidades



Un método para crear o ampliar ranuras superficiales

- Las plaquitas redondas resultan muy adecuadas para el torneado en "plunge", ya que admiten avance tanto radial como axial.
- Con las plaquitas redondas es habitual el uso de portaherramientas neutros de 90°.

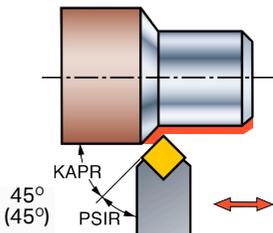
Ángulo de posición grande (ángulo de inclinación pequeño)



Características/ventajas

- Las fuerzas de corte se dirigen hacia el portapinzas
- Permite tornear contra una escuadra
- Fuerzas de corte más elevadas a la entrada y a la salida del corte
- Tendencia a la entalladura en HRSA y materiales duros.

Ángulo de posición pequeño (ángulo de inclinación grande)



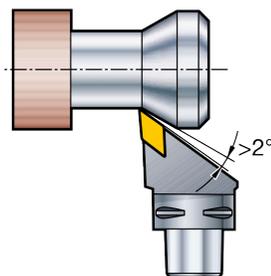
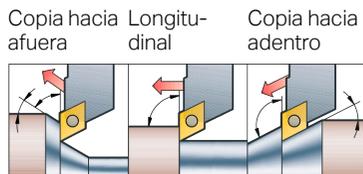
Características/ventajas

- Produce una viruta más delgada.
 - Incrementa la productividad
- Desgaste en entalladura reducido
- No permite tornear contra una escuadra.

Ángulo de posición y copia

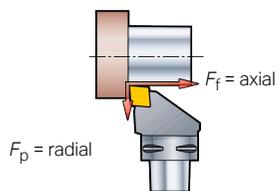
Consideración importante en cuanto a torneado de perfiles

- En operaciones de torneado de perfiles, el corte puede variar respecto a la profundidad de corte, el grosor de la viruta y la velocidad.
- Para obtener una buena resistencia y rentabilidad debe seleccionarse el mayor ángulo de punta posible que resulte adecuado en la plaquita, aunque el ángulo de punta de la plaquita también debe tenerse en cuenta en relación con la accesibilidad, para conseguir una incidencia correcta entre el material y el filo.
- Los ángulos de punta utilizados con mayor frecuencia son los de 55° y 35°.
- Los ángulos de posición/inclinación y de punta de la plaquita son factores importantes para la accesibilidad. Debe analizarse el perfil de la pieza para seleccionar el ángulo de copia más adecuado.
- Debe mantenerse un ángulo libre de 2° como mínimo entre la pieza y la plaquita.

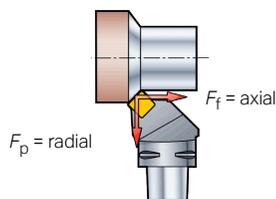


Fuerzas de corte axiales y radiales

Ángulo de posición grande
(ángulo de inclinación pequeño)



Ángulo de posición pequeño
(ángulo de inclinación grande)



- Las fuerzas se dirigen hacia el portapinzas. Menor tendencia a la vibración.
- Fuerzas de corte más elevadas, especialmente a la entrada y a la salida del corte.
- Las fuerzas presentan una dirección axial y radial.
- Carga reducida en el filo.
- Las fuerzas presentan una dirección axial y radial.
 - Tendencia a la vibración.

Plaquita recomendada en función de la operación

Forma de la plaquita	Torneado longitudinal	Perfilado	Refrentado	Fresado de cavidades
++ = Recomendada + = Alternativa				
Rómbica 80°	++		+	
Rómbica 55°	+	++	+	
Redonda	+	+	+	++
Cuadrada	+		++	
Triangular	+	+	+	
Trigonal 80°	+		+	
Rómbica 35°		+		

Selección del ángulo de incidencia de la plaquita

Palanca	Sujeción rígida	Sujeción por cuña	Sujeción por tornillo	Sujeción de concepto

Torneado interior

Elección de herramientas y aplicación



Indicaciones generales

- En operaciones de torneado interior (operaciones de mandrinado), la elección de la herramienta viene impuesta por el diámetro y longitud del agujero de la pieza.
 - Elija el mayor diámetro de barra y el menor voladizo posible
 - La evacuación de la viruta es un factor crucial para llevar a cabo un mandrinado correcto
 - El método de sujeción tiene un efecto decisivo sobre el rendimiento y el resultado
 - Emplear refrigerante puede mejorar la evacuación de la viruta.

Factores de selección

Herramienta y geometría de plaquita

- Ángulo de posición (inclinación)
- Forma de la plaquita, negativa/positiva
- Geometría de la plaquita
- Radio de punta
- Radio de esquina.

Evacuación de la viruta

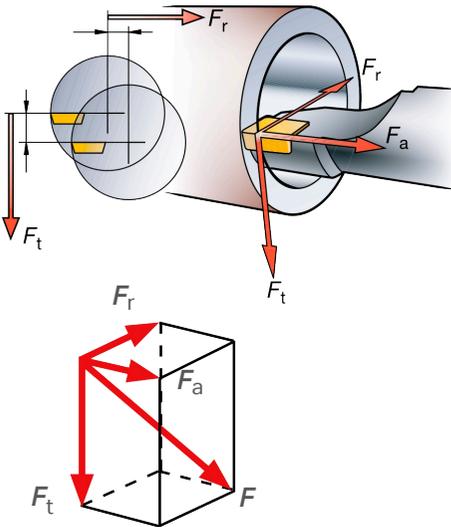
- Tamaño de la viruta
- Control de la viruta
- Técnicas
- Refrigerante.

Requisitos de la herramienta

- Longitud reducida
- Aumento del diámetro
- Forma optimizada
- Distintos materiales de la herramienta
- Sujeción
- Soluciones antivibratorias.

Efecto de las fuerzas de corte en el torneado interior

Las fuerzas de corte tangenciales y radiales desvían la barra de mandrinar



Fuerza de corte tangencial, F_t

- Empuja la herramienta hacia abajo, alejándola de la línea central
- Se reduce el ángulo de incidencia.

Fuerza de corte radial, F_r

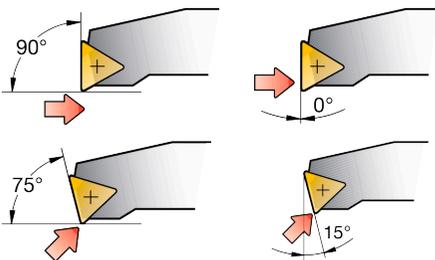
- Altera la profundidad de corte y el grosor de la viruta
- Se pierde tolerancia y hay riesgo de vibración.

Fuerza de avance, F_a

- Dirigida sobre el avance de la herramienta.

Selección de ángulos de posición (inclinación)

Ángulo de posición (inclinación) y fuerzas de corte

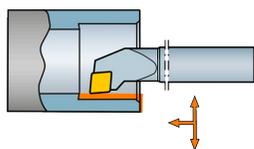


- Seleccione un ángulo de posición próximo a 90° (ángulo de inclinación próximo a 0°).

- Si es posible, evite elegir un ángulo de posición inferior a 75° (ángulo de inclinación no superior a 15°), dado que esto provoca un gran aumento de la fuerza de corte radial F_r .

- Menor fuerza en dirección radial = menor desviación.

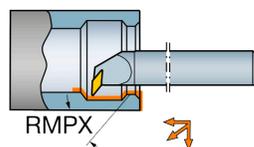
Cuatro áreas de aplicación principales



La operación de torneado interior más habitual.

- Suele utilizarse una plaquita de forma rómbica tipo C de 80°.
- Es habitual utilizar barras de mandrinar con un ángulo de posición (inclinación) de 95° (-5°) y 93° (-3°).
- También es frecuente utilizar plaquitas tipo D (55°), W (80°) y T (60°).

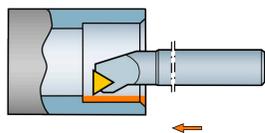
Perfilado



La versatilidad y la accesibilidad son los factores determinantes.

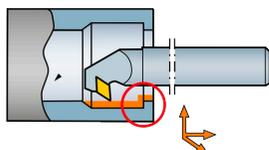
- Debe buscarse el ángulo de posición efectivo (KAPR) (ángulo de inclinación, PSIR).
- Las barras con ángulo de posición de 93° (-3°), que admiten un ángulo de copia hacia dentro de 22-27°, son las más habituales.
- Las plaquitas del tipo D (55°) y V (35°) se utilizan con mucha frecuencia.

Torneado longitudinal



Las operaciones de mandrinado se llevan a cabo para ampliar un agujero existente.

- Se recomienda un ángulo de posición (inclinación) próximo a 90° (0°).
- Utilice el menor voladizo posible.
- Es frecuente utilizar plaquitas tipo C (80°), S (90°) y T (60°).

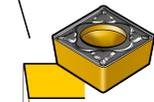
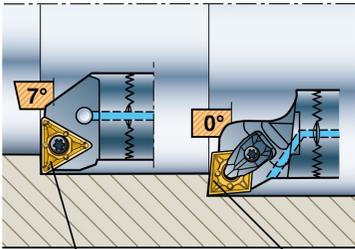


Se trata de una operación de mandrinado en la que se invierte el avance.

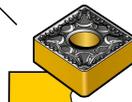
- Se utiliza para torner escuadras de menos de 90°.
- Se suelen utilizar barras de mandrinar con un ángulo de posición (inclinación) de 93° (-3°) y plaquitas tipo D (55°).

Selección del ángulo de incidencia de la plaqueta

Las plaquetas positivas generan una fuerza de corte y una flexión de la herramienta más reducidas



7°, positiva, plaquetas de una cara



0° Negativa, plaquetas de dos caras

- Plaquetas con ángulo de incidencia de 7°
 - Primera opción para agujeros pequeños y medianos a partir de 6 mm (.236 pulg.) de diámetro.
- Para reducir costes
 - Utilice plaquetas negativas en condiciones estables y con voladizos pequeños.

Plaqueta recomendada en función de la operación

Forma de la plaqueta	Torneado longitudinal	Perfilado	Refrentado
++ = Recomendada + = Alternativa			
Rómbica 80°	+		++
Rómbica 55°	+	++	+
Redonda	+		+
Cuadrada	+		
Triangular	++		+
Trigonal 80°	+		+
Rómbica 35°		+	

Ángulo de punta de la plaquita

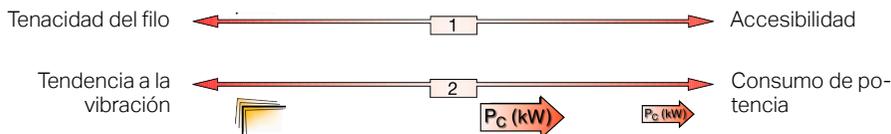
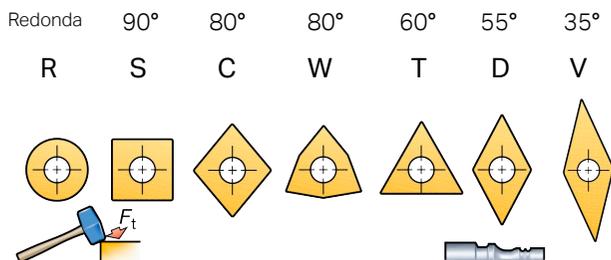
Ángulo de punta grande:

- Filo más resistente
- Velocidad de avance superior
- Aumenta las fuerzas de corte
- Aumento de la vibración

Ángulo de punta pequeño:

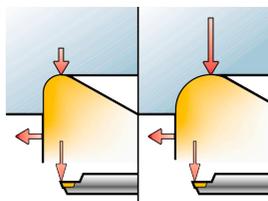
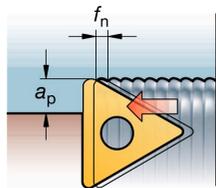
- Incrementa la accesibilidad
- Reduce la vibración
- Reduce las fuerzas de corte

Utilice el ángulo más pequeño que ofrezca una resistencia y economía aceptables.



Área de la viruta y radio de esquina

Fuerzas de corte y desviación de la herramienta



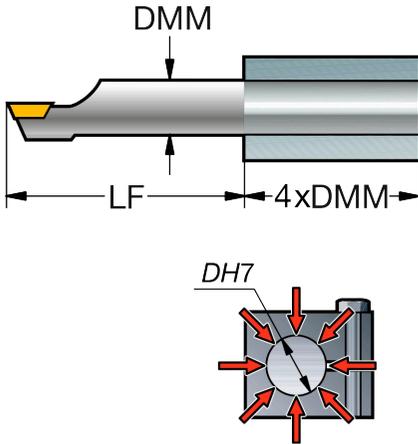
- Tanto las áreas de viruta grandes como las pequeñas pueden causar vibraciones:
 - las grandes, debido a las altas fuerzas de corte
 - las pequeñas, por el exceso de fricción entre herramienta y pieza.
- La relación entre RE (radio de punta) y a_p (profundidad de corte) afecta a la tendencia a la vibración.
- Menor fuerza en dirección radial = menor desviación.

Regla de oro

Elija un radio de punta ligeramente inferior a la profundidad de corte.

Sujeción de la barra de mandrinado

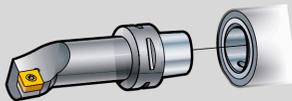
Factores de estabilidad cruciales para optimizar el rendimiento



- Máximo contacto entre herramienta y portaherramientas (diseño, tolerancia dimensional).
- Longitud de sujeción de entre 3 y 4 veces el diámetro de barra (para equilibrar las fuerzas de corte).
- Resistencia y estabilidad del portaherramientas.

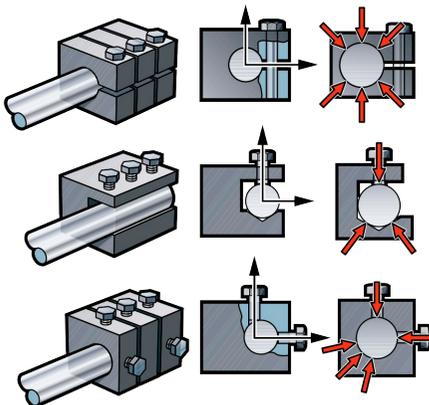
Requisitos de sujeción de la herramienta

Máximo contacto entre la herramienta y el portaherramientas



Acoplamiento Coromant Capto®

Recomendado



Aceptable

No recomendado

No recomendado

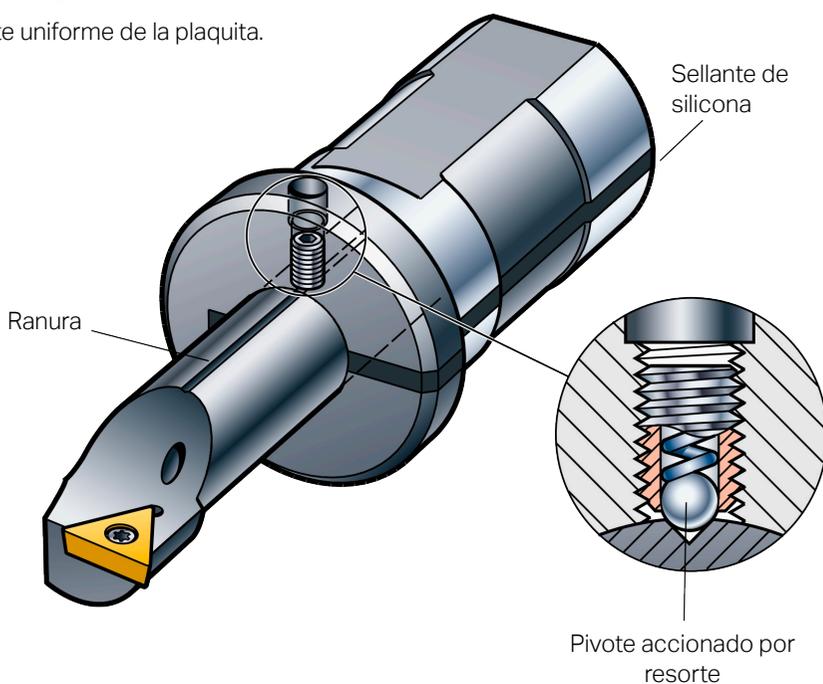
Manguitos EasyFix

Sujeción correcta de barras cilíndricas

Garantiza una altura central correcta

Ventajas:

- Filo en la posición correcta
- Ofrece la mejor acción de corte posible y una acabado superficial optimizado
- Tiempo de reglaje reducido
- Desgaste uniforme de la plaquita.

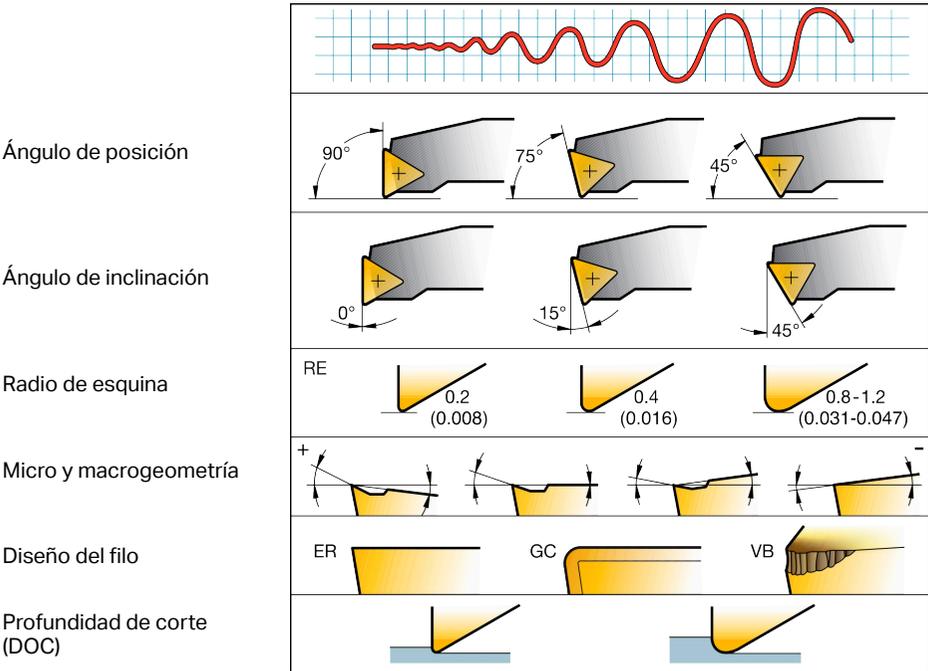


Un émbolo accionado por resorte montado en el manguito encaja con un clic en la ranura de la barra y garantiza la altura central correcta.

La ranura en el manguito cilíndrico está sellada con silicona, lo que permite utilizar el sistema de suministro de refrigerante existente.

Factores que influyen en la tendencia a la vibración

La tendencia a la vibración crece hacia la derecha



Ángulo de inclinación (posición)

- Elija un ángulo de posición lo más próximo a 90° (ángulo de inclinación lo más próximo a 0°) posible, nunca superior a 75° (inferior a 15° para el ángulo de inclinación).

Radio de esquina

- Seleccione un radio de esquina ligeramente inferior a la profundidad de corte.

Micro y macrogeometría

- Utilice una plaquita de forma básica positiva para reducir las fuerzas de corte respecto a las plaquetas negativas.

Diseño del filo

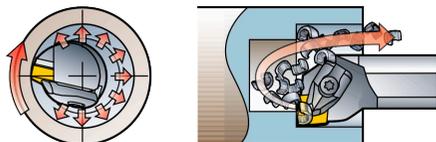
- El desgaste de la plaquita modifica el ángulo de incidencia entre la plaquita y la pared del agujero. Esto puede afectar a la acción de corte y causar vibraciones.
- Es preferible utilizar plaquetas con recubrimiento fino o sin recubrimiento, ya que suelen ofrecer fuerzas de corte bajas.

Profundidad de corte (DOC)

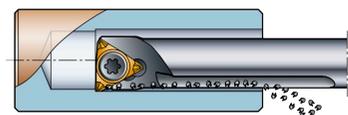
- Seleccione un radio de esquina ligeramente inferior a la profundidad de corte.

Evacuación de la viruta

La evacuación de la viruta es un factor crucial para llevar a cabo un mandrinado correcto

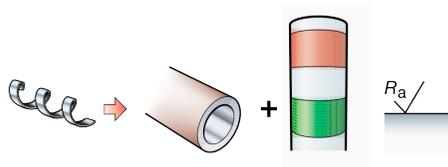


- La fuerza centrífuga presiona la viruta sobre la pared interior del agujero.
- Las virutas pueden dañar el interior del agujero.



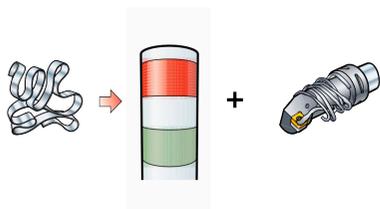
- El refrigerante interior puede contribuir a la evacuación de la viruta.
- El mandrinado invertido aleja las virutas del filo.

Evacuación y control de la viruta



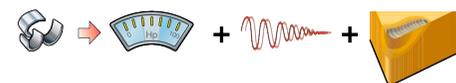
Virutas cortas y espirales

- Preferibles. Fáciles de transportar y no provocan muchas tensiones en el filo durante la rotura de la viruta.



Viruta larga

- Puede ocasionar problemas de evacuación.
- Presenta poca tendencia a la vibración, pero en producción automática puede ocasionar problemas por la dificultad de evacuación de la viruta.

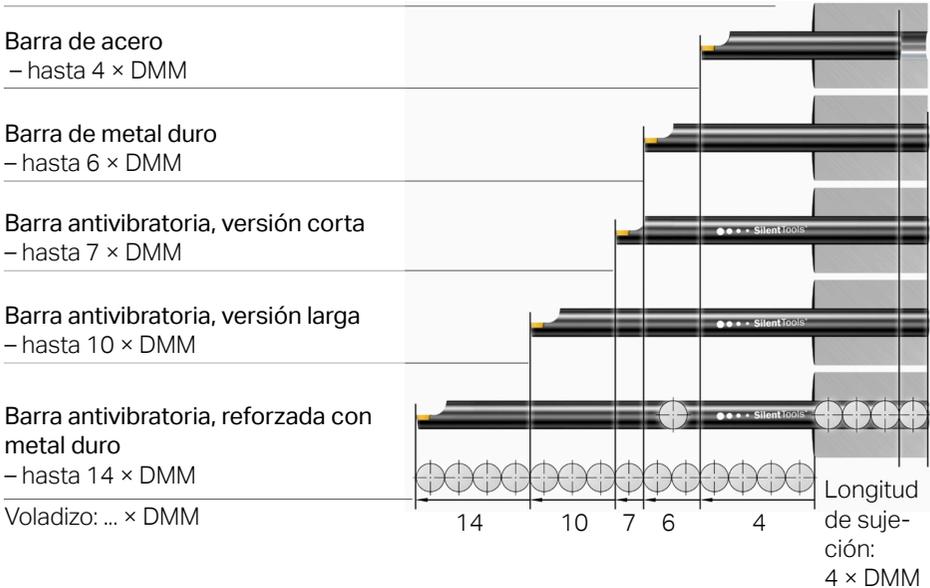


Viruta difícil de romper, viruta corta

- Exige potencia y puede incrementar la vibración.
- Puede ocasionar formación excesiva de cráteres de desgaste, escasa vida útil de la herramienta y atasco de la viruta.

Voladizo recomendado

Voladizo máximo para distintos tipos de barra



Eliminar vibraciones

Mecanizado interior con barras de mandrinar antivibratorias

- Aumentan la productividad en agujeros profundos.
- Minimizan la vibración.
- El rendimiento de mecanizado se mantiene o se mejora.
- Las barras de mandrinar antivibratorias se encuentran disponibles en diámetros a partir de 10 mm (.394 pulg.).
- Para voladizo máx. de 14 × DMM (reforzadas con metal duro).



● ● ● ● SilentTools®



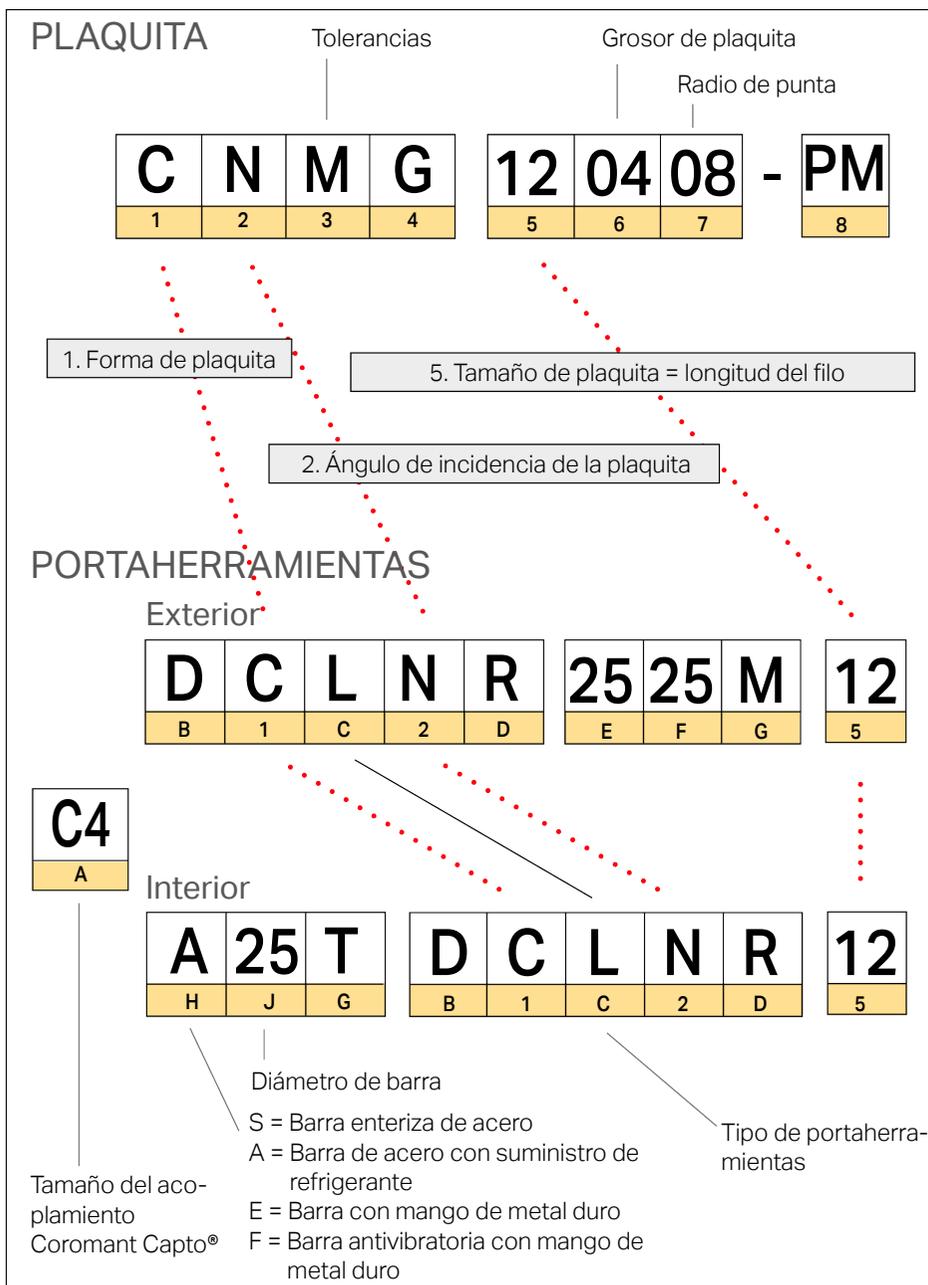
Barra de acero



Barra antivibratoria

Clave de códigos para plaquetas y portaherramientas: SISTEMA MÉTRICO

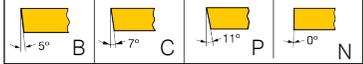
Extracto de ISO 1832:1991



1. Forma de plaqueta



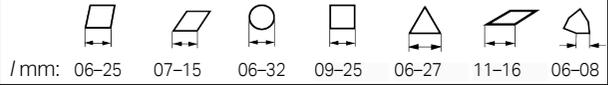
2. Ángulo de incidencia de la plaqueta



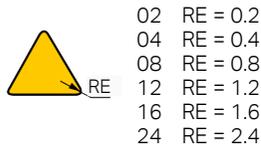
4. Tipo de plaqueta



5. Tamaño de plaqueta = longitud del filo



7. Radio de punta



Radios de punta recomendados como primera opción:

	T-MAX P	CoroTurn 107
Acabado	08	04
Medio	08	08
Desbaste	12	08

8. Geometría: opción del fabricante

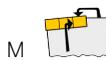
El fabricante puede añadir dos símbolos adicionales al código para identificar la geometría de plaqueta, p. ej.:

- PF = ISO P acabado
- MR = ISO M desbaste

B. Sistema de sujeción



Sujeción rígida (RC)



Sujeción por cara superior y por el agujero



Sujeción por el agujero

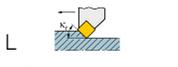


Sujeción por tornillo

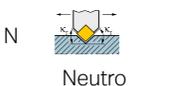
D. Sentido de la herramienta



Tipo a la derecha



Tipo a izquierda



Neutro

E. Altura del mango

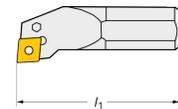
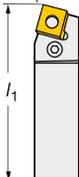


F. Anchura de mango



G. Longitud de la herramienta

Longitud de la herramienta = l_1 en mm



H = 100	S = 250
K = 125	T = 300
M = 150	U = 350
P = 170	V = 400
Q = 180	W = 450
R = 200	Y = 500

Clave de códigos para plaquitas y portaherramientas: PULGADAS

Extracto de las normas ANSI/ISO

PLAQUITA

Tolerancias

Grosor de plaquita

Radio de punta

C	N	M	G	4	3	2	-	PM
1	2	3	4	5	6	7		8

1. Forma de plaquita

5. Tamaño de la plaquita

2. Ángulo de incidencia de la plaquita

PORTAHERRAMIENTAS

Exterior

D	C	L	N	R	16	4	D
B	1	C	2	D	E	5	F

C4

A

Interior

A	16	T	D	C	L	N	R	4
H	J	G	B	1	C	2	D	5

Diámetro de barra

S = Barra entera de acero

A = Barra de acero con suministro de refrigerante

E = Barra con mango de metal duro

F = Barra antivibratoria con mango de metal duro

Ángulo de inclinación del portaherramientas

Tamaño del acoplamiento
Coromant Capto®

1. Forma de plaqueta



2. Ángulo de incidencia de la plaqueta



4. Tipo de plaqueta



5. Tamaño de la plaqueta

El círculo inscrito se indica en 1/8"



7. Radio de punta



0	RE = .008
1	RE = 1/64
2	RE = 1/32
3	RE = 3/64
4	RE = 1/16
6	RE = 3/32

Radios de punta recomendados como primera opción:

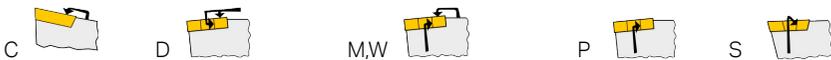
	T-MAX P	CoroTurn 107
Acabado	2	1
Medio	2	2
Desbaste	3	2

8. Geometría: opción del fabricante

El fabricante puede añadir dos símbolos adicionales al código para identificar la geometría de plaqueta, p. ej.:

- PF = ISO P acabado
- MR = ISO M desbaste

B. Sistema de sujeción



Sujeción por cara superior

Sujeción rígida (RC)

Sujeción por cara superior y por el agujero

Sujeción por el agujero

Sujeción por tornillo

D. Sentido de la herramienta

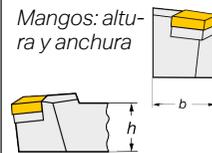
R Tipo a derecha

L Tipo a la izquierda

N Neutro

E. Tamaño de mango o barra

Mangos: altura y anchura



Barras:



G. Longitud de la herramienta

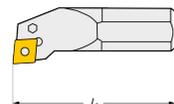
Exterior, l_1 en pulgadas

- A = 4.0
- B = 4.5
- C = 5.0
- D = 6.0
- M = 4.0



Interior, l_1 en pulgadas

- M = 6.0
- R = 8.0
- S = 10.0
- T = 12.0
- U = 14.0



Resolución de problemas

Control de la viruta

Problema

Largas marañas sin romper se enrollan en la herramienta o en la pieza.

Causa

- Avance demasiado reducido para la geometría seleccionada.

Solución

- Incrementar el avance.
- Seleccionar una geometría de plaquita con mayor capacidad para romper la viruta.
- Utilizar una herramienta con refrigerante de alta presión.



- Profundidad de corte demasiado superficial para la geometría seleccionada.

- Incrementar la profundidad de corte o seleccionar una geometría con mayor capacidad para romper la viruta.

- Radio de punta demasiado grande.

- Seleccionar un radio de punta menor.

- Ángulo de posición (inclinación) inadecuado.

- Seleccione un portaherramientas con un ángulo de posición lo mayor posible, $KAPR = 90^\circ$ (ángulo de inclinación lo menor posible, $PSIR = 0^\circ$).

Viruta muy corta, a menudo compactada, ocasionada por una rotura de la viruta muy difícil. Una rotura de la viruta difícil se traduce en una reducción de la vida útil de la herramienta e incluso en una rotura de la plaquita debido a la alta carga de viruta en el filo.

- Avance demasiado elevado para la geometría seleccionada.

- Seleccionar una geometría diseñada para un avance elevado, preferiblemente una plaquita con una sola cara.
- Reducir el avance.



- Ángulo de posición (inclinación) inadecuado.

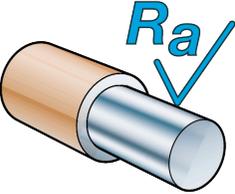
- Seleccione un portaherramientas con un ángulo de posición lo menor posible (ángulo de inclinación lo mayor posible), $KAPR = 45^\circ - 75^\circ$ ($PSIR = 45^\circ - 15^\circ$).

- Radio de punta demasiado pequeño.

- Seleccionar un radio de punta mayor.

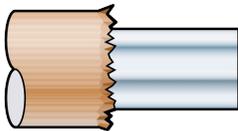


Acabado superficial

Problema	Causa	Solución
La superficie tiene aspecto y tacto "rugoso" y no cumple los requisitos de tolerancia.	<ul style="list-style-type: none"> • La viruta se rompe contra la pieza y deja marcas en la superficie acabada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una geometría que sirva de guía para alejar la viruta. • Modificar el ángulo de posición (inclinación). • Reducir la profundidad de corte. • Seleccionar un sistema de herramientas positivas con un ángulo de inclinación neutro.
	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie defectuosa debido al excesivo desgaste por entalladura del filo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste por oxidación como, por ejemplo, una calidad cermet. • Reducir la velocidad de corte.
	<ul style="list-style-type: none"> • La combinación de un avance demasiado elevado con un radio de punta demasiado reducido da como resultado una superficie rugosa. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una plaquita Wiper o un radio de punta mayor. • Reducir el avance.

Formación de rebabas

Formación de rebabas al final del corte, cuando el filo sale de la pieza.



<ul style="list-style-type: none"> • El filo no tiene la agudeza suficiente. • El avance es demasiado reducido para la redondez del filo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilice plaquitas con filos agudos: <ul style="list-style-type: none"> - Plaquitas con recubrimiento de PVD. - Plaquitas rectificadas a velocidades de avance reducidas, <math><0,1 \text{ mm/r}</math> (<math>.004 \text{ pulg./r}</math>).
<ul style="list-style-type: none"> • Astillamiento o desgaste en entalladura a la profundidad de corte. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar un portaherramientas con ángulo de posición pequeño (ángulo de inclinación grande).
	<ul style="list-style-type: none"> • Finalizar el corte con un chafán o redondear el extremo de la pieza.

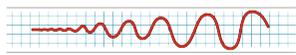
Vibración

Problema

Causa

Solución

Gran fuerza de corte radial provocada por:



Vibración o marcas de percusión ocasionadas por el sistema de herramientas o por el montaje de la herramienta. Típico en mecanizado interior con barras de mandrinar.

- Ángulo de posición/inclinación inadecuado.

- Seleccione un ángulo de posición lo mayor posible (KAPR = 90°) o un ángulo de inclinación lo menor posible (PSIR = 0°).

- Radio de punta demasiado grande.

- Seleccionar un radio de punta menor.

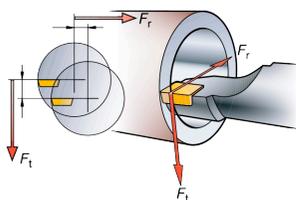
- Redondeado del filo inadecuado o chafán negativo.

- Seleccionar una geometría más positiva o una calidad con recubrimiento fino o sin recubrimiento.

- Excesivo desgaste en incidencia del filo.

- Seleccionar una calidad más resistente al desgaste o reducir la velocidad.

Gran fuerza de corte tangencial provocada por:



- La geometría de plaquita genera fuerzas de corte elevadas.

- Seleccionar una plaquita de geometría positiva.

- La rotura de la viruta es demasiado difícil y ocasiona unas fuerzas de corte elevadas.

- Reducir el avance o seleccionar una geometría para un avance elevado.

- Fuerzas de corte desiguales o demasiado bajas debido a la escasa profundidad de corte.

- Aumentar la profundidad de corte para que la plaquita actúe.

- Herramienta colocada en posición incorrecta.

- Compruebe la altura central.



Problema

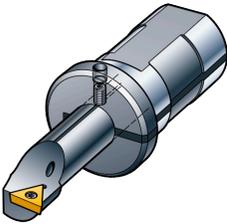
Causa

Solución



• Inestabilidad en la herramienta debido al amplio voladizo.

- Reducir el voladizo.
- Utilizar el mayor diámetro de barra.
- Utilizar Silent Tool o una barra de metal duro.



• Sujeción inestable que ofrece una rigidez insuficiente.

- Ampliar la longitud de sujeción de la barra de mandrinar.
- Utilizar EasyFix para barras cilíndricas.

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

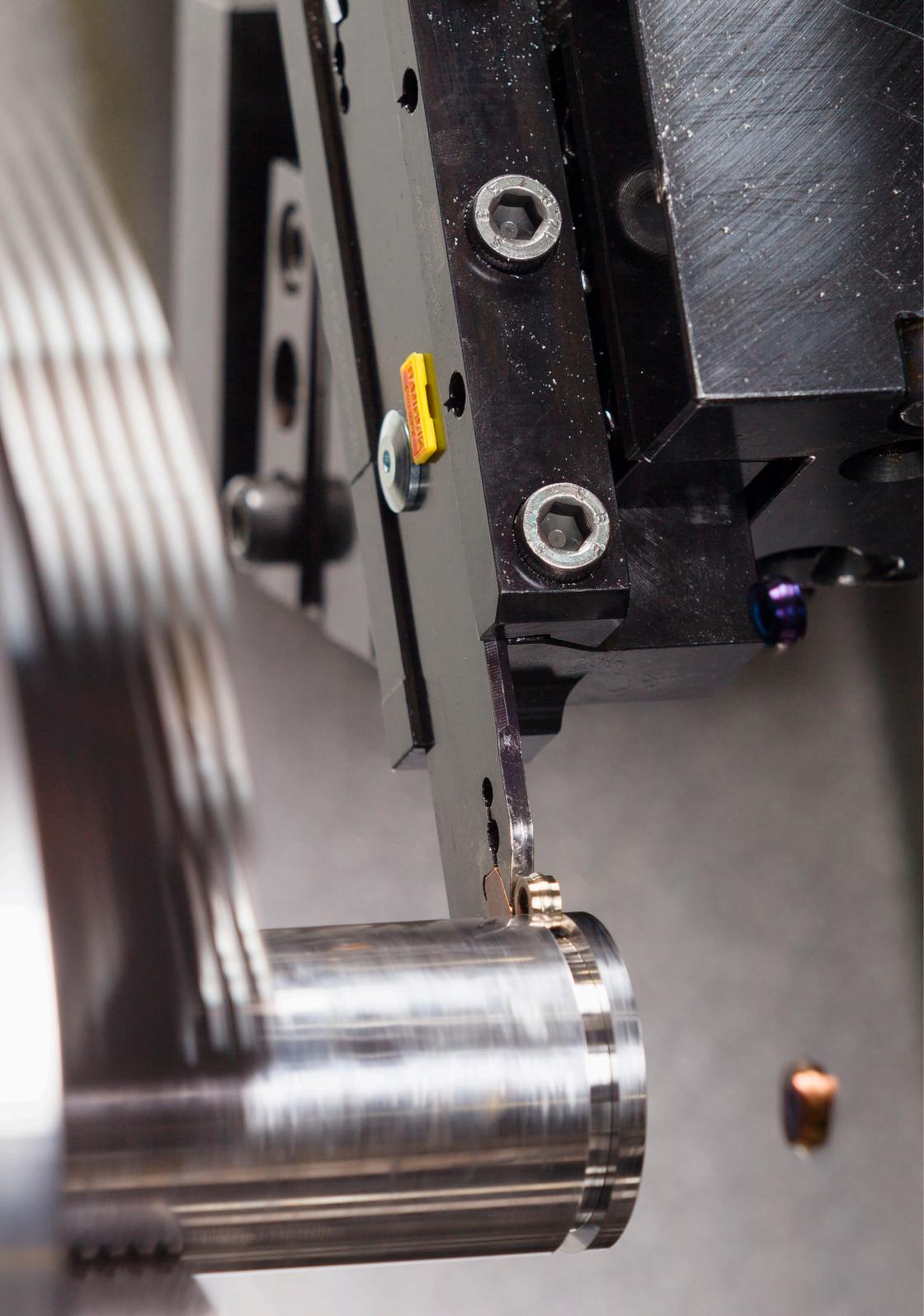
Mandrinado

G

Soporte de la herramienta

H

Maquinabilidad
Otros datos



Tronzado y ranurado

El tronzado y ranurado es un tipo de torneado. Tiene una amplia gama de aplicaciones de mecanizado que requieren herramientas específicas.

Estas herramientas se pueden utilizar en mayor o menor grado para torneado general.

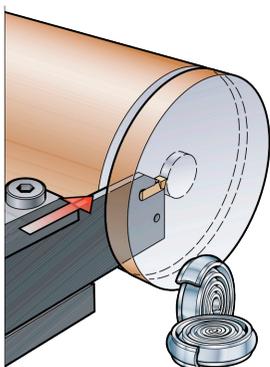
- Teoría B 4
- Procedimiento de selección B 7
- Información general del sistema B 11
- Tronzado y ranurado: aplicación B 16
- Resolución de problemas B 37

Teoría del tronzado y ranurado

Tronzado

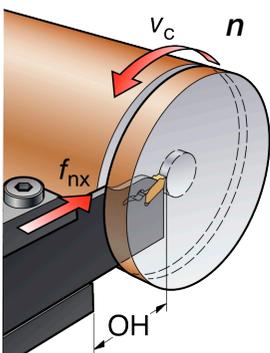
La evacuación de la viruta es esencial

La evacuación de la viruta es un factor crucial en las operaciones de tronzado. Es muy complicado que la viruta se rompa en el espacio reducido que deja la herramienta al avanzar hacia el interior. El diseño del filo está orientado a formar la viruta de manera que esta pueda ser evacuada con facilidad. Cualquier deficiencia en la evacuación tendrá como consecuencia la obstrucción de la viruta, que ocasionará una mala calidad superficial e incluso podría llegar a romper la herramienta.



- La evacuación de la viruta es un factor crucial en las operaciones de tronzado.
- La viruta tiene dificultades para romperse en la ranura reducida que deja la herramienta al penetrar en la pieza.
- La viruta típica tiene forma de muelle de reloj y es más estrecha que la ranura.
- La geometría de plaquita reduce la anchura de la viruta.

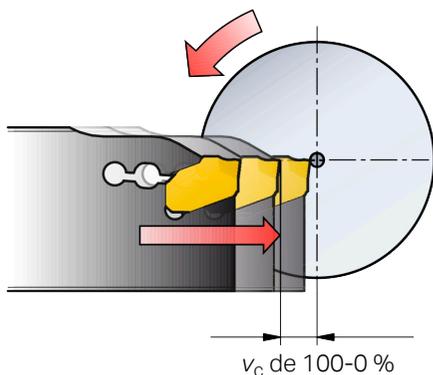
Tronzado: definiciones



n = velocidad del husillo (rpm)
 v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)
 f_{nx} = velocidad de avance radial, mm/r (pulg./r)
 OH = voladizo recomendado

Velocidad de corte

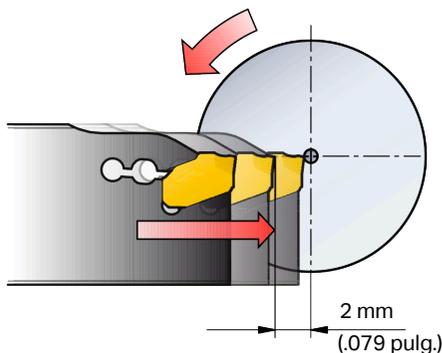
Al tronzar hacia el centro, la velocidad de corte se reduce progresivamente hasta llegar a cero cuando la máquina alcanza el límite de rpm.



- La velocidad de corte disminuye hasta cero en el centro.

Reducción del avance hacia el centro

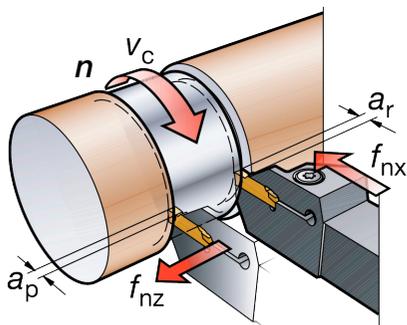
La velocidad de corte disminuye hacia la línea central de la pieza, provocando un desequilibrio. Debe reducirse la velocidad de avance para mantener el equilibrio de las fuerzas de corte durante el tronchado. 2 mm (.079") antes de llegar a la línea central, la velocidad de avance debe reducirse hasta el mínimo recomendado, aproximadamente 0,05 mm/rev. (.002"/rev.).



- Comenzar el corte con la velocidad de avance recomendada (véase la caja de plaquitas)
- 2 mm (.079") antes de llegar a la línea central, reducir el avance hasta 0,05 mm/rev. (.002")
- La disminución del avance reduce la vibración y prolonga la vida útil de la herramienta
- La disminución del avance también reduce el tamaño del tetón.

Ranurado: definiciones

El desplazamiento de la herramienta en las direcciones X y Z se denomina velocidad de avance (f_n) o f_{nx}/f_{nz} , mm/r (pulg./r). Cuando se avanza hacia el centro (f_{nx}), el valor de rpm se incrementa hasta que alcanza el límite de rpm del husillo de la máquina. Cuando se supera esta limitación, la velocidad de corte (v_c) se reduce hasta que alcanza el valor de 0 m/min (pies/min) en el centro de la pieza.



n = velocidad del husillo (rpm)

v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

f_{nz} = velocidad de avance axial, mm/r (pulg./r)

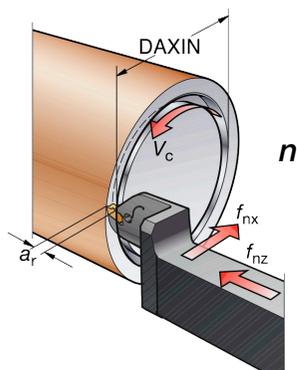
f_{nx} = velocidad de avance radial, mm/r (pulg./r)

a_r = profundidad de ranura mm (pulg.)
(diám. exterior hasta el centro o hasta el fondo de la ranura)

a_p = profundidad de corte en torneado

Ranurado frontal: definiciones

El avance tiene mucha influencia sobre la formación de la viruta, la rotura de la misma y su grosor, y también sobre la manera en que la viruta se forma en la geometría de plaquita. En torneado lateral o perfilado (f_{nz}), la profundidad de corte (a_p) también influye sobre la formación de la viruta. El diámetro de ranura del primer corte debe mantenerse dentro de los límites indicados en el portaherramientas empleado.



n = velocidad del husillo (rpm)

v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

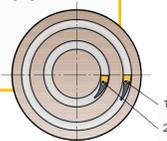
f_{nz} = velocidad de avance axial, mm/r (pulg./r)

f_{nx} = velocidad de avance radial, mm/r (pulg./r)

a_r = profundidad de la ranura, mm (pulg.)

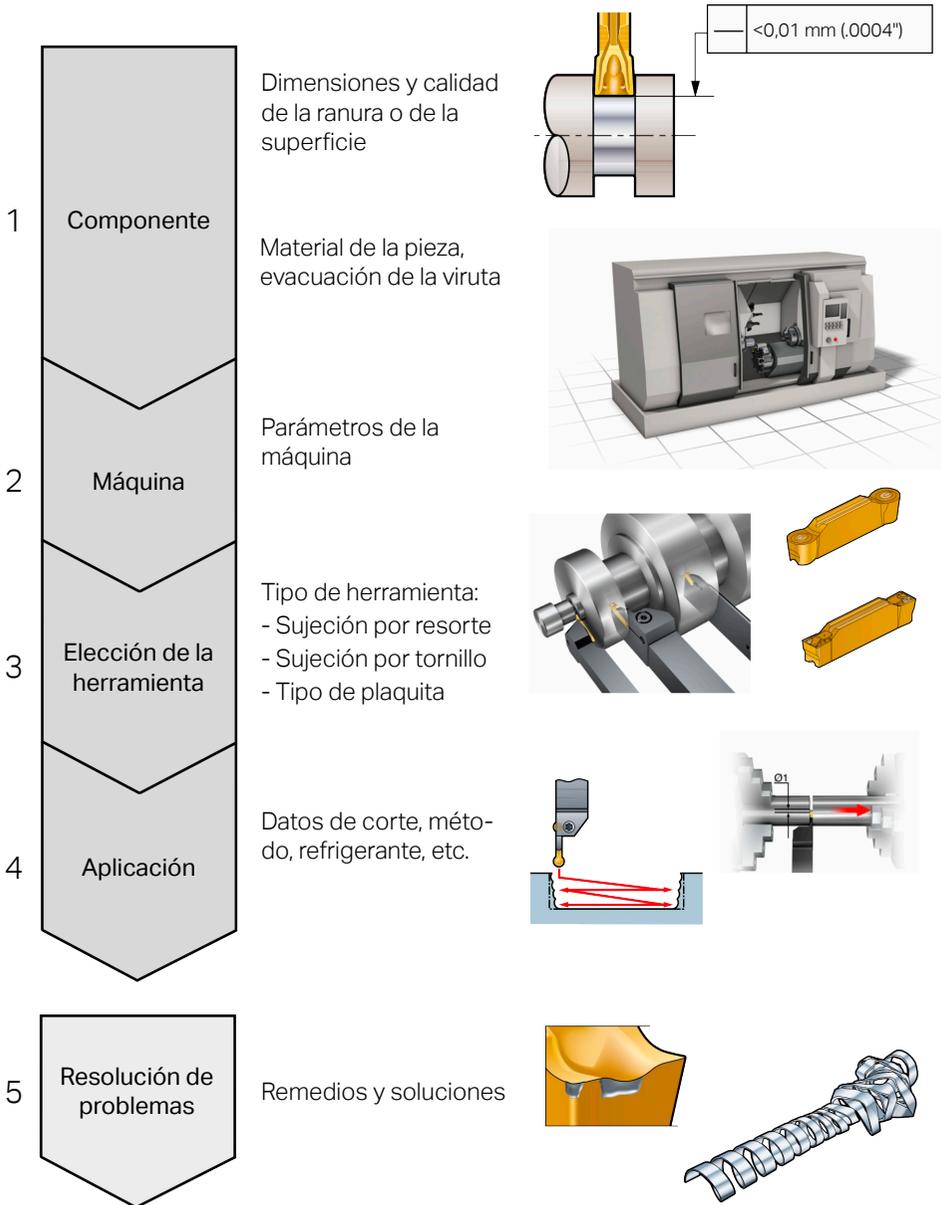
DAXIN = diámetro mínimo de la primera ranura (2 en esta ilustración)

DAXX = diámetro máximo de la primera ranura (1 en esta ilustración)



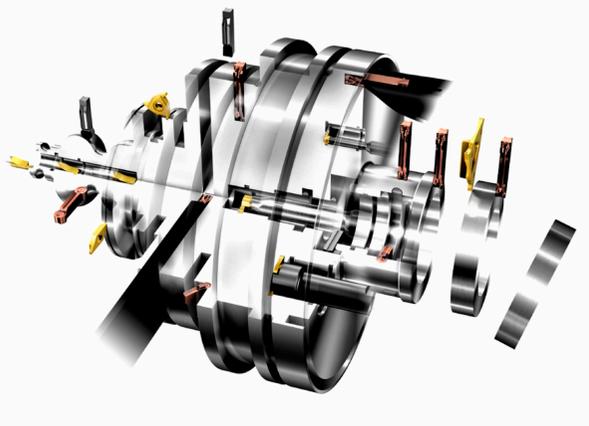
Procedimiento de selección de la herramienta

Proceso de planificación de la producción



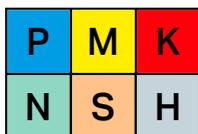
1. Componente y material de la pieza

Parámetros que hay que tener en cuenta



Componente

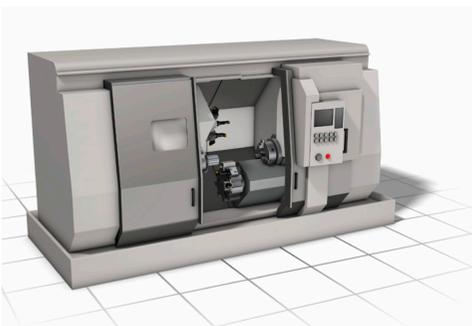
- Analice las dimensiones y las exigencias de calidad de la ranura o la superficie que se va a mecanizar
- Tipo de operación: tronzado, ranurado
- Profundidad de corte
- Anchura de corte
- Radio de esquina.



Material

- Maquinabilidad
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.

2. Parámetros de la máquina



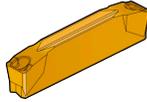
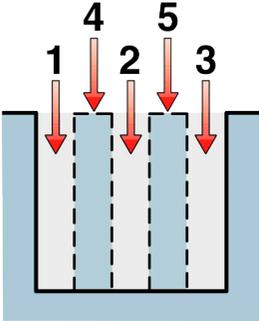
Consideraciones importantes acerca de la máquina:

- Estabilidad, potencia y par, especialmente para diámetros grandes
- Sujeción de la pieza
- Adaptador de torreta
- Número de cambios de herramienta/número de herramientas en la torreta
- Evacuación de la viruta
- Líquido de corte y refrigerante.

3. Elección de herramientas

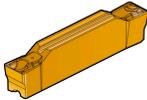
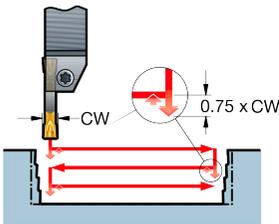
Ejemplo de distintos métodos de mecanizado

Ranurado múltiple



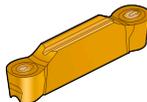
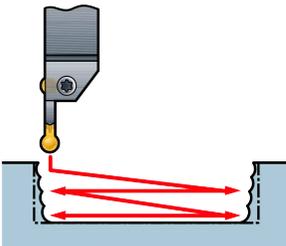
- El ranurado múltiple es el mejor método para operaciones de ranurado de desbaste cuando la profundidad es superior a la anchura.
- Construya un "peine". De este modo mejorará la salida de la viruta y prolongará la vida útil de la herramienta.

Torneado en "plunge"



- El torneado en "plunge" es la mejor elección para mecanizar acero y acero inoxidable en situaciones en que la anchura de la ranura sea superior a su profundidad.
- Buen control de la viruta.

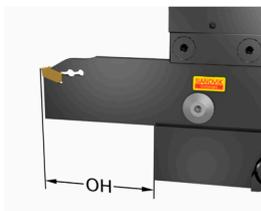
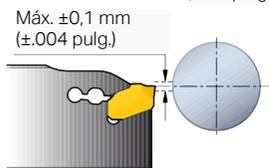
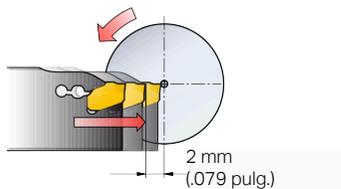
Mecanizado en rampa



- Con el mecanizado en rampa se evita la vibración y se minimizan las fuerzas radiales.
- Las plaquitas redondas son las plaquitas más resistentes.
- Duplicar el número de cortes/pasadas.
- Primera opción en superaleaciones termorresistentes (HRSA). Reduce el desgaste en entalladura.

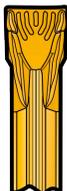
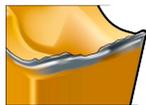
4. Aplicación

Consideraciones de aplicación



5. Resolución de problemas

Aspectos que tener en cuenta



- La altura central es importante, $\pm 0,1$ mm ($\pm .004$ pulg.).
- Aproximadamente 2 mm (.079 pulg.) antes de llegar al centro, se recomienda una velocidad de avance de 0,05 mm/rev. (.002 pulg./rev.).
- Use el menor voladizo posible, OH mm (pulg.).
- Lama con la mayor altura posible para una mayor resistencia a la flexión.
- Utilice refrigerante para mejorar la salida de la viruta.

Desgaste de la plaquita y vida útil de la herramienta

- Compruebe el patrón de desgaste y ajuste los datos de corte si es necesario.

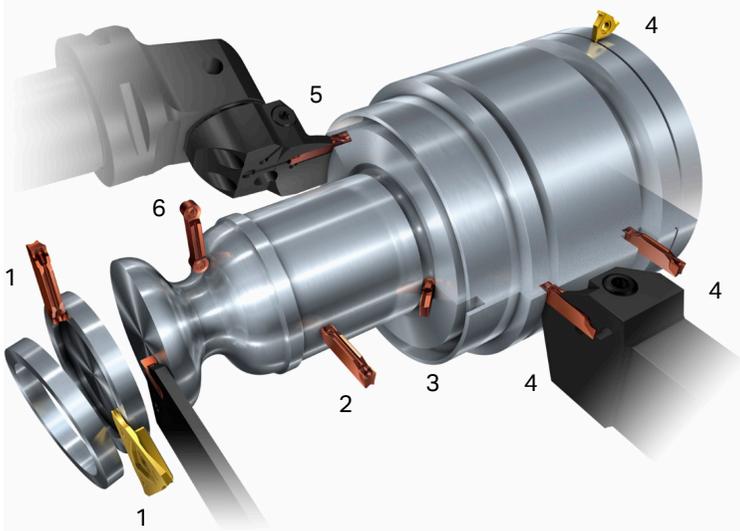
Para optimizar la formación de la viruta y el desgaste de la herramienta

- Utilice el formador de viruta recomendado
- Utilice un ángulo frontal neutro
- Compruebe la altura central
- Utilice líquido de corte.

Información general del sistema

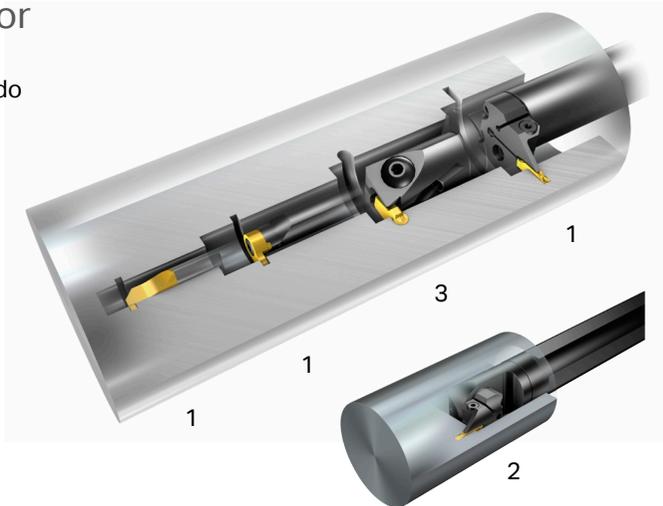
Tronzado y ranurado exterior

1. Tronzado de barras enterizas y de tubos
2. Torneado y rebajes
3. Desahogo
4. Ranurado superficial y profundo
5. Ranurado frontal
6. Perfilado

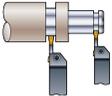
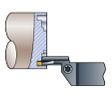
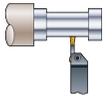
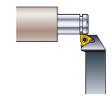


Ranurado interior

1. Ranurado y pretronzado
2. Ranurado frontal
3. Perfilado



Diferentes sistemas

Tipo de plaquita							
		CoroCut2	CoroCut1	CoroCut3	CoroCut QD	CoroCut QF	Circlip 266
Aplicación							
Tronzado (corte)		 Medio	 Profundo	 Superficial	 Profundo		
Ranurado							
Ranurado frontal							
Torneado							
Perfilado							
Desahogos							
Ranurado de circlips							



Primera opción



Segunda opción

Tronzado y ranurado exterior

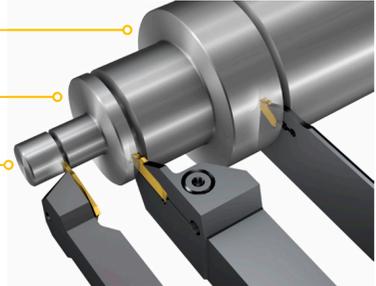
Diferentes sistemas

Tronzado exterior: gamas de diámetros

Tronzado profundo: $\varnothing < 160$ mm (6.299")

Tronzado medio: $\varnothing < 40$ mm (1.575")

Tronzado superficial: $\varnothing < 12$ mm (0.472")



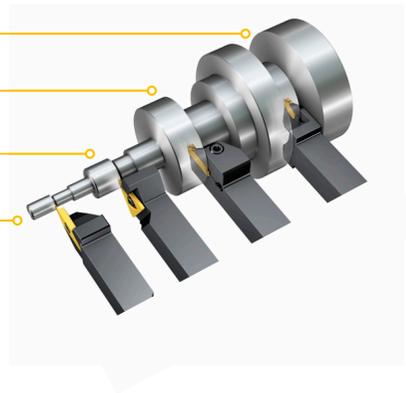
Ranurado: gamas de profundidad

Ranurado profundo: profundidad < 100 mm (3.937")

Ranurado medio: profundidad < 50 mm (2.000")

Ranurado superficial: profundidad < 6 mm (.236")

Ranurado superficial: profundidad $< 3,7$ mm (.146")



Ranurado frontal: gamas de diámetros



Diámetro grande > 34 mm (1.338")

Diámetro pequeño $> 0,2$ mm (.0078")

Diámetro pequeño > 6 mm (.236")

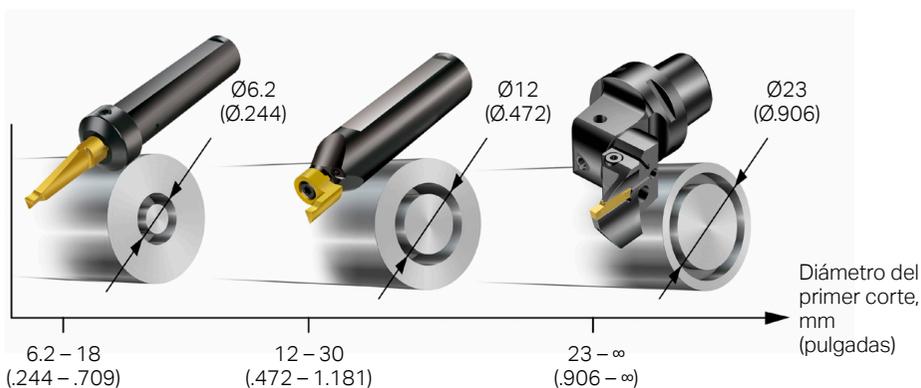
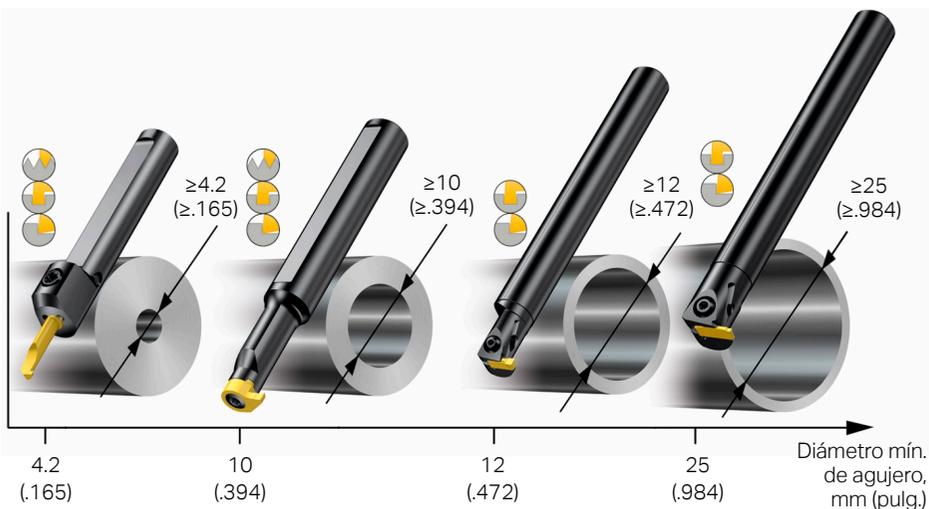
Diámetro medio o grande > 16 mm (.629")

Tronzado y ranurado interior

Diferentes sistemas

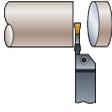
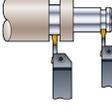
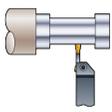
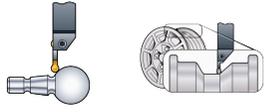
Ranurado interior: diámetro mín. de agujero

Ranurado frontal: gama de diámetros de agujero



Plaquitas

Información general sobre geometría

Aplicación Condiciones de mecanizado	 Tronzado (corte)	 Ranurado	 Torneado	 Perfilado	
Acabado	CF 	GF 	TF 		
Medio	CM 	GM 	TM 	RM 	AM 
Desbaste	CR 				
Optimizadora				RO 	
	CS 			RS 	
		GE 		RE 	



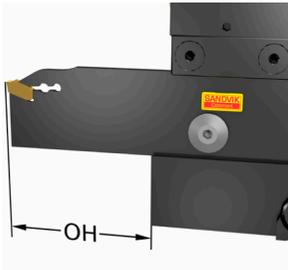
Tronzado y ranurado, y su aplicación

- Tronzado y ranurado, y su aplicación B 17
- Tronzado y su aplicación B 22
- Ranurado general y su aplicación B 26
- Ranurado de circlips y su aplicación B 28
- Ranurado frontal y su aplicación B 29
- Perfilado y su aplicación B 32
- Torneado y su aplicación B 34
- Desahogos y su aplicación B 36

Voladizo de la herramienta y desviación de la pieza

El voladizo de la herramienta debe reducirse siempre al mínimo para mejorar la estabilidad. En las operaciones de tronzado y ranurado, debe tener en cuenta la profundidad de corte y la anchura de la ranura, lo cual a menudo implica una pérdida de estabilidad a cambio de satisfacer las exigencias de accesibilidad.

Estabilidad óptima



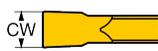
- El voladizo (OH) debería ser lo menor posible
- Se debe utilizar el mayor tamaño de alojamiento

Mecanizado interior



Tipo de mango:

- Barras de acero $\leq 3 \times \text{DMM}$
- Barras de acero antivibratorias $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Barras de metal duro $\leq 5 \times \text{DMM}$
- Barras reforzadas de metal duro antivibratorias de hasta $7 \times \text{DMM}$.

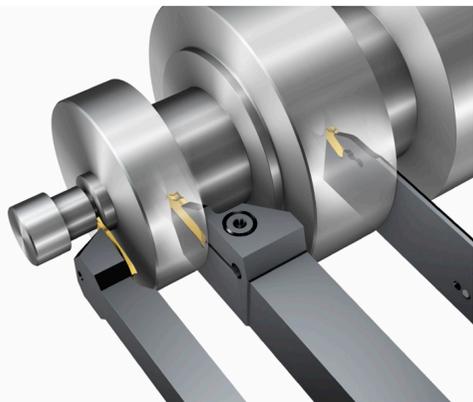


Plaquitas:

- Utilice la anchura más pequeña posible
- Utilice geometrías de corte ligero.

Parámetros de selección del portaherramientas

Consideraciones sobre el sistema



Tronzado profundo

Tronzado superficial

Tronzado medio

Tronzado profundo

- La primera opción son lamas de sujeción por resorte con plaquitas de un solo filo.

Tronzado medio

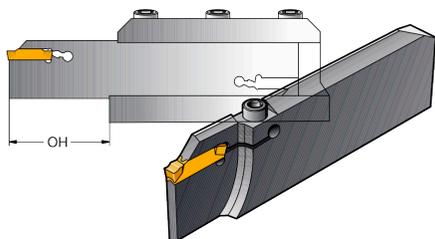
- La primera opción en tronzado medio son los portaherramientas con plaquitas de 2 filos.

Tronzado superficial

- Utilizar la plaquita de 3 filos para conseguir un tronzado económico para la producción en serie.

Consideraciones generales sobre el portaherramientas

Bloque de herramientas con lama de sujeción por resorte para ajustar el voladizo.



- El menor voladizo posible, OH mm (pulg.)
- Mayor mango portaherramientas posible
- Mayor altura posible
- Máxima anchura de lama.

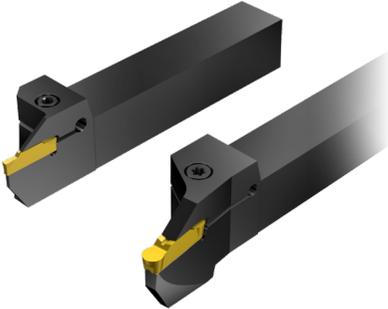
Lamas de sujeción por resorte



Características y ventajas

- Cambio más rápido de la plaquita
- Tronzado de mayor diámetro
- Capacidad de ajuste
- Ranurado profundo
- Doble extremo
- Solo avance radial
- Refrigerante de precisión

Portaherramientas de sujeción por tornillo y de sujeción por resorte



Características y ventajas

- Diámetros más pequeños
- Ranurado superficial
- Avance radial y axial
- Mayor rigidez
- Un solo extremo
- Refrigerante de precisión

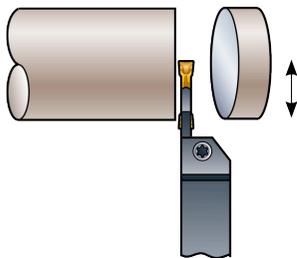
Portaherramientas de sujeción por tornillo para plaquetas de 3 filos



Características y ventajas

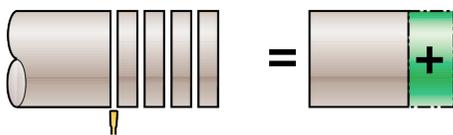
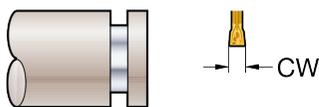
- Anchura de plaquita extremadamente pequeña:
 - ranurado hasta 0,5 mm (.020")
 - tronzado hasta 1 mm (.039").
- Profundidad de corte hasta 6 mm (.236").
- Un portaherramientas para todas las anchuras de plaquita.
- Tolerancia muy estrecha al cambio de plaquita.
- Elección productiva, 3 filos.

Tronzado de barras

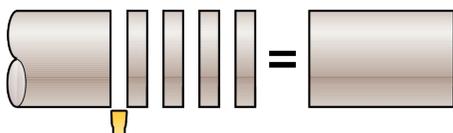


Utilizar una plaquita lo más estrecha posible:

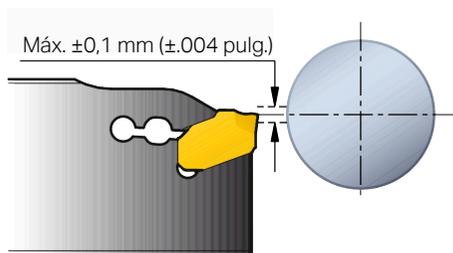
- para ahorrar material;
- para minimizar la fuerza de corte;
- para minimizar la contaminación medioambiental.



Ahorro de material



Colocación de la herramienta



Usar una desviación máxima de $\pm 0,1$ mm ($\pm .004$ pulg.) de la línea central.

Filo demasiado alto

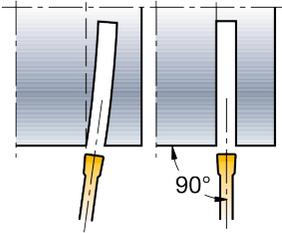
- Se reduce la incidencia.
- El filo producirá fricción (rotura).

Filo demasiado bajo

- La herramienta dejará material en el centro (tetón).



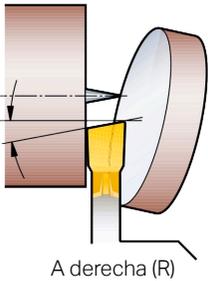
► Colocación de la herramienta



Montaje del portaherramientas a 90°

- Superficie perpendicular
- Reduce la vibración.

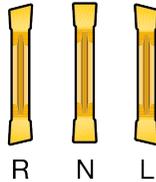
Orientación de la plaquita



Orientación de la plaquita

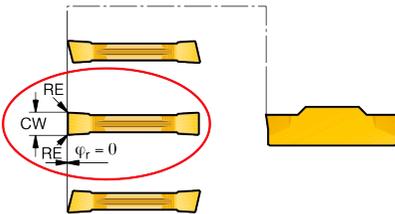
Tres tipos de plaquita con distinto ángulo de posición:

- a derecha (R);
- neutro (N);
- a izquierda (L).



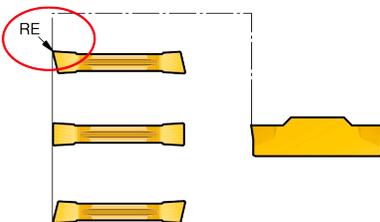
Geometría de la plaquita

Ángulo de posición neutro



- Incremento de la resistencia
- Mayor avance/productividad
- Mejor acabado superficial
- Corte más recto
- El tetón se queda en la pieza que cae.

Radio de esquina pequeño/grande



Radio de esquina pequeño

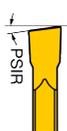
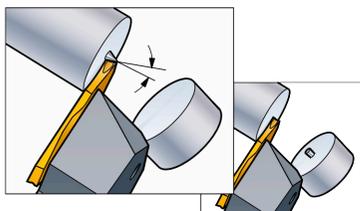
- Tetón más pequeño
- Mejor control de la viruta
- Menor velocidad de avance.

Radio de esquina grande

- Mayor velocidad de avance
- Vida útil de la herramienta más prolongada.

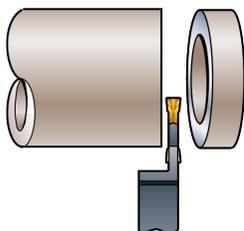
Tronzado

Reducir el tetón utilizando distintos ángulos frontales



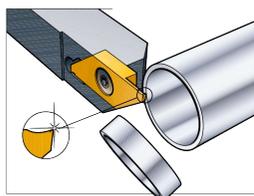
Ejemplo de ángulos frontales en plaquitas de 1, 2 y 3 filos:
 KAPR = 95°, 98°, 100°, 102°, 105°, 110°
 (PSIR = 5°, 8°, 10°, 12°, 15°, 20°)

Tronzado de tubos



Utilice una plaquita de la anchura más pequeña posible (CW) para ahorrar material, minimizar la fuerza de corte y reducir el impacto medioambiental.

Tronzado de tubos de paredes delgadas



Asegúrese de que las fuerzas de corte generadas sean lo más bajas posible. Utilice plaquitas de la anchura más pequeña y los filos más agudos posibles.

- Elija un ángulo frontal a izquierda o derecha para controlar tetones y rebabas.
- Cuando el ángulo frontal:
 - se aumenta, el tetón/la rebaba disminuye;
 - se reduce, mejoran el control de la viruta y la vida útil de la herramienta.
- La fuerza centrífuga efectuará siempre un tronzado a tracción del componente.
 - La herramienta dejará material en el centro (tetón).

Nota:

Una plaquita de ángulo frontal aportará un control de viruta reducido debido a la dirección del caudal de la viruta. (Una plaquita neutra expulsa la viruta directamente de la ranura).

Selección de la herramienta: resumen



Recomendaciones generales:

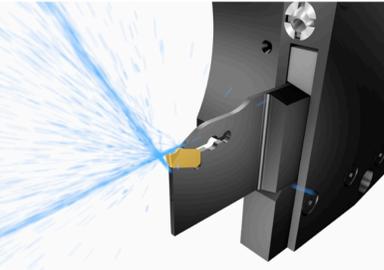
- Plaquitas neutras
- La anchura de plaquita más pequeña posible
- El mayor portaherramientas posible.

Tenga en cuenta:

- la profundidad de corte;
- la anchura de la plaquita;
- el ángulo frontal;
- el radio de esquina.

Utilice líquido de corte

El líquido de corte realiza una función importante porque el espacio suele estar restringido y obstruido por la viruta. Por ello, es muy importante utilizar siempre refrigerante de precisión en abundancia y dirigirlo hacia el filo durante toda la operación.



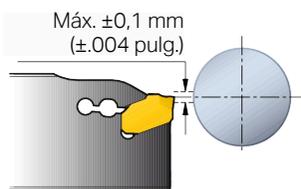
Aplicación:

- Utilice una gran cantidad
- Diríjalo directamente hacia el filo
- Refrigerante de precisión.

Resultado:

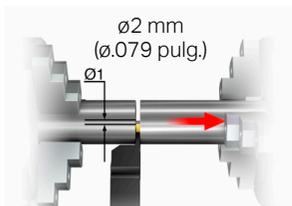
- Efecto positivo en la formación de la viruta
- Previene el atasco de la viruta
- Prolonga la vida útil de la herramienta.

Consejos prácticos

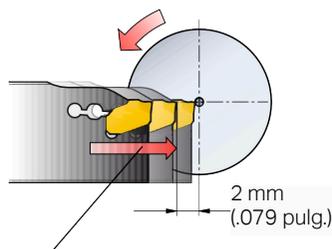


- La altura central es importante, $\pm 0,1$ mm ($\pm .004$ pulg.).

- Si utiliza husillo secundario, retire el componente aproximadamente 2 mm (.079 pulg.) antes del centro.



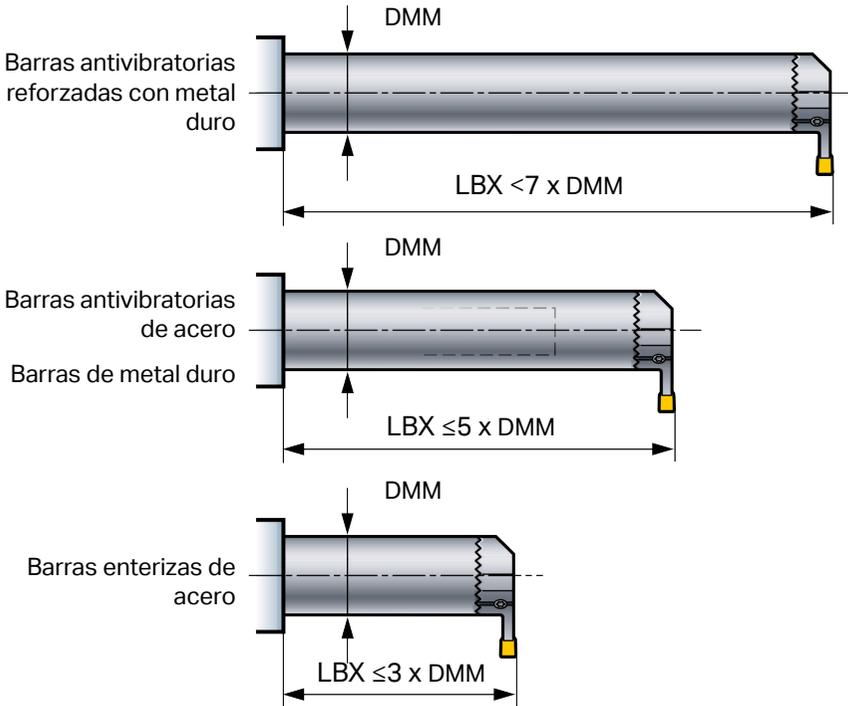
- Aproximadamente 2 mm (.079 pulg.) antes de llegar al centro, se recomienda una velocidad de avance de 0,05 mm/rev. (.002 pulg./rev.) también para el tronzado de tubos.



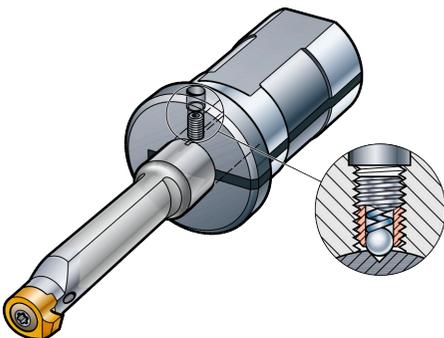
f_n 0,05 mm/rev. (.002 pulg./rev.)

Recomendaciones sobre barras de mandrinar

Voladizo recomendado

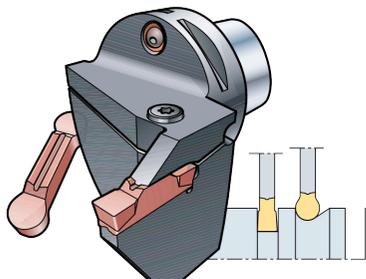


Manguitos EasyFix



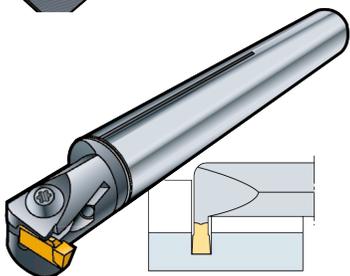
Utilice manguitos de sujeción EasyFix para mecanizar con precisión y conseguir una menor vibración y una altura correcta.

Ranurado general



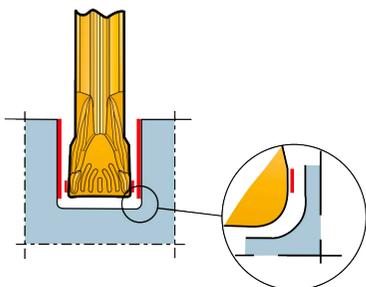
- El ranurado con un solo corte es el método más económico y productivo para mecanizar ranuras.

- Si la profundidad de la ranura es superior a su anchura, el ranurado múltiple resulta el método más apropiado para ranurar en desbaste.



- Para las operaciones de ranurado, se debe seleccionar un portaherramientas con sujeción por tornillo o por resorte.

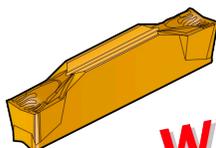
Ranurado con un solo corte



- Método económico y productivo para mecanizar ranuras.

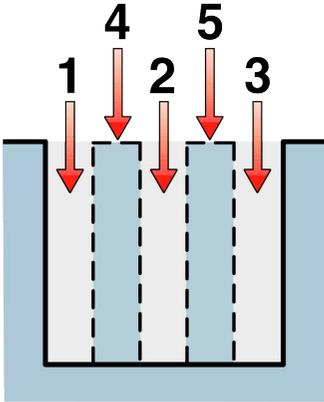
- La geometría de acabado tiene una tolerancia en anchura de $\pm 0,02$ mm ($\pm 0,0008$ pulg.) y funciona bien con un avance reducido.

- Las plaquitas Wiper ofrecen una calidad superficial extraordinariamente alta en los lados de la ranura.



TECHNOLOGY
Wiper

Ranurado múltiple

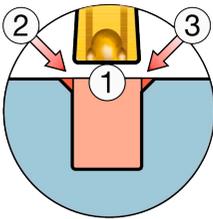


- El mejor método para ranurar en desbaste cuando la profundidad es mayor que la anchura.
- Utilice la anchura de la plaquita para mecanizar ranuras completas y, posteriormente, elimine los anillos.

Consejos prácticos

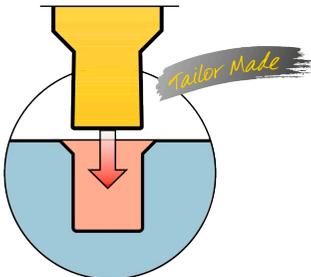
Al mecanizar ranuras de alta calidad suele ser necesario achaflanar los ángulos.

A



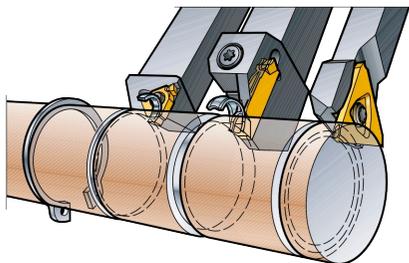
- El chafán se puede hacer, por ejemplo, utilizando los ángulos de una plaquita para ranurar en acabado; véase la ilustración A.

B



- Una alternativa más adecuada para la producción de ranuras en serie sería solicitar una plaquita Tailor Made (a medida) con la forma exacta del chafán; véase la ilustración B.

Ranurado de *circlips*



Es muy habitual la presencia de anillos circlip en ejes y piezas de ejes.

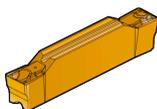
- El ranurado de anillos circlip se puede llevar a cabo con plaquetas de ranurado de tres o de dos filos.
- Para el ranurado interior también hay una amplia gama de plaquetas y barras de mandrinar.

Sistemas entre los que elegir

Plaquetas de 3 filos



Plaquetas de 2 filos



- Para una máxima rentabilidad, use plaquetas de 3 filos de 1,00-3,18 mm (.039-.125 pulg.) de ancho.
- O plaquetas de 2 filos y anchura 1,50-6,00 mm (.059-.236 pulg.).

Plaquetas interiores



Plaquetas de barras de metal duro



- Hay plaquetas interiores para agujeros con un diámetro mín. de 10 mm (.394 pulg.) y anchuras de circlip de 1,10-4,15 mm (.043-.163 pulg.) de ancho.
- El diámetro mín. de agujero para plaquetas de barras de metal duro es 4,2 mm (.165 pulg.) y anchuras de circlip de 0,78-2,00 mm (.031-.079 pulg.).

Interior



Interior/exterior



El fresado es una alternativa para piezas estacionarias

- Las anchuras de circlip para fresas de 9,7-34,7 mm (.382-1.366 pulg.) de diámetro son 0,70-5,15 mm (.028-.203 pulg.).
- Las anchuras de circlip para fresas de 39-80 mm (1.535-2.480 pulg.) de diámetro son 1,10-5,15 mm (.043-.203 pulg.).

Diámetro de la fresa
9,7-34,7 mm
(.382-1.366 pulg.)

Diámetro de la fresa
39-80 mm
(1.535-2.480 pulg.)

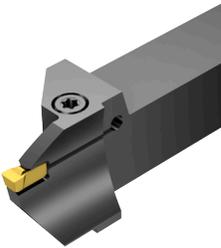
Ranurado frontal



Para realizar ranuras axiales en la parte frontal de las piezas, se necesitan herramientas especiales.

- La curva correcta de la herramienta depende del radio de la pieza.
- Hay que tener en cuenta los diámetros interior y exterior de la ranura para seleccionar la herramienta.

Herramientas para ranurado frontal



- Herramienta curva para ranurado frontal, mango de 0°.

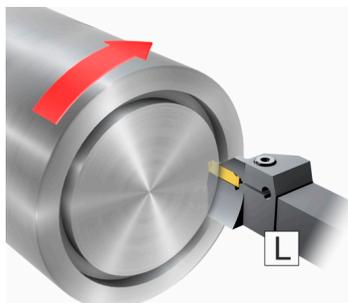


- Herramienta curva para ranurado frontal, mango de 90°.

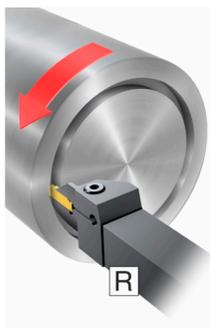


- Las lamas de corte intercambiables permiten montar herramientas especiales a partir de herramientas estándar.

Selección de herramientas a derecha o izquierda según la rotación



Herramienta a izquierda (L)

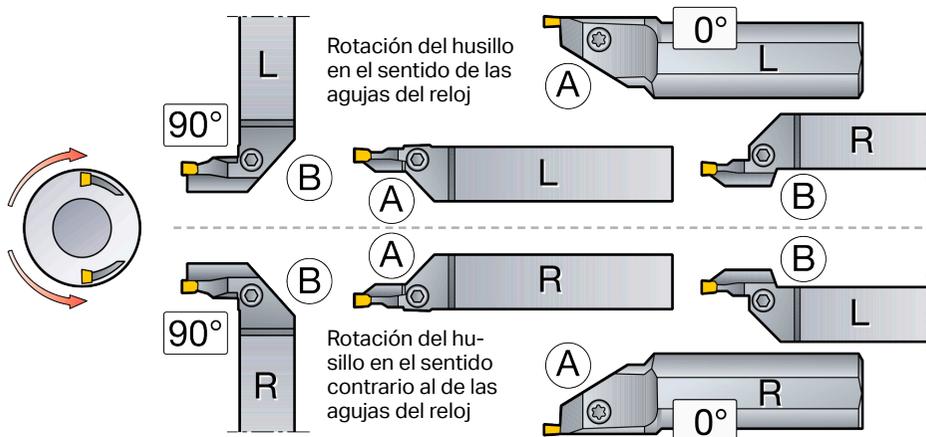


Herramienta a derecha (R)

- La herramienta avanza axialmente hacia la superficie final de la pieza.
- La herramienta debe estar adaptada al radio de curvatura de la ranura.
- Mecanice el diámetro mayor y trabaje hacia el interior para mejorar el control de la viruta.

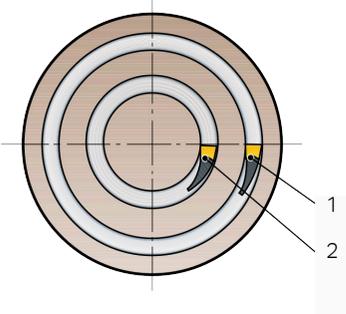
Elección de herramienta con curva A o B, a derecha o a izquierda

Seleccione la herramienta correcta (curva A o B, a derecha o izquierda) en función del reglaje de la máquina y la rotación de la pieza.



www.tool-builder.com

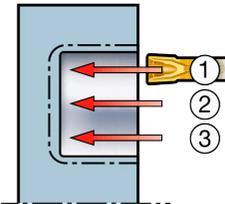
Consideraciones sobre el primer corte



- 1 Si el soporte de la plaquita roza la pieza en el diámetro interior:
 - es posible que el intervalo de diámetros no sea correcto;
 - la herramienta no está paralela al eje;
 - compruebe la altura central;
 - baje la herramienta por debajo de la línea central.
- 2 Si el soporte de la plaquita roza la pieza en el diámetro exterior:
 - es posible que el intervalo de diámetros no sea correcto
 - la herramienta no está paralela al eje
 - compruebe la altura central
 - levante la herramienta por encima de la línea central.

Desbaste y acabado de una ranura frontal

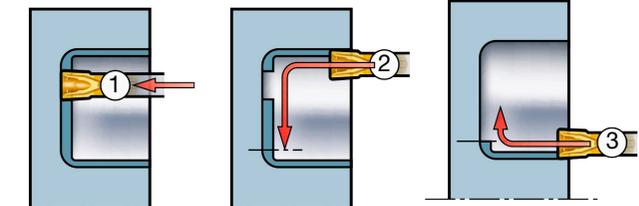
Desbaste



El primer corte (1) siempre se inicia sobre el diámetro mayor y se trabaja hacia dentro. El primer corte ofrece control de la viruta pero menos rotura de la misma.

El segundo (2) y el tercer (3) corte deben ser de $0,5-0,8 \times$ anchura de la plaquita. Ahora, la rotura de la viruta habrá mejorado y podrá incrementarse ligeramente el avance.

Acabado



Mecanice el primer corte (1) dentro del intervalo de diámetros dado.

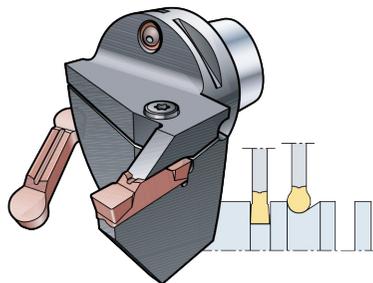
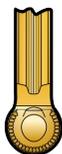
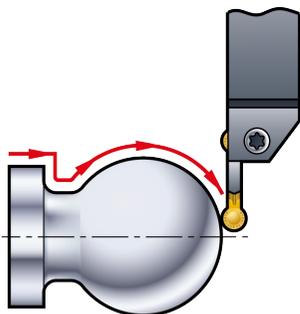
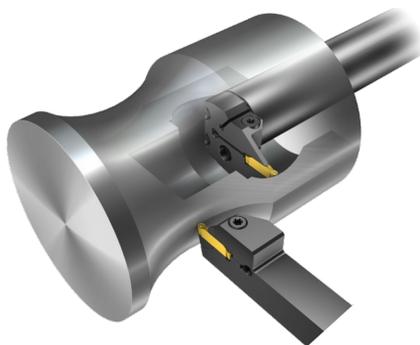
El segundo corte (2) acaba el diámetro. Se inicia siempre desde fuera hacia dentro.

Finalmente, el tercer corte (3) acaba el diámetro interior conforme a las dimensiones correctas.

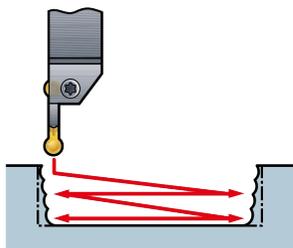
Perfilado

Cuando se mecanizan piezas de forma compleja, las plaquitas de perfilado ofrecen numerosas oportunidades de racionalización.

- Los modernos sistemas de tronzado y ranurado también pueden utilizarse para torneado.
- Deberá seleccionarse un portaherramientas con sujeción por tornillo para las operaciones de torneado y perfilado con vistas a conseguir la máxima estabilidad.
- Un portaherramientas neutro resulta adecuado tanto para abrir como para completar un rebaje.
- Las plaquitas de forma redonda cuentan con geometrías específicas para estas operaciones.



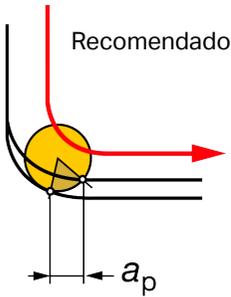
Mecanizado en rampa



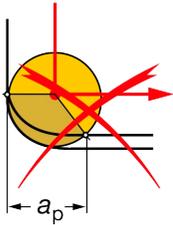
- Utilice plaquitas redondas para conseguir un control de la viruta superior y un buen acabado superficial.
- En reglajes inestables, utilice el mecanizado en rampa para evitar vibraciones.

Torneado de perfiles

Radio de la plaquita < radio de la pieza



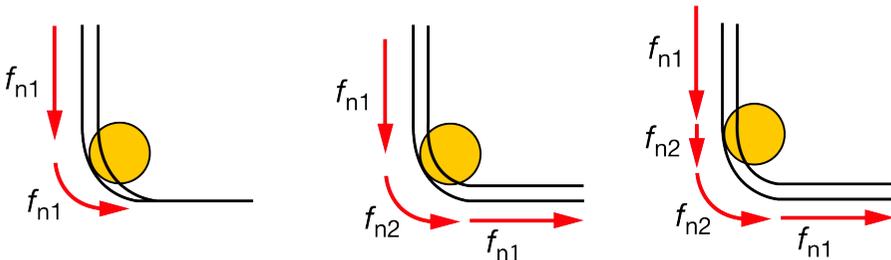
- Un área de la plaqueta grande crea una fuerza de corte elevada que obliga a reducir el avance.
- Si es posible, utilice una plaqueta cuyo radio sea menor que el radio de la pieza.
- Si tiene que utilizar una plaqueta con el mismo radio que la pieza, realice microdetenciones para acortar la viruta y evitar vibraciones.



Debe evitarse que el radio de la plaqueta sea \geq que el radio de la pieza

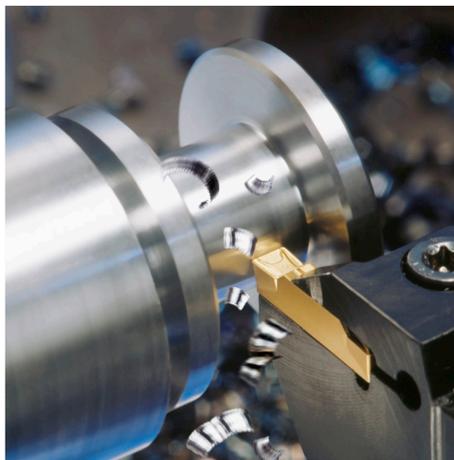
f_{n1} = cortes paralelos, grosor de viruta máx. 0,15-0,40 mm (.006-.016 pulg.).

f_{n2} = mecanizado en plunge radial, 50 % grosor máx. de viruta.



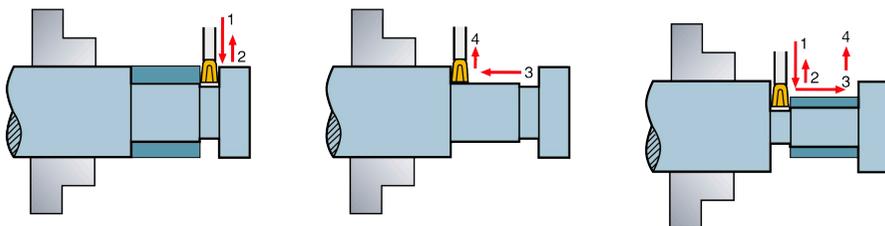
Torneado

Las aplicaciones más habituales para producir ranuras anchas o para torneado en escuadra son: ranurado múltiple, torneado en plunge y mecanizado en rampa. Los tres métodos son operaciones de desbaste y deben ir seguidas de una operación de acabado independiente. Regla práctica: si la anchura de la ranura es inferior a la profundidad, se debe utilizar ranurado múltiple, y al contrario para piezas delgadas se puede utilizar el método de mecanizado en rampa.



- Si es posible, utilice portaherramientas con el menor voladizo posible, sujeción por tornillo o resorte y plaquitas con forma de raíl.
- Si es posible, utilice un sistema de herramientas estable y modular.
- La lama reforzada incrementará la estabilidad.

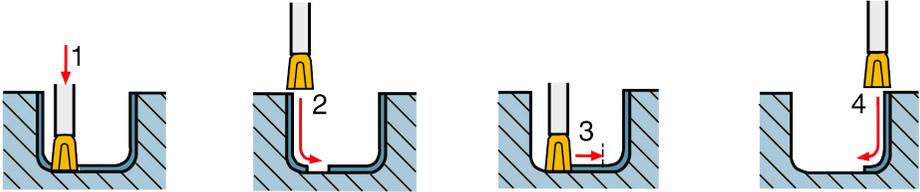
Desbaste



1. Entre radialmente en la pieza a la profundidad requerida $+0,2 \text{ mm}$ ($+0.008 \text{ pulg.}$) (máx. $0,75 \times$ anchura de la plaquita).
2. Retire radialmente la herramienta $0,2 \text{ mm}$ (0.008 pulg.).
3. Torneado en sentido axial hasta la escuadra opuesta.
4. Retire radialmente la herramienta $0,5 \text{ mm}$ (0.020 pulg.).

Acabado

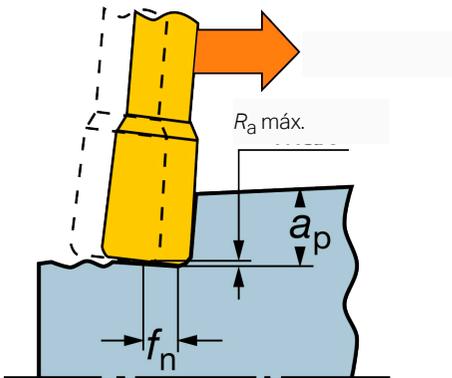
A medida que la plaquita rodea el contorno del radio, la mayor parte del desplazamiento se produce en dirección Z. Esto provoca la aparición de una viruta extremadamente delgada en el filo frontal y puede ocasionar fricción y vibración.



- La profundidad de corte radial y axial debe ser de 0,5-1,0 mm (,020-.039 pulg.).

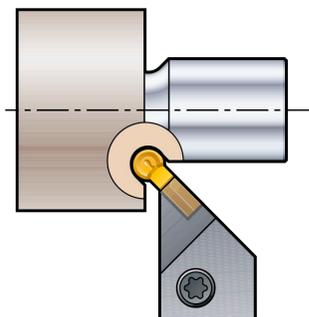
Torneado axial

Acabado superficial



- Este efecto "Wiper" genera un acabado superficial de gran calidad.
- El mejor efecto "Wiper" se consigue cuando se encuentra la combinación apropiada de avance (f_n) y desviación de lama.
- Se generará un valor R_a inferior a $0,5 \mu\text{m}$ ($20 R_a$) excelente.

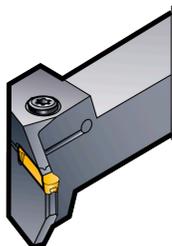
Desahogos



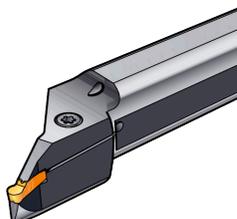
- Cuando se necesite incidencia.
- Estas aplicaciones requieren plaquitas específicas con filos redondeados que sean agudos y precisos.
- La tolerancia de estas plaquitas es baja: $\pm 0,02$ mm ($\pm 0,0008$ pulg.).

Herramientas para desahogo

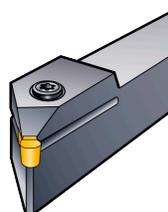
En ángulo de
7°, 45° y 70°



En ángulo de 20°



En ángulo de 45°



- Portaherramientas para desahogo exterior. Plaqueta de dos filos.

- Portaherramientas para desahogo interior. Plaqueta de dos filos.

- Portaherramientas para desahogo exterior. Plaqueta con un filo.

Resolución de problemas

Desgaste de la herramienta

Problema / Solución						
	Desgaste en incidencia	Deformación plástica	Desgaste en cráter	Astillamiento	Rotura	Filo de aportación
Geometría más positiva						++
Calidad más tenaz				++		
Calidad más resistente al desgaste	++	+	+			
Aumentar la velocidad de corte						+
Reducir la velocidad de corte	+	+	++			
Reducir la velocidad de avance		++		+	+	
Escoja una geometría más resistente				+	++	

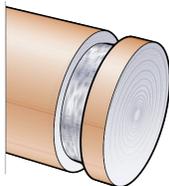
++ = Mejor solución posible

+ = Posible solución

Problema

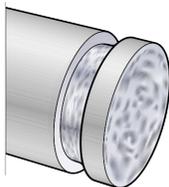
Solución

Superficie deficiente



- Utilizar una herramienta corta y estable.
- Alejar las virutas, utilizar una geometría con buen control de la viruta.
- Utilizar herramientas con refrigerante de precisión.
- Comprobar las indicaciones de velocidad/avance.
- Utilizar una geometría Wiper.
- Comprobar el reglaje de la herramienta.

Superficie deficiente en aluminio



- Seleccionar la geometría más aguda.
- Utilizar una geometría con buen control de la viruta.
- Seleccionar un aceite especial soluble para el material.
- Utilizar herramientas con refrigerante de precisión.

Rotura deficiente de la viruta

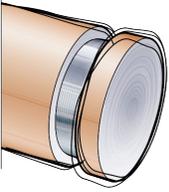


- Cambiar de geometría.
- Seleccionar un avance más elevado.
- Utilizar paradas (con interrupciones de avance).
- Utilizar herramientas con refrigerante de precisión.

Problema

Solución

Vibración



- Utilizar un reglaje estable.
- Comprobar las indicaciones de velocidad/avance.
- Utilizar un voladizo más corto en la herramienta y la pieza.
- Cambiar de geometría.
- Comprobar el estado de la herramienta.
- Comprobar el reglaje de la herramienta (altura central).

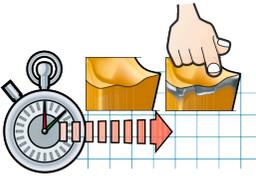
Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Vida útil reducida de la herramienta



- Compruebe la altura central.
- Compruebe el ángulo entre la herramienta y la pieza.
- Comprobar el estado de la lama. Si la lama es antigua, la plaquita podría quedar inestable en el alojamiento.
- Utilizar herramientas con refrigerante de precisión.

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

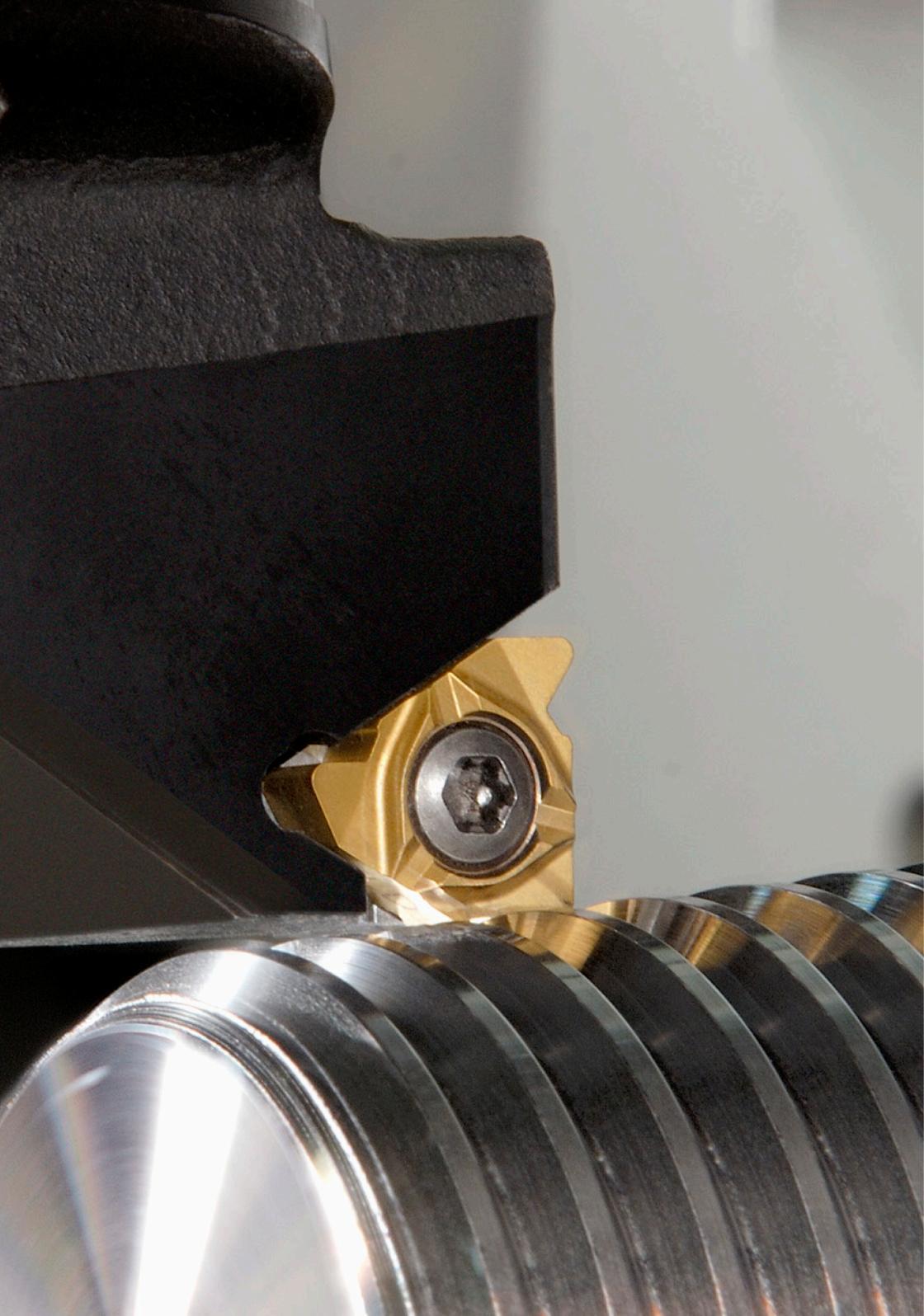
Mandrinado

G

Soporte de la herramienta

H

Maquinabilidad
Otros datos



Roscado

El torneado de roscas es el proceso por el que una herramienta de plaquita intercambiable realiza un cierto número de pasadas a lo largo de la sección de una pieza que requiere una rosca.

Al dividir toda la profundidad de corte de la rosca en una serie de pequeños cortes, el sensible filo de corte que perfila la rosca no se ve sometido a sobrecarga.

- Teoría C 4
- Procedimiento de selección C 9
- Información general del sistema C 13
- Cómo se aplica C 19
- Resolución de problemas C 24
- Roscado con macho C 28

Teoría de roscado

Métodos de roscado

Las funciones principales de una rosca son:

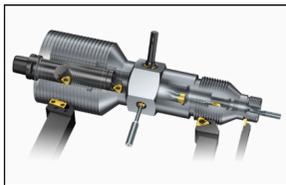
- formar un acoplamiento mecánico
- transmitir movimiento por conversión de un movimiento de rotación en un movimiento lineal o viceversa
- obtener una ventaja mecánica; se utiliza una fuerza reducida para crear una mayor.

Distintos métodos de realización de roscas

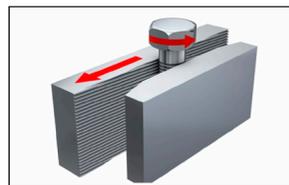
Moldeo



Mecanizado



Laminación



Métodos de realización de roscas por mecanizado

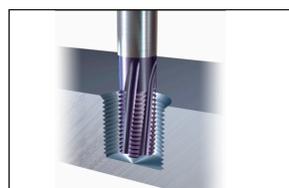
Torneado de roscas



Roscado con macho



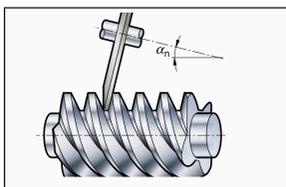
Fresado de roscas



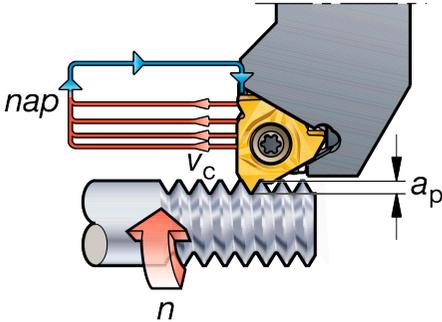
Roscado con cabezal giratorio



Rectificado



Definiciones

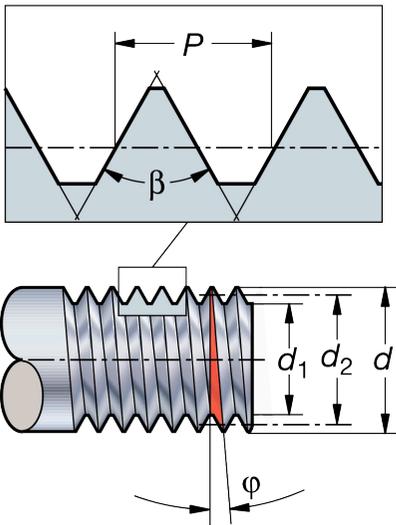


v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

n = velocidad del husillo (rpm)

a_p = profundidad de la rosca total mm (pulg.)

nap = número de pasadas



P = paso, mm o hilos por pulgada (hpp)

β = ángulo de la rosca

d_1 = diámetro exterior menor

D_1 = diámetro interior menor

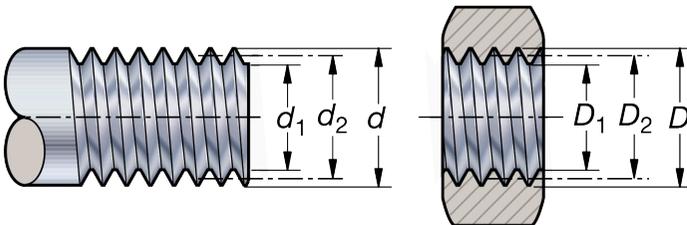
d_2 = diámetro primitivo exterior

D_2 = diámetro primitivo interior

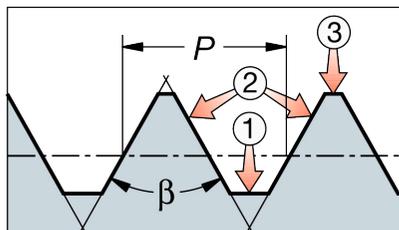
d = diámetro exterior mayor

D = diámetro interior mayor

ϕ = ángulo helicoidal de la rosca



Definiciones



1. Valle

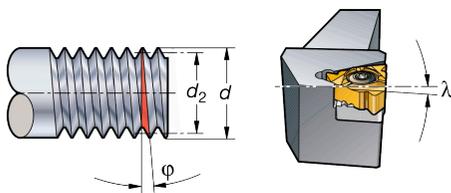
- Es la superficie del fondo donde se unen los dos flancos adyacentes de la rosca.

2. Flanco

- Lateral de la superficie de rosca que conecta la cresta y el valle.

3. Cresta

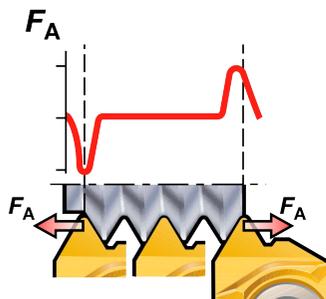
- Superficie superior que une los dos flancos.



Ángulo helicoidal

- El ángulo helicoidal (φ) depende de los valores del diámetro y del paso (P) de la rosca.
- Si se cambia la placa de apoyo, se ajustará la incidencia de flanco de la plaquita.
- El ángulo de inclinación es lambda (λ). El ángulo de inclinación más común es 1° , que es la placa de apoyo estándar del portaherramientas.

Fuerzas de corte a la entrada y a la salida de la rosca



- El valor más alto de fuerza de corte axial en la operación de roscado se produce durante la entrada y la salida de la herramienta de corte.
- Datos de corte muy agresivos pueden provocar el desplazamiento de la plaquita si la sujeción no es segura.

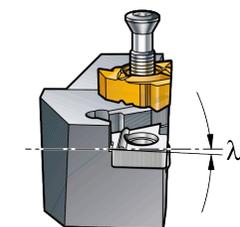
Incidencia según la inclinación de la plaquita

Selección de placas de apoyo para inclinación

El ángulo de inclinación se puede ajustar usando placas de apoyo debajo de la plaquita en el portaherramientas.

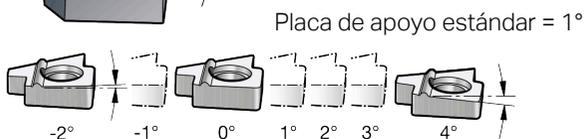
Se puede elegir qué placa de apoyo utilizar tomando como referencia la tabla del catálogo.

Como parte de la oferta estándar, todos los portaherramientas se entregan con una placa de apoyo reglada a 1°.



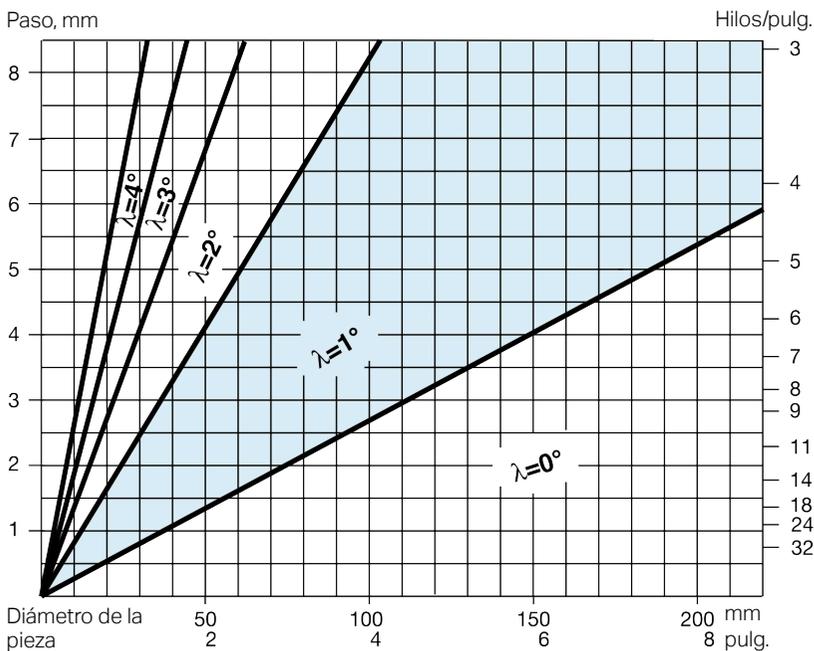
Tangente del ángulo de inclinación

Nota: Algunas operaciones de roscado a tracción requieren una placa de apoyo con ángulo de inclinación negativo.



$$\tan \lambda = \frac{P * n_s}{\pi * d_2}$$

* n_s = número de entradas

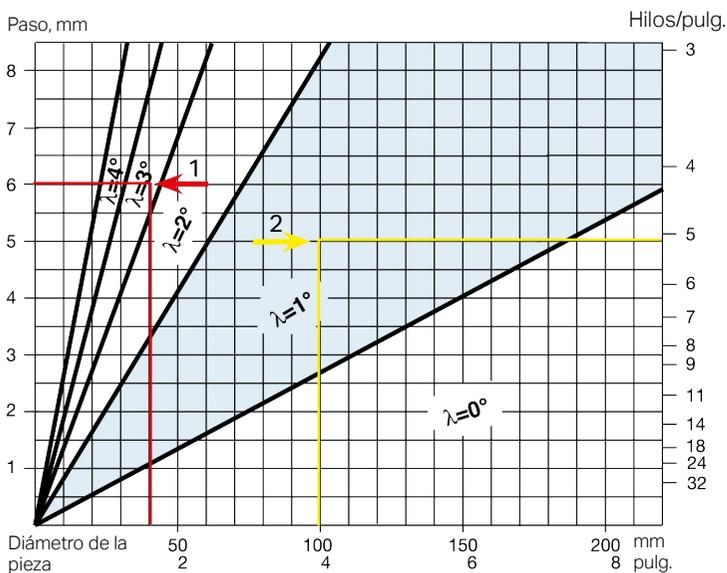


Selección de placas de apoyo para inclinación

El diámetro y el paso influyen en el ángulo de inclinación.

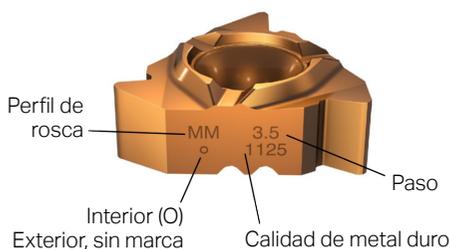
Ejemplo de utilización del diagrama.

1. El diámetro de la pieza es de 40 mm (1.575") con un paso de rosca de 6 mm (.236"). En el diagrama podemos ver que la placa de apoyo requerida debe tener un ángulo de inclinación de 3° (no se puede usar la placa de apoyo estándar).
2. El diámetro de la pieza es de 102 mm (4") con una rosca de 5 hilos por pulgada. En el diagrama podemos ver que la placa de apoyo requerida debe tener un ángulo de inclinación de 1° (se puede usar la placa de apoyo estándar).



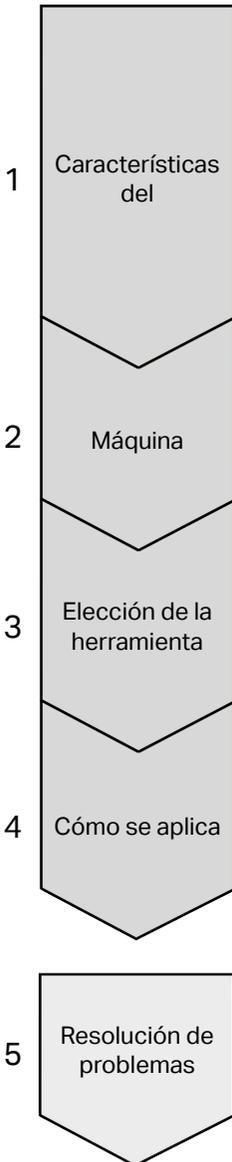
Marcaje de las plaquitas de roscado y las placas de apoyo

Cómo leer e interpretar las marcas.

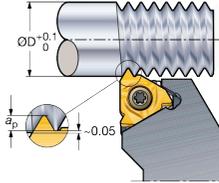


Procedimiento de selección de la herramienta

Proceso de planificación de la producción



Dimensiones y calidad de la rosca

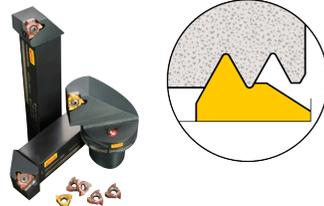


Material de la pieza, perfil de la rosca y cantidad

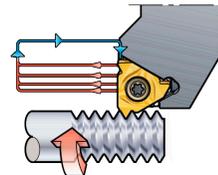


Parámetros de la máquina

Tipo de herramienta:
- Multi-diente
- Perfil completo
- Perfil en V



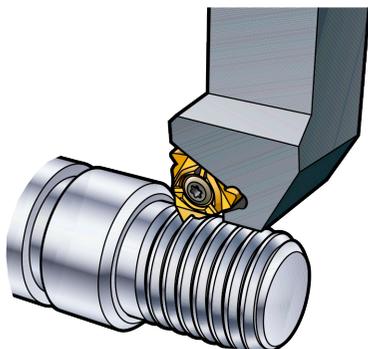
Datos de corte, penetración, etc.



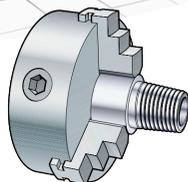
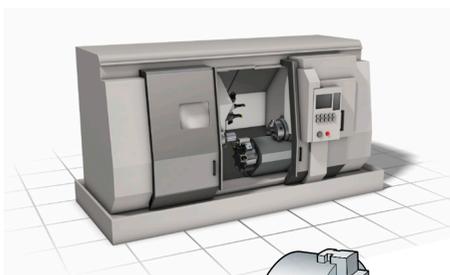
Remedios y soluciones



1. Componente y material de la pieza



2. Parámetros de la máquina



Características del

- Analice las dimensiones y exigencias de calidad de la rosca que se va a mecanizar
- Tipo de operación (exterior o interior)
- Rosca a derecha o a izquierda
- Tipo de perfil (métrica, UN, etc.)
- Tamaño del paso
- Número de entradas de rosca
- Tolerancia (perfil, posición).

Material

- Maquinabilidad
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.

Estado de la máquina y configuración

- Adaptador del husillo
- Estabilidad de la máquina
- Velocidad del husillo disponible
- Suministro de refrigerante
- Sujeción de la pieza
- Potencia y par
- Ciclos de programación disponibles
- Alcance de la herramienta e incidencia
- Voladizo de la herramienta.

3. Elección de herramientas

Distintos métodos de creación de roscas

Plaquetas multidiente



Una plaqueta de perfil completo (acabado) con varios dientes reduce el número de penetraciones necesarias y hace que se obtenga una productividad elevada. Por ejemplo, una plaqueta multidiente de dos dientes reduce el número de penetraciones a la mitad.

La presión de la herramienta se incrementa proporcionalmente con el número de dientes, por lo que requiere reglajes estables y voladizos más cortos. También se necesita espacio suficiente detrás de la rosca.

Ventajas

- Reducido número de penetraciones
- Productividad muy elevada.

Desventajas

- Requiere reglajes estables
- Necesita espacio suficiente detrás de la rosca.

Plaquetas de perfil completo



La rosca es mecanizada por la plaqueta con un buen control de las propiedades geométricas dado que la distancia entre el valle y la cresta está controlada.

Cada plaqueta solo puede mecanizar un paso.

Como la plaqueta genera al mismo tiempo el valle y la cresta, se incrementa la presión de la herramienta y, por consiguiente, los requisitos en lo que respecta al reglaje y al voladizo son exigentes.

Ventajas

- Mejor control de la forma de la rosca
- Menor eliminación de rebabas.

Desventajas

- Cada plaqueta puede mecanizar solamente un paso.

Plaquetas con perfil en V



La plaqueta puede acomodar toda una gama de pasos, por lo que el surtido se reduce. La plaqueta forma el valle y los flancos.

La cresta se controla en una operación previa de torneado, lo que se traduce en una tolerancia más estrecha.

Si el reglaje tiende a la vibración, a menudo puede ser una solución usar una plaqueta sin acabado, ya que reduce la presión de corte.

Ventajas

- Flexibilidad; se puede utilizar una misma plaqueta para varios pasos.

Desventajas

- Pueden formarse rebabas que será necesario eliminar.

4. Cómo se aplica

Consideraciones importantes de aplicación



El método de penetración puede tener un impacto significativo en el proceso de mecanizado de la rosca.

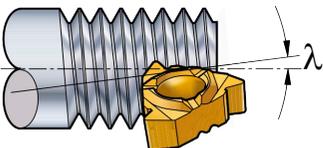
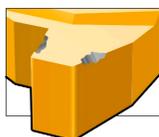
Influye en:

- control de la viruta
- desgaste de la plaquita
- calidad de la rosca
- vida útil de la herramienta.

En la práctica, la máquina-herramienta, la geometría de la plaquita, el material de la pieza y el paso de la rosca determinan la elección del método de penetración.

5. Resolución de problemas

Áreas que se deben considerar



Si se sufren problemas por la vida útil de la plaquita, el control de la viruta o la escasa calidad de la rosca, tomar en consideración los aspectos siguientes.

Tipo de penetración

- Optimice el método de penetración, el número y la profundidad de las pasadas.

Inclinación de la plaquita

- Compruebe que haya una incidencia suficiente y uniforme (plaquita – placas de apoyo de inclinación).

Geometría de la plaquita

- Compruebe que se utiliza la geometría de la plaquita correcta (geometrías A, F o C).

Calidad de la plaquita

- Seleccione la calidad correcta basándose en el material y en las exigencias de tenacidad.

Datos de corte

- En caso necesario, cambie la velocidad de corte y el número de pasadas.

Información general del sistema

Torneado de roscas exteriores

1. Torneado de roscas en piezas pequeñas
2. Torneado de roscas convencional
3. Torneado de roscas en la industria petrolífera



Torneado de roscas interiores



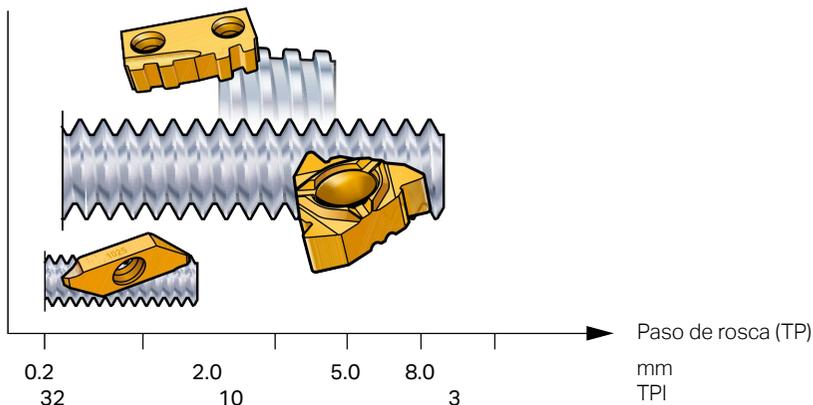
1. Herramientas de metal duro para torneado de roscas
2. Herramientas de torneado de roscas con cabeza de corte intercambiable
3. Roscado convencional
4. Roscado en la industria petrolífera

*TPI = hilos por pulgada (*threads per inch*)
*TP = paso de rosca (*thread pitch*)

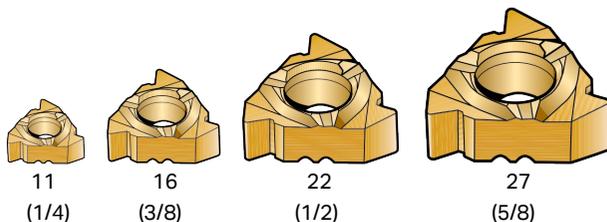
Gama para el torneado de roscas exteriores

Catálogo extenso para elegir

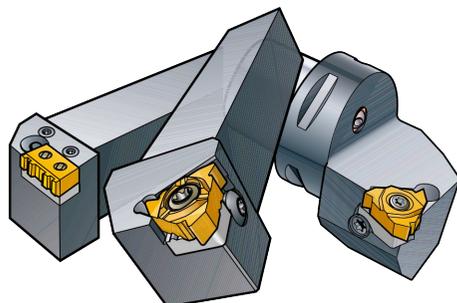
Plaquetas



- Cuatro medidas de plaqueta (L)/tamaños (IC):
11, 16, 22, 27 mm
(1/4, 3/8, 1/2, 5/8 pulg.)



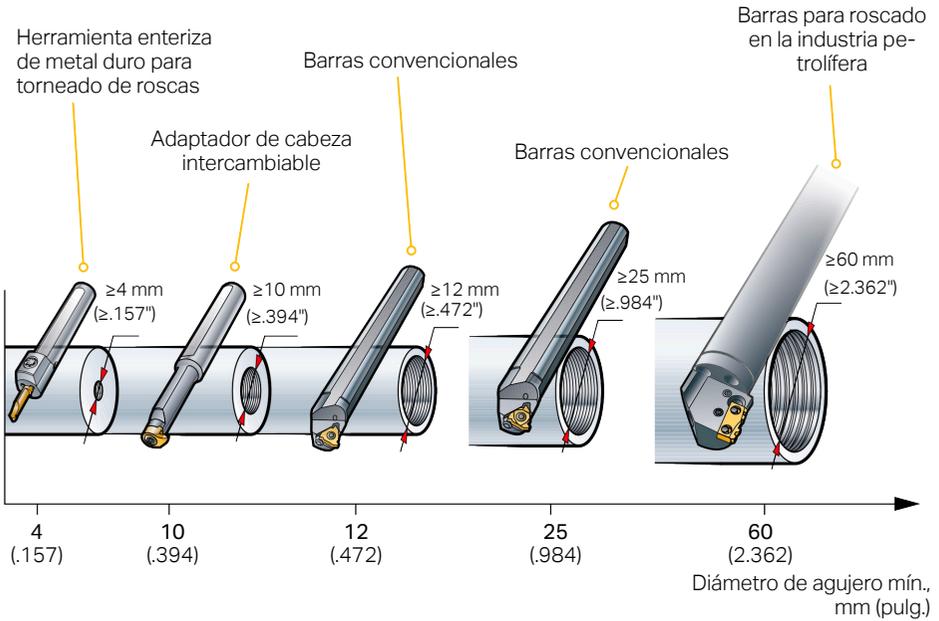
Portaherramientas



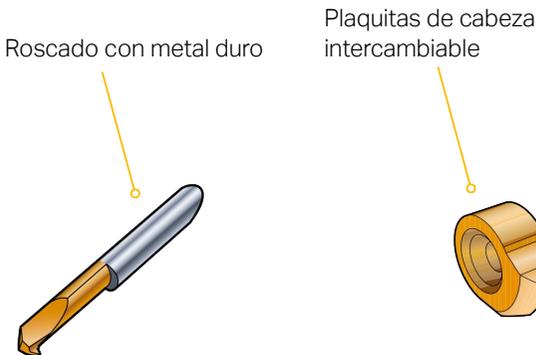
- Unidades de corte Coromant Capto®
- Portaherramientas QS
- Herramientas con mango
- Cabezas de corte intercambiables
- Cartuchos.

Gama para el torneado de roscas interiores

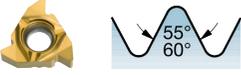
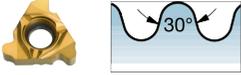
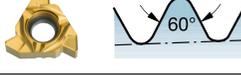
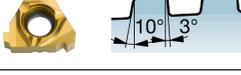
Catálogo extenso y varios sistemas para elegir



Para el torneado de roscas interiores de alta precisión en agujeros pequeños



Formas de rosca

Aplicación	Forma de plaquita/ rosca	Tipo de rosca	Código
Uso general		ISO métrica UN americana	MM UN
Rosca de tubería		Whitworth, NPT británica estándar (BSPT), NPTF rosca americana para tuberías	WH, NT PT, NF
Alimentación e incendios		Redonda DIN405	RN
Aeroespacial		MJ UNJ	MJ NJ
Petróleo y gas		API redonda API en forma de «V» a 60°	RD V38, 40, 50
Petróleo y gas		En diente de sierra, VAM	BU
Movimiento Uso general		Trapezoidal ACME Fileteado ACME	TR AC SA

Uso general

- Buen equilibrio entre capacidad de soporte de carga y volumen de material.

Roscas de tubería

- Capacidad de soportar cargas.
- Capaz de formar conexiones estancas (las roscas suelen ser cónicas).

Alimentación e incendios

- Igual que para las roscas de tuberías pero redondas para facilitar la limpieza en el sector alimentario.
- Facilita las operaciones repetidas de conexión/desconexión para servicios de bomberos.

Industria aeroespacial

- Alta precisión y mínimo de riesgo de concentración de tensiones y rotura.

Petróleo y gas

- Requisitos de soporte de cargas extremas y estanqueidad, con limitaciones debido al reducido espesor de pared de la tubería.

Movimiento

- Forma simétrica.
- Gran superficie de contacto.
- Forma robusta.

Tipos de plaquitas

Tres tipos distintos de plaquitas de torneado de roscas



Plaquitas de perfil completo

- Para obtener una elevada productividad en operaciones de roscado.



Plaquitas de perfil en V a 60° y 55°

- Para efectuar roscados con un inventario de herramientas mínimo.



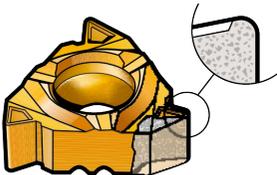
Plaquitas multidiente

- Para torneado de roscas con alta productividad y de manera económica en operaciones de producción en serie.

Tres geometrías distintas

Geometría A

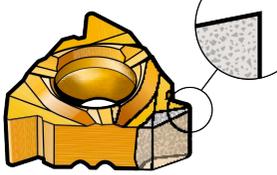
Primera elección para la mayoría de operaciones.



Buena formación de viruta en una amplia gama de materiales.

Geometría F

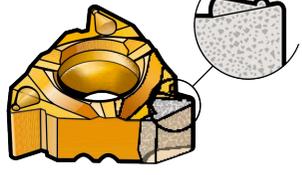
Geometría aguda.



Ofrece cortes limpios en materiales pastosos y que se endurecen al ser mecanizados.

Geometría C

Geometría rompevirutas.



Geometría optimizada para acero inoxidable de fácil mecanizado, baja aleación y con bajo contenido en carbono.

Soluciones de roscado



- Roscado ultrarrígido con plaquitas de posición fija.
- La plaquita se ubica en la posición correcta guiada por un raíl.
- El tornillo empuja la plaquita hacia atrás sobre el raíl hasta el tope radial en una cara de contacto en el alojamiento de la plaquita. (Caras de contacto rojas).
- Un adaptador de plaquita seguro garantiza una mejor vida útil de la herramienta y mayor calidad de la rosca.

Diversas soluciones de portaherramientas

Acoplamiento de cambio rápido

Barra de mandrinar

Acoplamiento externo Coromant Capto®

Cabeza descendente



Acoplamiento interno Coromant Capto®

Mango de herramienta

Cabeza de corte intercambiable

Cómo se aplica

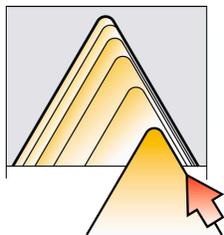
Tres tipos distintos de penetración

El método de penetración puede tener un impacto significativo en el proceso de mecanizado de la rosca. Influye en:

- control de la viruta
- desgaste de la plaquita
- calidad de la rosca
- vida útil de la herramienta.

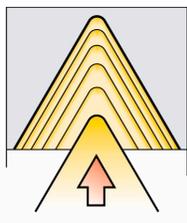
En la práctica, la máquina-herramienta, la geometría de la plaquita, el material de la pieza y el paso de la rosca determinan la elección del método de penetración.

Penetración en flanco modificado



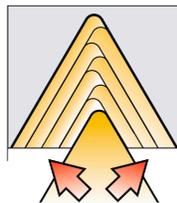
- La mayoría de las máquinas de CNC nuevas se pueden programar para usar el método de flanco modificado.
- Se utiliza con geometría C porque el rompevirutas no funciona con penetración radial.
- Las fuerzas de corte en dirección axial reducen el riesgo de vibración.
- Control de la dirección de la viruta.
- Se usa para todas las geometrías de plaquita.
- Geometría C, diseñada exclusivamente para penetración en flanco modificado.

Penetración radial



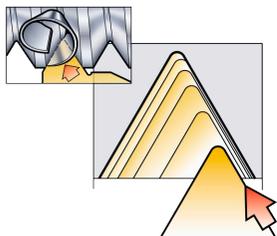
- Utilizado en todas las máquinas manuales y en la mayor parte de programas de CNC.
- Primera elección para materiales que se endurecen al ser mecanizados y adecuada para pasos finos.

Penetración incremental



- Se utiliza normalmente con perfiles y pasos muy grandes, con ciclos de roscado prolongados en los que la vida útil de la herramienta debe adaptarse a la longitud de la rosca.
- Requiere programación especial.

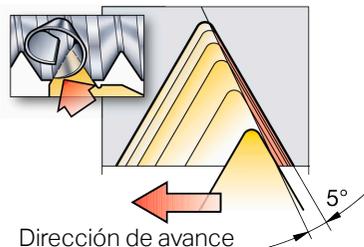
Penetración en flanco modificado



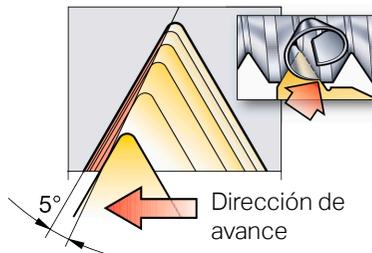
- La mayoría de las máquinas de CNC disponen de un ciclo de programa que utiliza esta penetración.
- La viruta es similar a la del torneado convencional, pero más fácil de formar y guiar.
- Las fuerzas de corte en dirección axial reducen el riesgo de vibración.
- La viruta es más gruesa, pero entra en contacto únicamente con un lado de la plaquita.
- Se transfiere menos calor a la plaquita.
- Primera elección para la mayor parte de operaciones de roscado.

Dirección de penetración

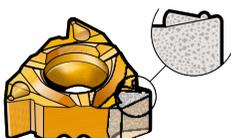
← Flujo de la viruta



→ Flujo de la viruta

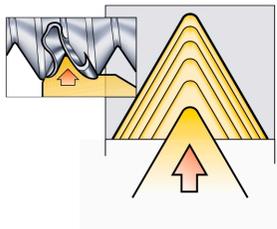


Plaquita de geometría C



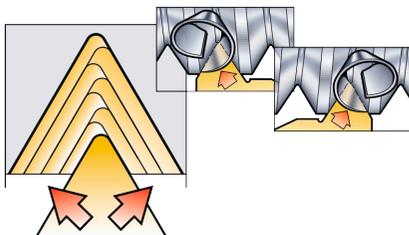
- Mejor control de la viruta
- Superficies de mayor calidad
- Para la plaquita de geometría C, la penetración en flanco modificado es la única que resulta adecuada.

Penetración radial



- Es el método más utilizado y el único posible en tornos antiguos sin CNC.
- Crea una viruta rígida en «V».
- Desgaste uniforme de la plaquita.
- La punta de la plaquita está expuesta a altas temperaturas, lo que limita la profundidad de penetración.
- Adecuada para pasos finos.
- Posible vibración y deficiente control de la viruta para pasos grandes.
- Primera elección para materiales que se endurecen al ser mecanizados.

Penetración incremental

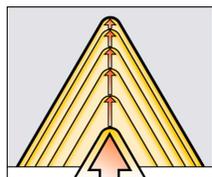


- Recomendada para perfiles grandes.
- Desgaste uniforme de la plaquita y vida útil de la herramienta muy prolongada en roscas de paso muy grande.
- La viruta se dirige en ambas direcciones, lo que dificulta el control.

Métodos de programación

Maneras de mejorar el resultado del mecanizado

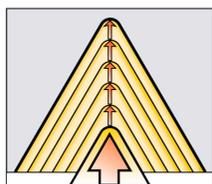
Reducción de la profundidad en cada pasada (área de viruta constante)



Hace posible un área de viruta constante. Este es el método más habitual en programas de CNC.

- La pasada más profunda es la primera
- Después se aplica la recomendación de las tablas de penetración del catálogo
- Área de viruta más «equilibrada»
- La última pasada es realmente de alrededor de 0,07 mm (.0028").

Profundidad constante en cada pasada



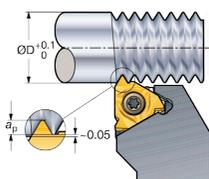
Todas las pasadas tienen la misma profundidad, con independencia del número de pasadas.

- Mucho más exigente para la plaquita
- Ofrece mejor control de la viruta
- No se debe utilizar para pasos superiores a 1,5 mm (TP) o 16 hpp.

Torneado de roscas con plaquitas de perfil completo

Use creces/material adicional para el acabado de la rosca

Para las plaquitas con acabado, se deben dejar 0,03 – 0,07 mm (.001 – .003") de material en las operaciones previas de torneado para que la cresta se forme correctamente.



- No es necesario torneado la pieza en bruto al diámetro exacto antes del roscado.
- Añada creces/material adicional al diámetro de la pieza, 0,06 – 0,14 mm (.002 – .006") para el acabado del diámetro final de la rosca.

Recomendaciones de valores de penetración

Número de penetraciones y profundidad de rosca total.

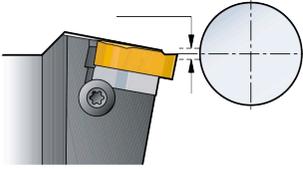
ISO métrica y en pulgadas, exterior

Nº de penetraciones (n _{ap})	Paso, mm															
	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	
1	0,11	0,17	0,19	0,20	0,22	0,22	0,25	0,27	0,28	0,34	0,34	0,37	0,41	0,43	0,46	
2	0,09	0,15	0,16	0,17	0,21	0,21	0,24	0,24	0,26	0,31	0,32	0,34	0,39	0,40	0,43	
3	0,07	0,11	0,13	0,14	0,17	0,17	0,18	0,20	0,21	0,25	0,25	0,28	0,32	0,32	0,35	
4	0,07	0,07	0,11	0,11	0,14	0,14	0,16	0,17	0,18	0,21	0,22	0,24	0,27	0,27	0,30	
5	0,34	0,50	0,08	0,10	0,12	0,12	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,22	0,24	0,24	0,27	
6			0,67	0,08	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,17	0,17	0,20	0,22	0,22	0,24	
7				0,80	0,94	0,10	0,11	0,12	0,13	0,15	0,16	0,18	0,20	0,20	0,22	
8						0,08	0,08	0,11	0,12	0,14	0,15	0,17	0,19	0,19	0,21	
9						1,14	1,28	0,11	0,12	0,14	0,14	0,16	0,18	0,18	0,20	
10								0,08	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,17	0,19	
11								1,58	0,10	0,11	0,12	0,14	0,16	0,16	0,18	
12									0,08	0,08	0,12	0,13	0,15	0,15	0,16	
13									1,89	2,20	0,11	0,12	0,12	0,13	0,15	
14											0,08	0,10	0,10	0,13	0,14	
14											2,50	2,80	3,12	0,12	0,12	
16														0,10	0,10	
														3,41	3,72	

Nº de penetraciones (n _{ap})	Paso, hpp																		
	32	28	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4,5	4	
1	.007	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.009	.008	.008	.008	.009	.010	.009	.012	.011	.013	
2	.006	.005	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.012	
3	.005	.005	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.008	.008	.008	.008	.008	.009	.009	.011	.011	.012	
4	.003	.004	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.009	.009	.011	.010	.012	
5		.003	.003	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011	
6				.003	.003	.005	.005	.006	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011	
7					.003	.005	.005	.005	.006	.006	.006	.007	.007	.008	.008	.010	.010	.011	
8						.003	.003	.003	.003	.005	.006	.006	.006	.007	.008	.009	.009	.010	
9									.003	.005	.005	.006	.007	.007	.009	.009	.010		
10										.003	.005	.005	.006	.007	.008	.008	.010		
11											.003	.005	.005	.007	.008	.008	.009		
12												.003	.003	.006	.007	.008	.008		
13														.005	.006	.007	.008		
14															.004	.004	.007	.007	
14																	.006	.006	
16																		.004	.004
																		3,72	3,72

Posicionamiento de la herramienta

Máx. $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,004$ pulg.)



Use una desviación máxima de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,004$ pulg.) respecto a la línea central.

Filo demasiado alto

- Se reduce la incidencia.
- El filo producirá fricción (rotura).

Filo demasiado bajo

- El perfil de la rosca puede ser incorrecto.

Método de torneado de roscas

Roscas y plaquitas a derecha e izquierda

Exterior

Roscas a derecha

Roscas a izquierda

A derechas herramienta / placa	A izquierdas herramienta / placa
A izquierdas herramienta / placa	A derechas herramienta / placa
A derechas herramienta / placa	A izquierdas herramienta / placa

Se debe usar una placa de apoyo negativa en una aplicación de roscado a tracción.

Interior

Roscas a derecha

Roscas a izquierda

A derechas herramienta / placa	A izquierdas herramienta / placa
A izquierdas herramienta / placa	A derechas herramienta / placa
A derechas herramienta / placa	A izquierdas herramienta / placa

Sugerencias para la aplicación del torneado de roscas

Algunos factores fundamentales que es preciso considerar

- Compruebe si el diámetro de la pieza tiene la tolerancia de trabajo correcta antes del roscado; añada 0,14 mm (.006") como tolerancia para la cresta.
- Se recomienda que la herramienta empiece a una distancia mínima de 3 veces el paso de la rosca antes de actuar sobre la pieza.

- Posicione la herramienta en la máquina con precisión.
- El refrigerante de precisión puede mejorar la vida útil de la herramienta y el control de la viruta.

- Compruebe el reglaje del filo en relación con el diámetro primitivo.
- Un sistema de cambio rápido permite efectuar el reglaje de manera ágil y sencilla.
- Asegúrese de que se utilice la geometría de plaquita correcta (A, F o C).
- Para conseguir los mejores niveles de productividad y vida útil de la herramienta, la primera opción es la plaquita multi-diente, la segunda opción es la plaquita de un solo diente y perfil completo y la tercera opción es la plaquita de perfil en V.

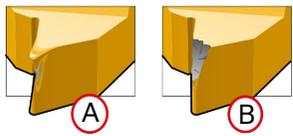
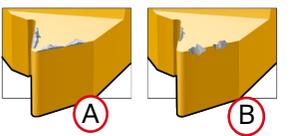
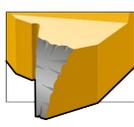
- Compruebe que la incidencia (placas de apoyo para inclinar la plaquita) sea suficiente y homogénea para obtener la correcta incidencia del flanco seleccionando la placa de apoyo más adecuada.
- Si las roscas no son correctas, compruebe el reglaje completo, incluida la máquina-herramienta.

- Compruebe los programas de CNC disponibles para torneado de roscas.
- Optimice el método de penetración y el número y el tamaño de las pasadas.
- Compruebe que la velocidad de corte sea apropiada para las exigencias de la aplicación.

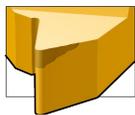
- En caso de que se produzca un error de paso en la rosca del componente, compruebe que el paso de la máquina sea correcto.



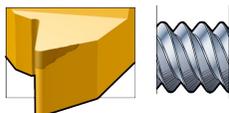
Resolución de problemas

► Problema	Causa	Solución
<h3 data-bbox="82 199 341 231">Deformación plástica</h3> <div data-bbox="82 239 375 375">  </div> <p data-bbox="82 391 375 486">(A) Se inicia como una deformación plástica, (B) que deriva en un astillamiento del filo.</p>	<ol data-bbox="403 247 683 375" style="list-style-type: none"> 1. Temperatura excesiva en la zona de corte. 2. Suministro inadecuado de refrigerante. 3. Calidad incorrecta. 	<ol data-bbox="722 247 1013 542" style="list-style-type: none"> 1. Reducir la velocidad de corte, incrementar el número de penetraciones. Reducir la máxima profundidad de penetración, comprobar el diámetro antes de roscar. 2. Mejorar el suministro de refrigerante. 3. Seleccionar una calidad con mayor resistencia a la deformación plástica.
<h3 data-bbox="82 606 375 638">Filo de aportación (BUE)</h3> <div data-bbox="82 662 375 798">  </div> <p data-bbox="82 805 375 973">El BUE (A) y el astillamiento del filo (B) suelen ocurrir en combinación. En ese caso, el BUE acumulado es arrancado junto con pequeñas cantidades del material de la plaquita, lo que da lugar al astillamiento.</p>	<ol data-bbox="403 662 683 829" style="list-style-type: none"> 1. Se produce a menudo en el acero inoxidable y en materiales a base de acero de bajo contenido en carbono. 2. Calidad inadecuada o temperatura del filo demasiado baja. 	<ol data-bbox="722 662 1013 805" style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la velocidad de corte. 2. Elegir una plaquita con una buena tenacidad, preferiblemente con recubrimiento de PVD.
<h3 data-bbox="82 1037 336 1069">Rotura de la plaquita</h3> <div data-bbox="95 1093 229 1220">  </div>	<ol data-bbox="403 1093 683 1308" style="list-style-type: none"> 1. Torneado del diámetro erróneo antes de la operación de roscado. 2. Serie de penetración demasiado dura. 3. Calidad incorrecta. 4. Control de la viruta deficiente. 5. Altura central incorrecta. 	<ol data-bbox="722 1093 1013 1476" style="list-style-type: none"> 1. Tornear con el diámetro correcto antes de la operación de roscado, 0,03 – 0,07 mm (.001 – .003") mayor radialmente que el diámetro máximo de la rosca. 2. Incrementar el número de penetraciones. Reducir el tamaño de las penetraciones más grandes. 3. Elegir una calidad más tenaz. 4. Cambiar a geometría C y utilizar la penetración en flanco modificado. 5. Corregir la altura central.

Problema	Causa	Solución
Rápido desgaste en incidencia	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material altamente abrasivo. 2. Velocidad de corte demasiado alta. 3. Profundidades de penetración demasiado superficiales. 4. La plaquita está por encima de la línea central. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Calidad incorrecta. Elegir una calidad más resistente al desgaste. 2. Reducir la velocidad de corte. 3. Reducir el número de penetraciones. 4. Corregir la altura central.



Desgaste en incidencia anómalo

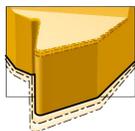


Superficie deficiente en un flanco de rosca.

1. Método incorrecto de penetración en flanco.
2. El ángulo de inclinación de la plaquita no es conforme con el ángulo de inclinación de la rosca.

1. Cambiar el método de penetración en flanco para geometría F y geometría A; 3 - 5° desde el flanco, para geometría C; 1° desde el flanco.
2. Cambiar la placa de apoyo para obtener el ángulo de inclinación correcto.

Vibración



1. Sujeción incorrecta de la pieza.
2. Reglaje incorrecto de la herramienta.
3. Datos de corte incorrectos.
4. Altura central incorrecta.

1. Utilizar garras blandas.
2. Cuando se use contrapunto, optimizar el agujero de centrado del componente y comprobar la presión del contrapunto/arrastre frontal.

Minimizar el voladizo de la herramienta.

Comprobar que el manguito de sujeción de las barras no esté desgastado.

Usar barras antivibratorias 570-3.

3. Aumentar la velocidad de corte; si no se corrige, reducir la velocidad drásticamente y probar la geometría F.

4. Ajustar la altura central.



► Problema	Causa	Solución
Acabado superficial deficiente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Velocidad de corte demasiado baja. 2. La plaquita está por encima de la altura central. 3. Virutas no controladas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la velocidad de corte. 2. Ajustar la altura central. 3. Utilizar geometría C y penetración en flanco modificado.
Control de la viruta deficiente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Método de penetración incorrecto. 2. Geometría de rosca incorrecta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penetración en flanco modificado 3 - 5°. 2. Utilizar geometría C con penetración en flanco modificado 1°.
Perfil poco profundo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Altura central incorrecta. 2. Rotura de plaquita. Desgaste excesivo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar la altura central. 2. Cambiar el filo.
Perfil de rosca incorrecto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perfil de rosca (ángulo de rosca y radio de punta) inadecuado; plaquitas exteriores utilizadas para operaciones interiores o viceversa. 2. Altura central incorrecta. 3. El portaherramientas no se encuentra a 90° de la línea central. 4. Error de paso en la máquina. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corregir la combinación de herramienta, placa de apoyo y plaquita. 2. Ajustar la altura central. 3. Ajustar a 90°. 4. Corregir la máquina.
Presión del filo excesiva	<ol style="list-style-type: none"> 1. Material que se endurece al mecanizar, en combinación con profundidades de penetración demasiado poco profundas para la geometría. 2. La presión excesiva sobre el filo puede causar astillamiento. 3. Perfil con un ángulo de perfil de rosca demasiado pequeño. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducir el número de penetraciones. Cambiar a geometría F. 2. Cambiar a una calidad más tenaz. 3. Utilizar la penetración en flanco modificado.



A

Torneado

B

Tronzado y
ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Sujeción de la
herramienta

H

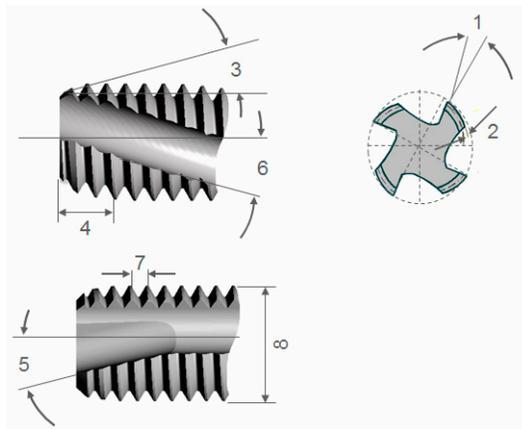
Maquinabilidad
Otra información

Roscado con macho

- Teoría C 29
- Proceso de roscado con macho C 30
- Tamaño del agujero y tolerancias C 33
- Refrigerante C 34
- Sujeción de herramientas C 35

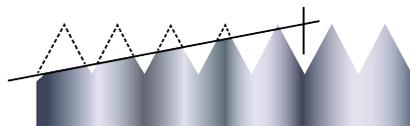
Teoría del roscado con macho

Definiciones



1. Ángulo de desprendimiento
2. Relieve (incidencia)
3. Ángulo de chaflán
4. Chaflán (longitud)
5. Ángulo de entrada corregida
6. Ángulo helicoidal
7. Paso
8. Diámetro exterior

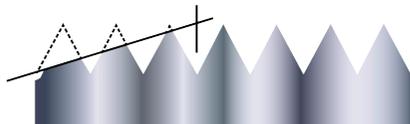
Chaflán largo



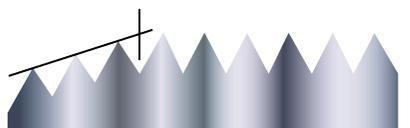
- Alto par
- Mejor calidad superficial
- Virutas finas
- Presión baja en el chaflán
- Vida útil de la herramienta más prolongada
- Es el más común para machos de entrada corregida.

Chaflán medio

Macho de corte

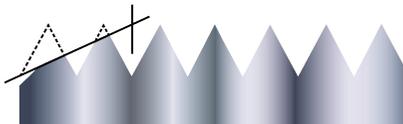


Macho de conformación



Chaflán corto

Macho de corte



Macho de conformación

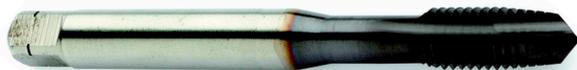


Distintos estándares



- ISO
- ANSI

Tanto ISO como ANSI tienen una longitud total (OAL) bastante corta y son muy similares. Excepto por el diámetro del mango, que es en pulgadas para ANSI y métrico para ISO.



- DIN
- DIN/ANSI

DIN es una versión larga y métrica.

DIN ANSI es una mezcla de ambas, con el diámetro del mango de ANSI y la OAL de DIN.

Proceso de roscado con macho

Distintos tipos de procesos de roscado con macho



Geometrías para diferentes tipos de agujero

Macho de entrada corregida para agujeros pasantes



- Es el tipo de macho de roscar más resistente
- Ideal para condiciones de gran tenacidad
- Empuja las virutas hacia adelante a través del agujero
- Macho para agujero pasante.

Machos de roscar con estría helicoidal para agujeros ciegos



- Es el tipo de macho de roscar más común
- Conduce la viruta hacia arriba, a lo largo del mango
- Macho para agujeros ciegos.

Macho de roscar con canal recto para todos los agujeros



- Para material de viruta corta como, p. ej., fundición
- Usado habitualmente en la industria de la automoción, p. ej., en bombas y válvulas
- Puede utilizarse para todo tipo de agujeros y profundidades.

Macho de conformación, una solución sin virutas



- Una solución de roscado sin viruta
- Para acero blando, acero inoxidable y aluminio
- Puede utilizarse para todo tipo de agujeros y profundidades
- Aumenta la resistencia de la rosca en algunos materiales, p. ej., en el aluminio.

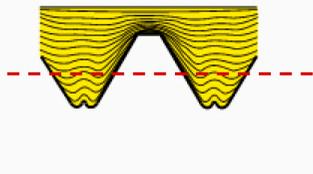
Procesos de conformación y de roscado con macho



Macho de conformación

La rosca se forma a través de la deformación del material.

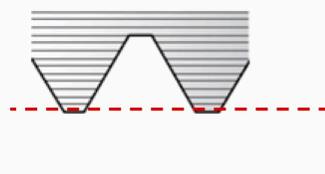
No se generan virutas.



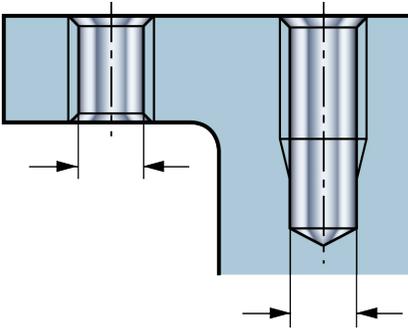
Macho de corte

El macho corta el material.

Se generan virutas.



Tamaño y tolerancia del agujero



Cálculo básico del tamaño del agujero para los machos de corte

$$D = TD - TP$$

D = diámetro del agujero (mm, pulg.)

TD = diámetro nominal de la rosca (mm, pulg.)

TP = paso de rosca (mm, pulg.)

Tamaño del agujero para un macho de corte M10 x 1,5 = 8,5 mm
(8,5 = 10 - (1,5))

Tamaño del agujero para un macho de corte 1/4" - 20 = .2008"
(.2008" = 1/4 - (.20))

Cálculo básico del tamaño del agujero para los machos de conformación

$$D = TD - (TP/2)$$

D = diámetro del agujero (mm, pulg.)

TD = diámetro nominal de la rosca (mm, pulg.)

TP = paso de rosca (mm, pulg.)

Tamaño de la broca para un macho de conformación M10 x 1,5 = tamaño del agujero para un macho de corte de 1/4" - 20 = .2008"
(.2008" = 1/4 - (.20) mm (9,3 = 10 - (1,5/2))

Tamaño de la broca para un macho de conformación 1/4" - 20 = .2264" (.2264" = 1/4 - (.20/2)).

Refrigerante

Importante para un buen rendimiento



El suministro de refrigerante resulta esencial en el roscado con macho e influye en

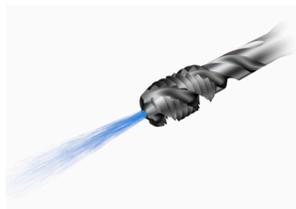
- Evacuación de viruta
- Calidad de la rosca
- Vida útil de la herramienta.

Suministro de refrigerante

Suministro de refrigerante interior o exterior

Suministro de refrigerante exterior

Distintos refrigerantes/emulsiones



Tres alternativas principales

- Base de aceite mineral
- Refrigerante sintético
- Aceite normal.

• Preferible en todo momento para mejorar la evacuación de la viruta, en particular en materiales de viruta larga y al roscar agujeros más profundos (2-3 x D)

• Es el método refrigerante más común

• Puede utilizarse cuando la formación de viruta es buena

Dos opciones adicionales

- Base de aceite vegetal
- Semisintético.

• Preferible para profundidades del agujero superiores a 3 veces el diámetro.

• Para mejorar la evacuación de viruta, al menos una boquilla de refrigerante (dos, si la broca es estacionaria) se debe dirigir hacia las proximidades del eje de la herramienta.

Tener siempre en cuenta:

- Tipo de líquido de corte usado en la máquina
- Contenido de aceite.

Sujeción de herramientas para roscado con macho

Información general

Portapinzas flotante de goma

Permite un cierto juego para facilitar una trayectoria apropiada. Usado a menudo en máquinas de torneado manuales y de pequeño tamaño.



Coromant Capto®

Ventajas y recomendaciones

- Las pinzas de goma cubren una amplia gama de sujeciones
- Tensión y compresión para eliminar el error de avance.

Portapinzas ER rígido

Con este planteamiento no hay juego de tensión/compresión. Por consiguiente, el movimiento del husillo y del eje deben estar sincronizados con precisión. Ello hace necesario un controlador de CNC más sofisticado.



Roscado rígido con macho con portapinzas ER

Ventajas y recomendaciones

- El roscado rígido con macho suele ser más rápido
- El coste de las herramientas es menor (los portaherramientas rígidos cuestan menos que los de tensión/compresión)
- Más compacto y fiable que los portaherramientas de tensión/compresión
- Puede dar como resultado una rosca más exacta.

Nota: El incremento de las fuerzas en el macho de roscar da como resultado una reducción de la vida útil de la herramienta. No invierte el sentido con la suficiente rapidez a altas velocidades, p. ej., 6000 rpm.

Adaptador portamachos de cambio rápido

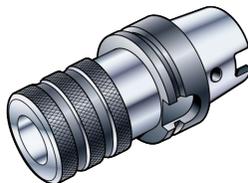
Primera opción a para operaciones de roscado estándar con macho. De aplicación general, para una producción de bajo volumen. Principalmente para máquinas antiguas e inestables.

Ventajas y recomendaciones

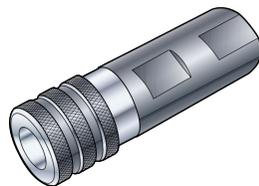
- Fácil sujeción del macho de roscar con cambio rápido
- Tensión y compresión para eliminar los errores de avance
- Adaptadores con o sin embrague.



Coromant Capto®



Mango enterizo HSK



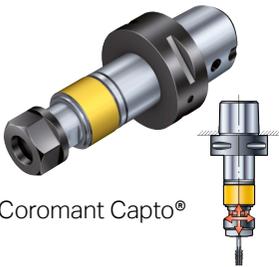
Portaherramientas integral Weldon

Adaptador portamachos de avance sincronizado

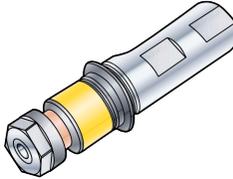
Portamachos rígido con compensación microflotante para eliminar el roscado redimensionado. Primera elección para máquinas-herramientas de CNC y operaciones de roscado sincronizado con macho.

Ventajas y recomendaciones

- Producción de gran volumen/alta precisión
- Reduce la fuerza de empuje en los flancos del macho de roscar
- La limitación de la compensación real proporciona profundidades exactas
- Diseñado para refrigerante interno a alta presión.



Coromant Capto®



Mango Weldon



Mango enterizo MAS-BT



Fresado

El fresado se lleva a cabo con una herramienta de corte rotativa de varios filos que ejecuta movimientos de avance programados contra una pieza en prácticamente cualquier dirección.

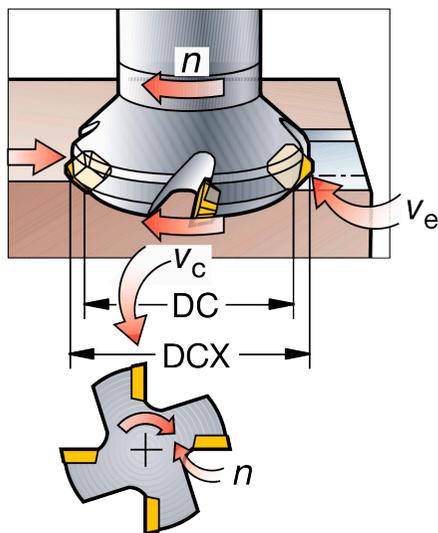
El fresado se utiliza sobre todo para generar superficies planas, pero el desarrollo de las máquinas y del software ha incrementado las exigencias a la hora de producir otras formas y superficies.

- Teoría D 4
- Procedimiento de selección D 9
- Información general del sistema D 13
- Elección de plaquitas: cómo se aplica D 24
- Elección de herramientas: cómo se aplica D 29
- Resolución de problemas D 36

Teoría del fresado

Definiciones

Velocidad del husillo, velocidad de corte y diámetro de la fresa



- n = velocidad del husillo, rpm (revoluciones por minuto)
- v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)
- v_e = velocidad de corte efectiva, m/min (pies/min)
- DC = diámetro de la fresa, mm (pulg.)
- DCX = diámetro de corte máximo, mm (pulg.)

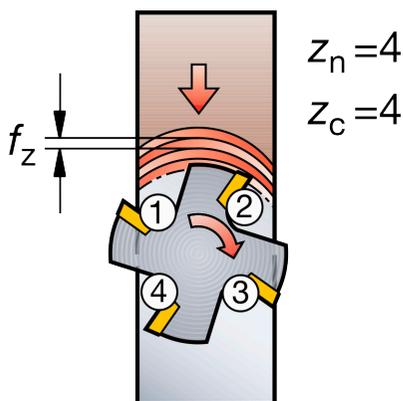
La velocidad del husillo (n) en rpm es el número de revoluciones que gira la herramienta de fresado en el husillo cada minuto.

La velocidad de corte (v_c) en m/min (pies/min) indica la velocidad de corte con la que el filo mecaniza la pieza.

El diámetro de la fresa especificado (DCX) tiene una profundidad de corte efectiva respecto al diámetro (DC), lo que es la base para la velocidad de corte v_c o v_e .



Avance, número de dientes y velocidad del husillo



f_z = avance por diente, mm/diente (pulg./diente)
 v_f = avance de la mesa, mm/min (pulg./min)
 z_n = número de dientes de la fresa (uds.)
 z_c = número efectivo de dientes (uds.) [en empañe]
 f_n = avance por vuelta, mm/rev (pulg./rev) [$f_z \times z_c$]
 n = velocidad del husillo (rpm)

$$v_f = f_z \times z_c \times n \quad \text{mm/min (pulg./min)}$$

El avance por diente, f_z mm/diente (pulg./diente), es un valor del fresado que sirve para calcular el avance de la mesa. El valor del avance por diente se calcula a partir del valor recomendado para el grosor de viruta máximo.

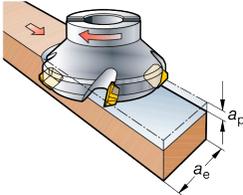
El avance por minuto, v_f mm/min (pulg./min), también conocido como avance de la mesa, avance de la máquina o velocidad de avance, es el avance de la herramienta respecto a la pieza expresado en distancia por unidad de tiempo y está relacionado con el avance por diente y el número de dientes de la fresa.

El número de dientes de la fresa disponibles en la herramienta (z_n) varía mucho y se utiliza para determinar el avance de la mesa, mientras que el número efectivo de dientes (z_c) es el número de dientes efectivamente activos en el corte.

El avance por revolución (f_n) en mm/rev (pulg./rev) es un valor que se usa específicamente para los cálculos de avance y, a menudo, para determinar la capacidad de acabado de una fresa.

Definiciones

Profundidad de corte



La profundidad de corte axial, a_p mm (pulg.), es la cantidad de metal que la herramienta retira de la cara de la pieza. Es la distancia a la que se regula la herramienta por debajo de la superficie sin mecanizar.

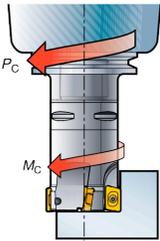
La anchura de corte radial, a_e mm (pulg.),

a_e = profundidad de corte radial, mm (pulg.)
[empañe operativo]

a_p = profundidad de corte axial, mm (pulg.)

es la anchura del componente que se encuentra en empañe en el corte por el diámetro de la fresa. Es la distancia a través de la superficie que está siendo mecanizada o, si el diámetro de la herramienta es menor, la distancia cubierta por la herramienta.

Potencia neta, par y fuerza de corte específica



La potencia neta (P_C) es la potencia que la máquina debe poder suministrar a los filos para impulsar la acción de corte. Es necesario tener en cuenta la eficiencia de la máquina al seleccionar los datos de corte.

El par (M_C) es el valor del par de fuerzas producido por la herramienta durante la acción de corte y que la máquina debe poder proporcionar.

El valor de la fuerza de corte específica (k_{C1}) es una constante del material y se expresa en N/mm^2 (lbs/pulg.²). Los valores están disponibles en nuestro catálogo de pedidos principal y en nuestra guía técnica.

a_p = profundidad de corte axial, mm (pulg.)

a_e = profundidad de corte radial, mm (pulg.)
[empañe operativo]

v_f = avance de la mesa, mm/min (pulg./min)

k_C = fuerza de corte específica, N/mm^2 (lbs/pulg.²)

P_C = potencia neta, kW (HP)

M_C = par, Nm (lbf pie)

Métrico

$$P_C = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_C}{60 \times 10^6} \text{ kW}$$

Pulg.

$$P_C = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_C}{396 \times 10^3} \text{ Hp}$$

Métrico

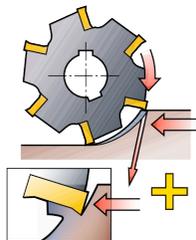
$$M_C = \frac{P_C \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ Nm}$$

Pulg.

$$M_C = \frac{P_C \times 16501}{\pi \times n} \text{ lbf pie}$$

Fresado hacia arriba o fresado convencional

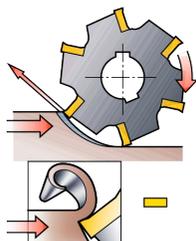
Fresado hacia arriba: método preferido



El uso del fresado hacia arriba (también conocido como fresado en concordancia) permite evitar el efecto de rectificad, de modo que se produce menos calor y la tendencia al proceso de endurecimiento es mínima.

- En el fresado hacia arriba, la plaquita inicia el corte con un grosor de la viruta grande.

Fresado convencional



La dirección de avance de la pieza es opuesta a la de rotación de la fresa en el área del corte.

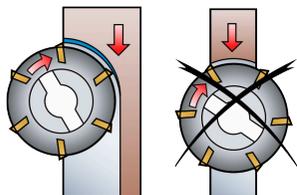
- En el fresado convencional (también conocido como fresado en contraposición), el grosor de la viruta empieza en cero y se va incrementando hasta el final del corte.

Utilice siempre el fresado hacia arriba para conseguir las mejores condiciones de mecanizado.

Diámetro y posición de la fresa

La selección del diámetro de la fresa se suele efectuar en función de la anchura de la pieza y teniendo también en cuenta la disponibilidad de potencia en la máquina.

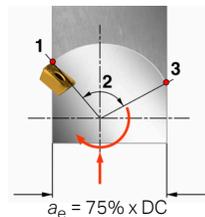
La posición de la fresa respecto al empuje de la pieza y el contacto que tienen los dientes de la fresa son factores esenciales para una operación productiva.



- El diámetro de la fresa debe ser un 20 – 40 % más grande que la anchura de corte.
- Regla de 2/3 (es decir, fresa de 150 mm [5.906 pulg.])
 - 2/3 en corte, 100 mm (3.937 pulg.)
 - 1/3 fuera del corte, 50 mm (1.969 pulg.).
- Al desplazar la fresa del centro se consigue una dirección más constante y favorable de las fuerzas de corte.

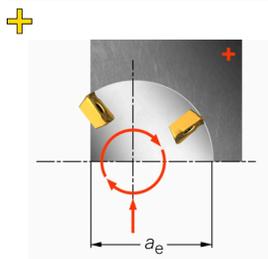
Formación de viruta en función de la posición de la fresa

El filo en dirección radial tiene contacto con la pieza en tres fases distintas:



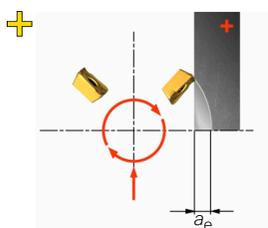
1. Entrada en el corte
2. Arco de empañe en el corte
3. Salida del corte.

DC = diámetro de la fresa
 a_e = empañe operativo



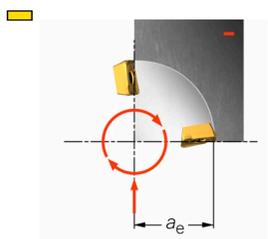
La línea central de la fresa queda totalmente dentro de la anchura de la pieza, $a_e > 75\%$ de DC.

- Condiciones de corte más favorables y uso más optimizado del diámetro de la fresa.
- El impacto inicial a la entrada del corte se produce sobre una parte del filo alejada de la punta sensible.
- La plaquita sale del corte de manera gradual.



La línea central de la fresa queda totalmente fuera de la anchura de la pieza, $a_e < 25\%$ de DC.

- El ángulo de entrada es positivo
- El impacto en la entrada se produce sobre la punta más exterior de la plaquita y la herramienta va adquiriendo la carga de forma gradual.



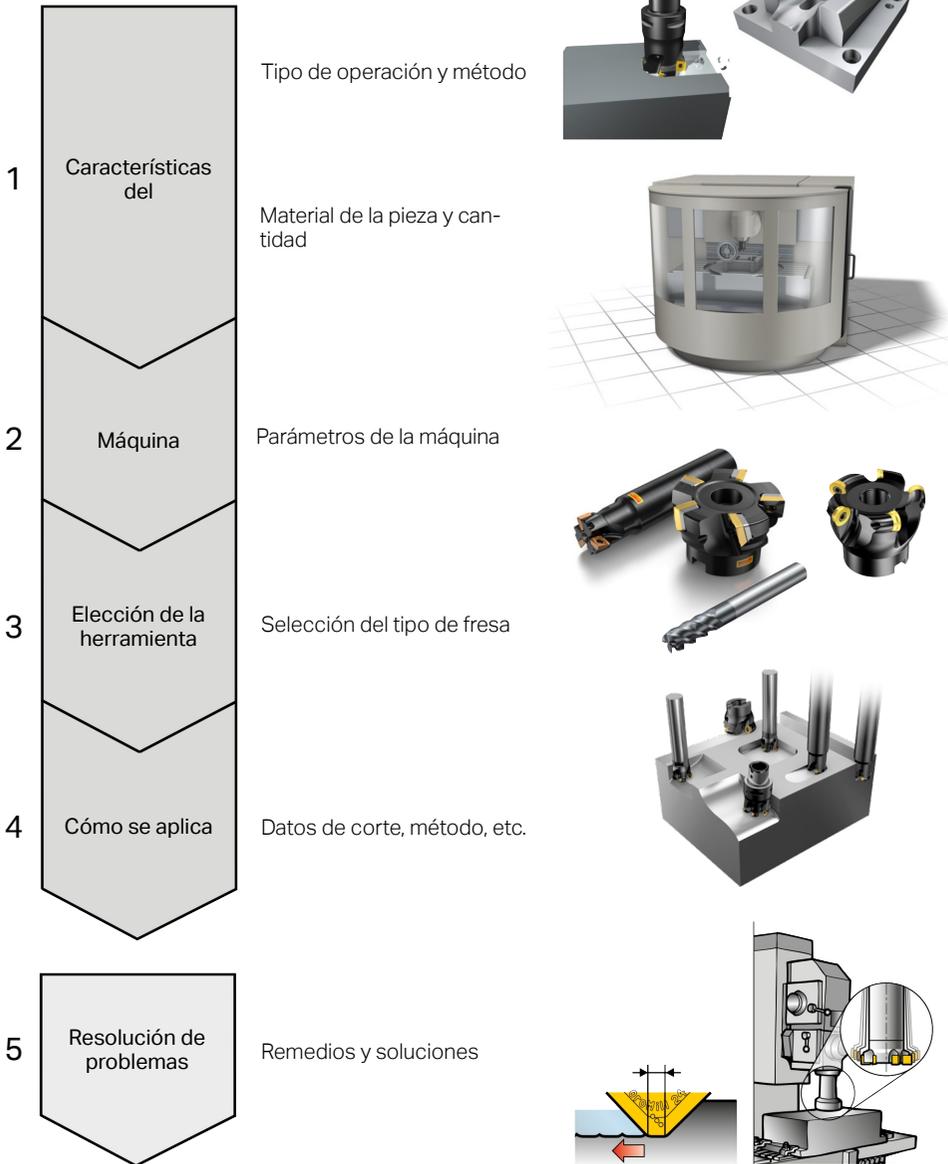
La línea central de la fresa coincide con el borde de la pieza, $a_e = 50\%$ de DC.

- No recomendado.
- Las cargas de choque que actúan sobre el filo son muy altas en la entrada.

- +** = posición de fresa recomendada.
- = posición de fresa no recomendada.

Procedimiento de selección

Proceso de planificación de la producción



1. Componente y material de la pieza

Parámetros que hay que tener en cuenta



Forma geométrica

- Superficie plana
- Cavidades profundas
- Paredes/bases delgadas
- Ranuras.



Material

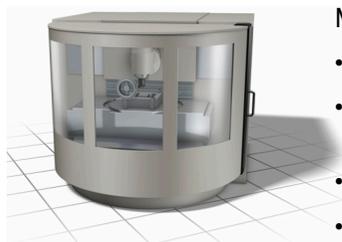
- Maquinabilidad
- Fundición o premecanizado
- Formación de viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.

Tolerancias

- Precisión dimensional
- Acabado superficial
- Distorsión de la pieza
- Integridad superficial.

2. Parámetros de la máquina

Estado de la máquina y configuración



Máquina

- Potencia disponible
- Antigüedad/estado, estabilidad
- Horizontal/vertical
- Tipo y tamaño de husillo
- Número de ejes/configuración
- Sujeción de la pieza.

Sujeción de la herramienta

- Largo voladizo
- Sujeción deficiente
- Desviación axial/radial.

3. Elección de herramientas

Distintas formas de optimizar el fresado

Fresas con plaquitas redondas



Ventajas

- Fresas robustas
- Gran flexibilidad para planeado y perfilado
- Fresas de alto rendimiento y polivalentes.

Desventajas

- Las plaquitas redondas requieren máquinas más estables.

Fresa de planear de 45°



Ventajas

- Elección general para planeado
- Equilibrio entre las fuerzas de corte axiales y radiales
- Entrada suave en el corte.

Desventajas

- Profundidad de corte máx. 6-10 mm (.236-.394 pulg.).

Fresa para escuadrar de 90°



Ventajas

- Gran versatilidad
- Gran profundidad de corte
- Bajas fuerzas de corte axiales (piezas delgadas)
- Plaquitas de corte ligero con cuatro filos reales.

Desventajas

- El avance por diente es relativamente reducido mientras $f_z = h_{ex}$.

4. Cómo se aplica

Consideraciones importantes de aplicación

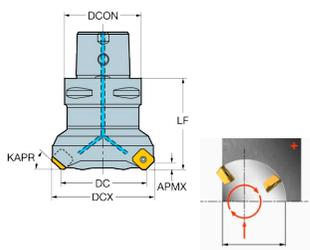


Número de filos/paso

- Es muy importante seleccionar el número de filos o el paso correcto.
- Afecta tanto a la productividad como a la estabilidad.

Estabilidad

- Seleccione el tamaño de husillo o el diámetro exterior más grande posible.



Geometría de plaquita

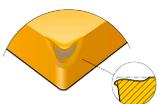
- Seleccione la geometría correspondiente a un mecanizado ligero, medio o pesado.

Formación de viruta en función del posicionamiento de la fresa

- Utilice siempre el fresado hacia arriba
- Desplace la fresa fuera del centro
- Utilice una fresa con un diámetro un 20-50 % más grande que el corte.

5. Resolución de problemas

Áreas que se deben considerar

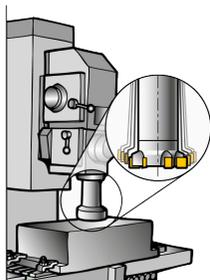


Desgaste de la plaquita y vida útil de la herramienta

- Compruebe el patrón de desgaste y ajuste los datos de corte si es necesario.

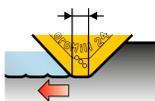
Acabado superficial incorrecto

- Compruebe la excentricidad del husillo
- Use plaquitas Wiper
- Reduzca el avance por diente.



Vibración

- Fijación débil
- Voladizo largo
- Pieza débil
- Tamaño del cono del husillo.



Información general del sistema

Planeado

Fresas de uso general



Fresas específicas

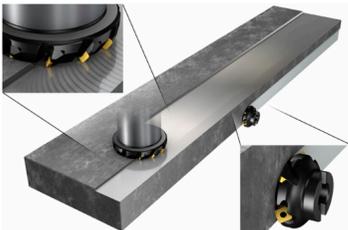
Planeado de gran avance



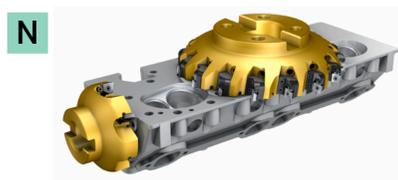
Fresas de planear para el mecanizado de fundición



Planeado de gran desbaste



Fresas de planear para mecanizar aluminio



► Fresado en escuadra

Fresas de uso general

Fresa de planear y escuadrar para mecanizado pesado

Fresa de planear y escuadrar para operaciones de fresado en escuadra ligero

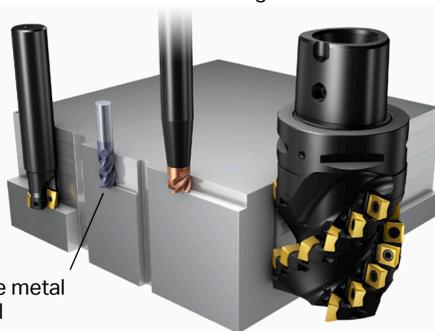


Fresa de disco usada para operaciones de fresado en escuadra

Fresas específicas de ranurar y de filo largo

Fresa de ranurar con plaquitas intercambiables

Fresa de ranurar con cabeza intercambiable de metal duro integral



Fresa de ranurar de metal duro integral

Fresa para filos largos

Fresado en escuadra profundo



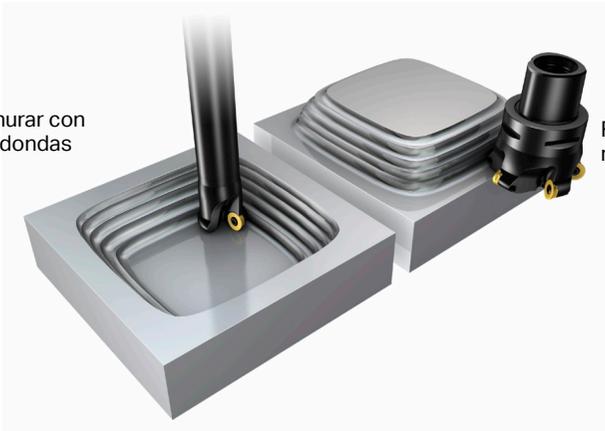
Recanteado con fresas de escuadrar



► Perfilado

Fresas de uso general, desbaste

Fresa de ranurar con plaquitas redondas



Fresa de plaquitas redondas

Fresas de uso general, acabado

Fresa de punta esférica de metal duro



Fresa de ranurar con cabeza intercambiable de metal duro integral

Otros métodos

Tornofresado



Fresado de álabes

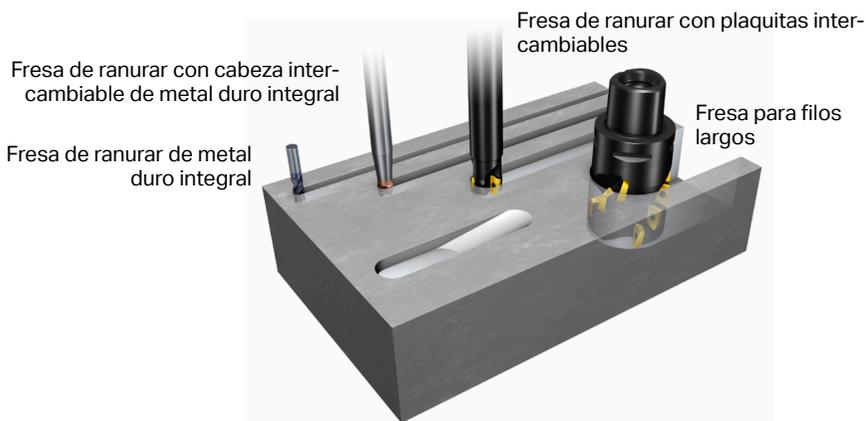


► Fresado de ranuras

Fresas de uso general, fresado radial de ranuras



Fresas de uso general, fresado axial de ranuras



Fresado de roscas y ranurado superficial

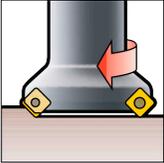
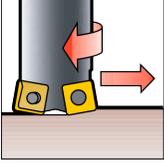
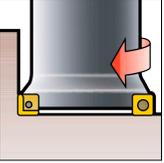
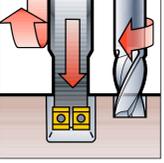
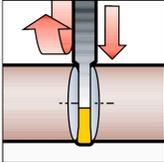
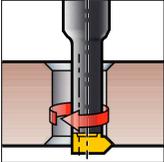
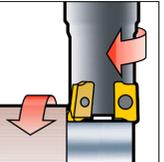
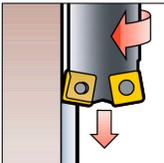
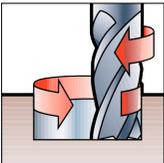
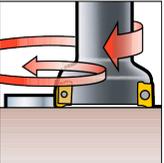
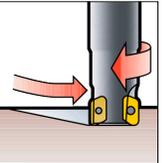
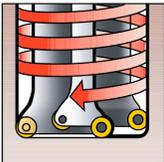
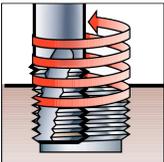


Información general sobre las operaciones de fresado

El fresado moderno es un método de mecanizado muy universal. Durante los últimos años, de la mano del desarrollo de las máquinas-herramientas, el fresado ha evolucionado hasta convertirse en un método que permite mecanizar una amplia variedad de configuraciones. La amplia selección de métodos ofrecidos por las máquinas multieje actuales hace del fresado un candidato muy bien situado para

la producción de agujeros, cavidades, superficies que antes se solían tornear, roscas, etc.

Además de las mejoras en la productividad, la fiabilidad y la constancia en la calidad obtenidas gracias a la tecnología de plaquitas intercambiables y metal duro, el desarrollo de las herramientas también ha contribuido a ofrecer nuevas posibilidades.

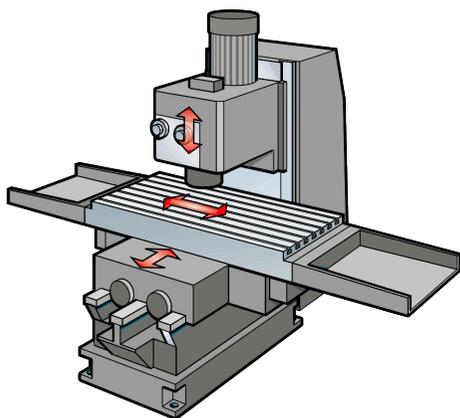
Planeado	Fresado de alto avance	Fresado en escuadra	Fresado de ranuras
			
Tronzado	Achaflanado	Fresado de perfiles	Tornofresado
			
Fresado axial	Fresado trocoidal	Fresado circular	Mecanizado en rampa lineal
			
Interpolación helicoidal	Fresado de roscas		
			

Métodos de fresado

Las fresadoras se pueden operar manualmente o bien automáticamente por medios mecánicos o digitales a través de un sistema de control numérico (CNC).

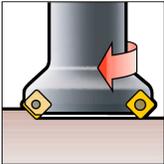
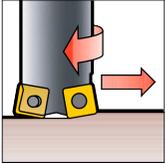
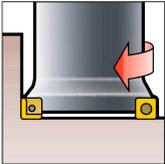
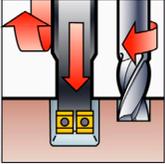
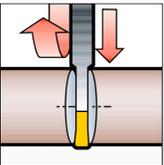
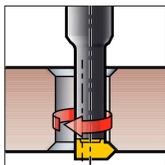
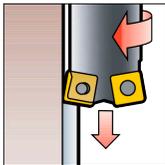
Métodos de fresado convencionales

Fresadoras verticales



En las máquinas convencionales de 3 ejes, el fresado suele implicar la generación de caras planas, escuadras y ranuras.

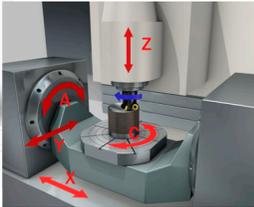
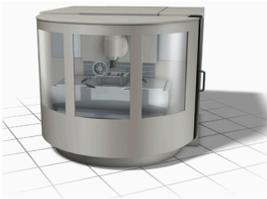
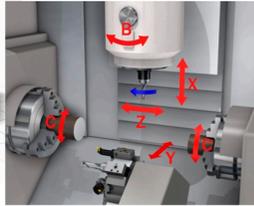
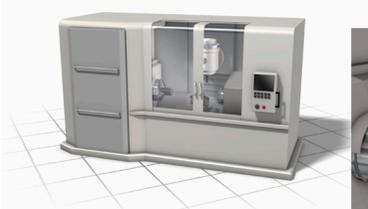
Las superficies y formas que no se incluyen en esta descripción se mecanizan cada vez más a menudo en centros de mecanizado de cinco ejes y máquinas multitarea.

Planeado	Fresado de alto avance	Fresado en escuadra	Fresado de ranuras
			
Tronzado	Achaflanado	Fresado axial	
			

Métodos de fresado avanzados

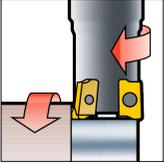
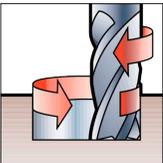
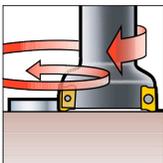
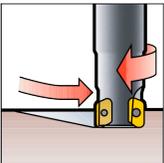
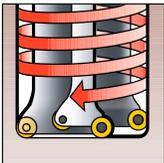
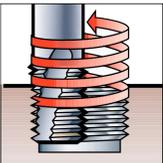
Máquinas modernas de 4 a 5 ejes

En la actualidad, las máquinas evolucionan en todas direcciones. Los centros de torneado tienen ahora la capacidad de fresado gracias a las herramientas accionadas y, a su vez, los centros de mecanizado son capaces de torneado a través de las máquinas de fresado-torneado o torno-fresado. Los desarrollos del CAM están aumentando la frecuencia de uso de las máquinas de 5 ejes.

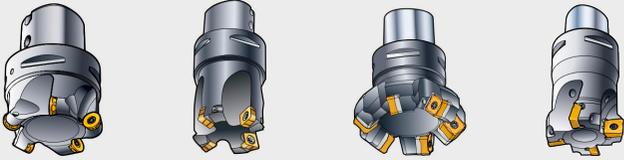


El resultado de esta tendencia y el desarrollo de los métodos hace que surjan nuevas exigencias y oportunidades para las herramientas, como las siguientes:

- Mayor flexibilidad
- Menos máquinas/reglajes para completar un componente
- Estabilidad reducida
- Herramientas de mayor longitud
- Menor profundidad de corte.

Fresado de perfiles	Tornofresado	Fresado trocoidal	Fresado circular
			
Mecanizado en rampa lineal	Interpolación helicoidal	Fresado de roscas	
			

Posicionamiento de las fresas para planeado

Tipo de fresa				
Consideraciones	Plaquitas redondas	10-25°	45°	90°
Tamaño de la máquina/del husillo	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Requisito de estabilidad	Alta	Alta	Media	Baja
Desbaste	Muy buena	Bueno	Muy buena	Aceptable
Acabado	Aceptable	Aceptable	Muy buena	Bueno
Profundidad de corte a_p	Media	Pequeña	Media	Grande
Versatilidad	Muy buena	Bueno	Bueno	Muy buena
Productividad	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Bueno

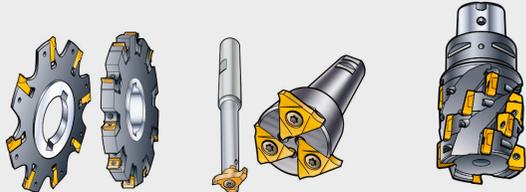
Posicionamiento de las fresas para el fresado en escuadra

Tipo de fresa				
Consideraciones	90°	90°	90°	90°
Tamaño de la máquina/del husillo	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40, 50
Requisito de estabilidad	Alta	Alta	Media	Baja
Desbaste	Muy buena	Bueno	Aceptable	Bueno
Acabado	Aceptable	Aceptable	Muy buena	Bueno
Profundidad de corte a_p	Grande	Media	Pequeña	Grande
Material	Todos	Todos	Aluminio	Aluminio
Versatilidad	Muy buena	Muy buena	Aceptable	Bueno

Posicionamiento de las fresas para el perfilado

Tipo de fresa				
	Plaquitas redondas	Punta esférica intercambiable	Punta esférica intercambiable	Punta esférica metal duro
Consideraciones				
Tamaño de la máquina/del husillo	ISO 40, 50	ISO 40, 50	ISO 30, 40	ISO 30, 40
Requisito de estabilidad	Alta	Media	Media	Baja
Desbaste	Muy buena	Bueno	Aceptable	Aceptable
Acabado	Aceptable	Aceptable	Muy buena	Muy buena
Profundidad de corte a_p	Media	Media	Pequeña	Pequeña
Versatilidad	Muy buena	Muy buena	Muy buena	Muy buena
Productividad	Muy buena	Bueno	Bueno	Bueno

Posicionamiento de las fresas para ranuras y gargantas

Tipo de fresa			
Consideraciones	Ranura De disco	Ranurado	De filo largo
Tamaño de la máquina/del husillo	ISO 50	ISO 40, 50	ISO 40, 50
Ranura abierta	Abierta	Abierta	Abierta
Ranura cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrada
Anchura de corte	Pequeña	Pequeña	Grande
Profundidad de corte a_p	Mediana/grande	Pequeña	Mediana/grande
Versatilidad	Limitada	Bueno	Bueno

Tipo de fresa			
Consideraciones	Fresa de ranurar con plaquitas intercambiables	Fresa de ranurar de cabeza intercambiable	Fresa de ranurar de metal duro integral
Tamaño de la máquina/del husillo	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50	ISO 30, 40, 50
Ranura abierta	Abierta	Abierta	Abierta
Ranura cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrada
Anchura de corte	Media	Pequeña	Pequeña
Profundidad de corte a_p	Media	Pequeña	Grande
Versatilidad	Muy buena	Muy buena	Muy buena

Elección de las plaquetas y cómo se aplica

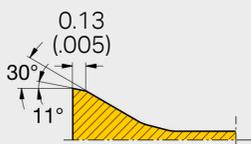


Plaquetas de fresado modernas para operaciones de planeado.

El diseño de una plaqueta de fresado moderna

Definiciones y diseño de la geometría

Diseño del vértice

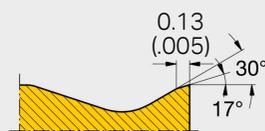


- Refuerzo del filo de 0,13 mm (.005 pulg.)
- Ángulo de desprendimiento 30°
- Faceta primaria 11°.

Vértice reforzado

Formador de viruta

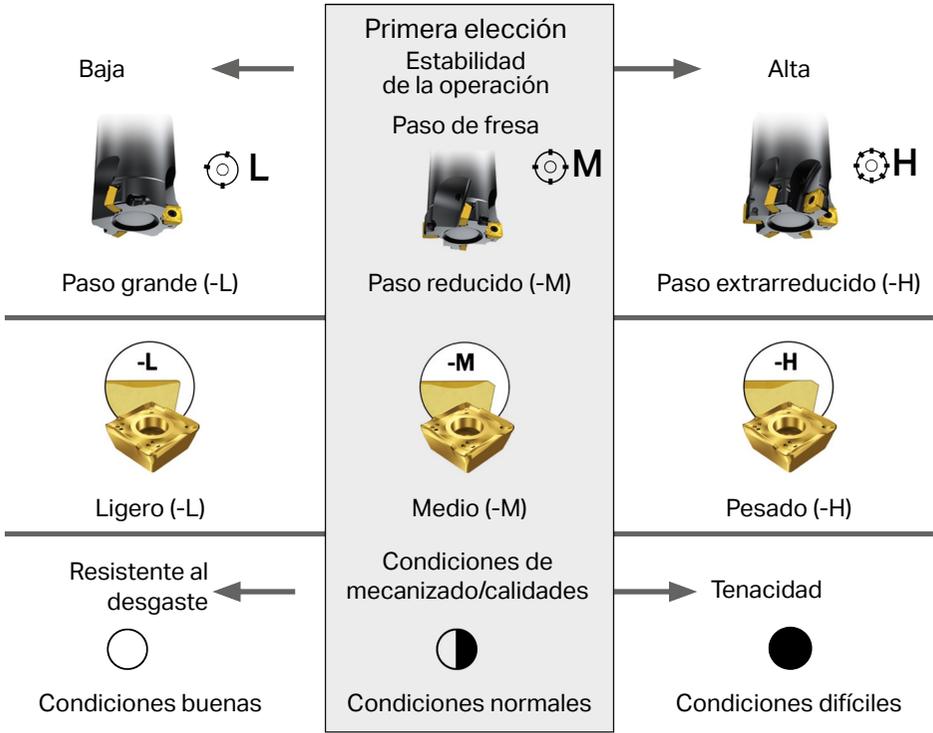
Diseño del filo principal



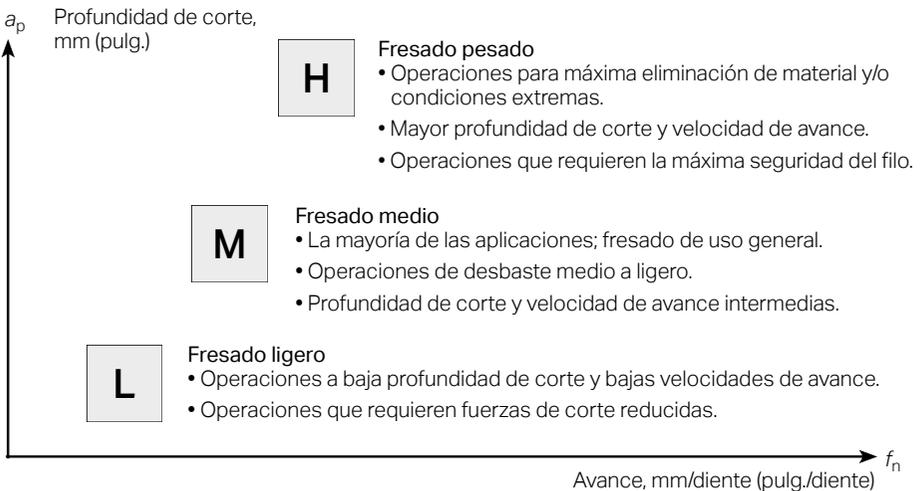
- Refuerzo del filo de 0,13 mm (.005 pulg.)
- Ángulo de desprendimiento 30°
- Faceta primaria 17°.

Diseño del filo principal

Elección de la herramienta para fresar



Tipo de aplicación

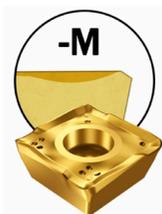


Selección de la geometría de la plaquita



Ligero (-L)

- Extra positiva
- Mecanizado ligero
- Fuerzas de corte reducidas
- Bajas velocidades de avance.



Medio (-M)

- Geometría de uso general
- Velocidades de avance medias
- Operaciones de desbaste medio a ligero.

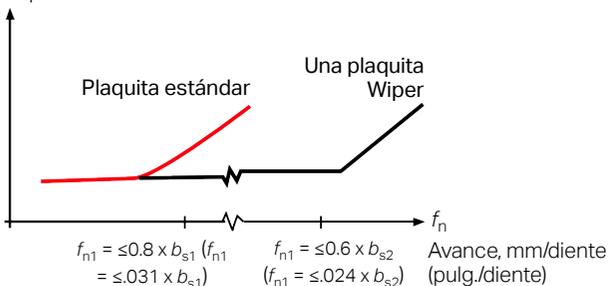


Pesado (-H)

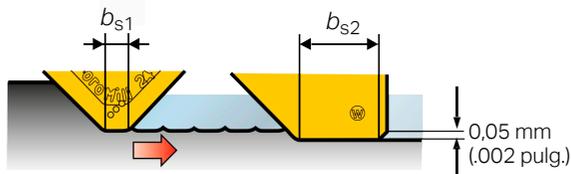
- Filo reforzado
- Mecanizado pesado
- Máxima seguridad del filo
- Velocidades de avance elevadas.

Cómo conseguir un buen acabado superficial en el fresado

Rugosidad superficial



- Utilice plaquitas Wiper para una mayor productividad y para mejorar el acabado superficial
- Limite el avance al 60 % de la faceta paralela
- Coloque correctamente las plaquitas Wiper
- Ajuste las plaquitas Wiper por debajo de las otras plaquitas.



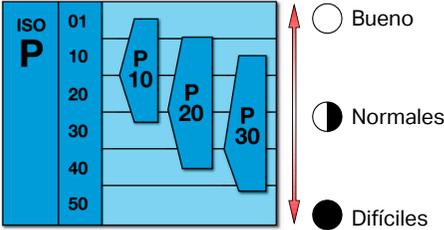
b_{s1} , mm 2.0 (pulg.) (.079)

8.2 (.323)

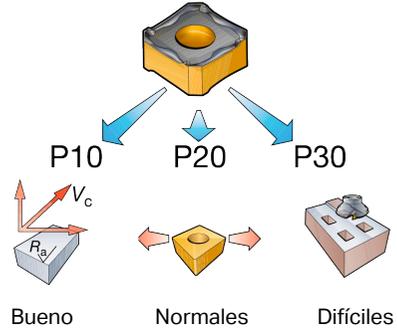
Cómo seleccionar la calidad de la plaquita

Seleccione la geometría y la calidad en función de la aplicación.

Elaboración de un diagrama de calidades



Condiciones de mecanizado

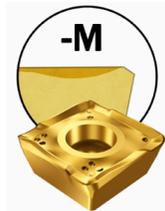


Definición de las condiciones de mecanizado



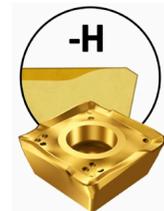
Condiciones buenas

- Profundidad de corte 25 % de máx. a_p o menor
- Voladizo inferior al doble del diámetro de la fresa
- Cortes continuos
- Mecanizado con o sin refrigerante.



Condiciones normales

- Profundidad de corte equivalente al 50 % del valor máx. de a_p o superior
- Voladizo entre el doble y el triple del diámetro de la fresa
- Cortes discontinuos
- Mecanizado con o sin refrigerante.



Condiciones difíciles

- Profundidad de corte equivalente al 50 % del valor máx. de a_p o superior
- Voladizo superior al triple del diámetro de la fresa
- Cortes discontinuos
- Mecanizado con o sin refrigerante.

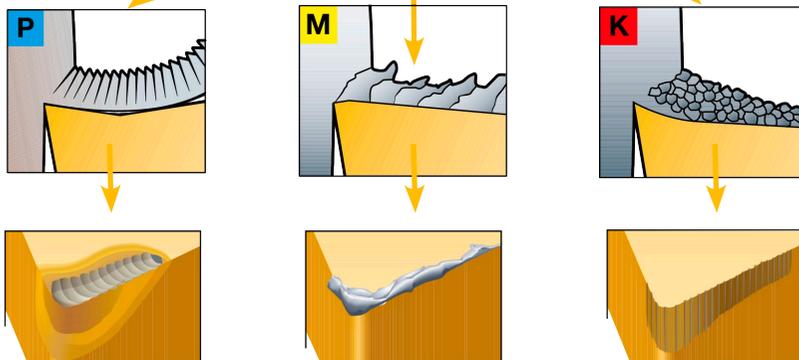
► Calidades específicas para ISO P, M y K

Las calidades específicas minimizan el desarrollo del desgaste de la herramienta

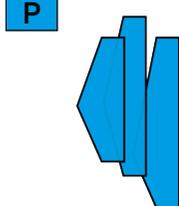
El material de la pieza influye de diferentes maneras en el desgaste durante la acción de corte. Por ello, se han desarrollado calidades específicas que resisten los mecanismos de desgaste básicos, como, p. ej.:

- Desgaste en incidencia, desgaste en cráter y deformación plástica en acero
- Filo de aportación y desgaste en entalla en acero inoxidable
- Desgaste en incidencia y deformación plástica en fundición.

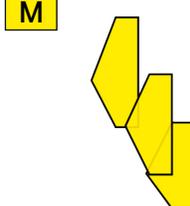
Seleccione la geometría y la calidad en función del tipo de material de la pieza y del tipo de aplicación.



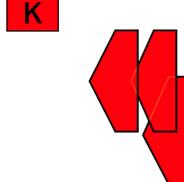
ISO P P10-P50



ISO M M10-M40



ISO K K10-K40

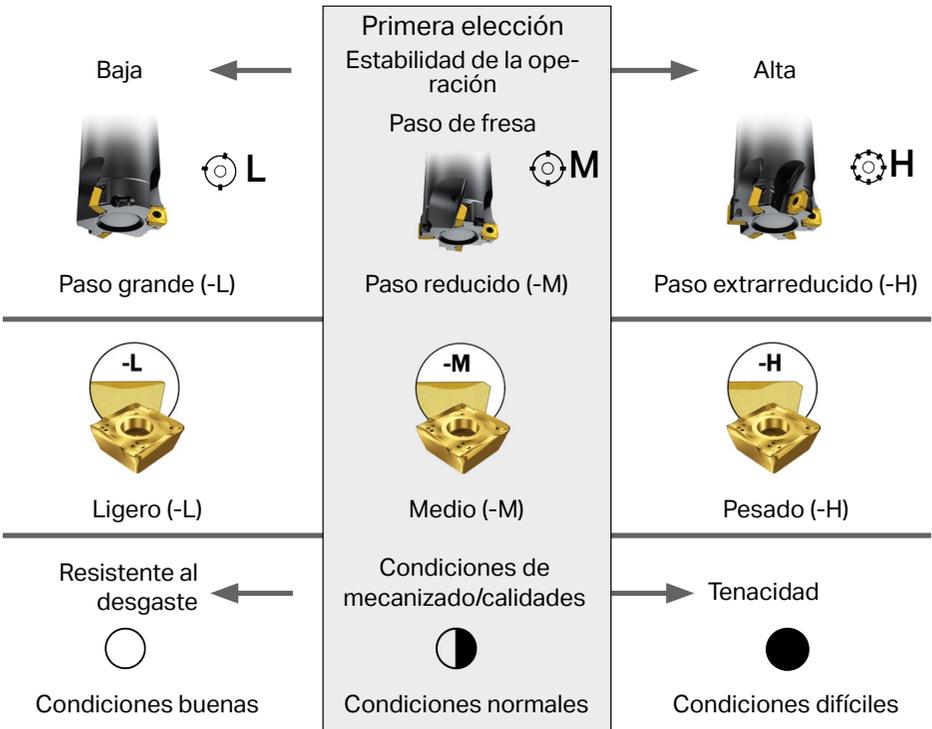


Elección de las fresas y cómo se aplica

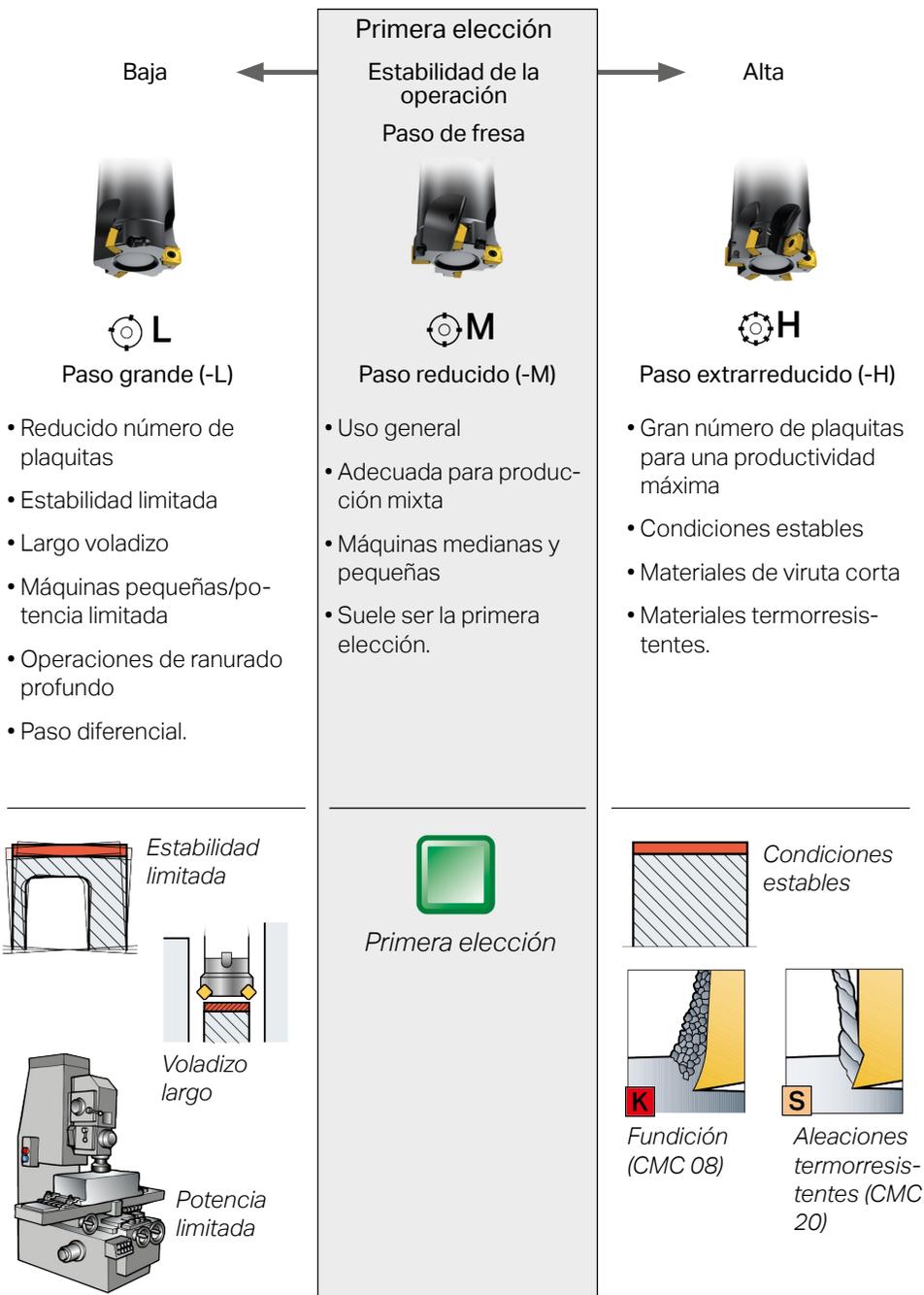


Fresas de planear de alto rendimiento para profundidad de corte reducida y media.

Elección de la herramienta para fresar



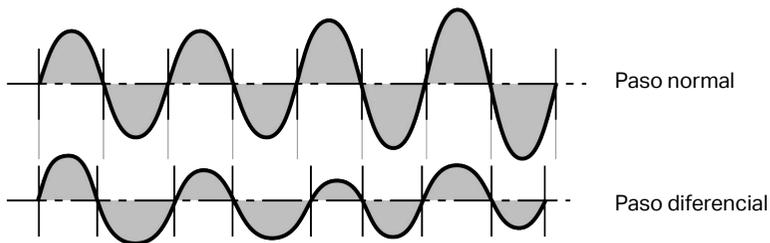
Selección del paso de la fresa



Paso diferencial

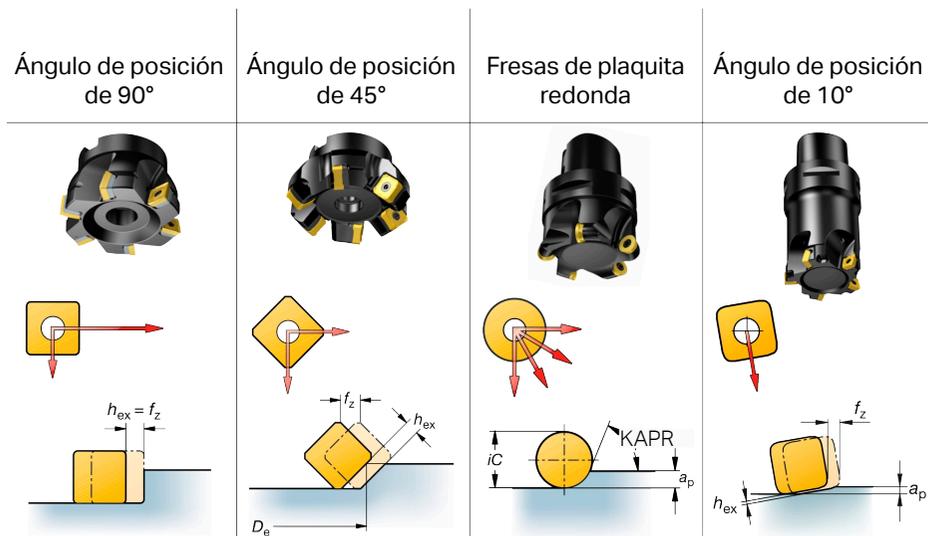
En general, cuanto más grande es el paso de la fresa, menor resulta la probabilidad de vibración armónica. A veces basta con sustituir una fresa de 16 dientes por una de 12 para eliminar la vibración por completo. En casos más difíciles, para acabar con los armónicos problemáticos puede ser preciso usar una fresa de paso diferencial.

Las fresas de paso diferencial presentan un espaciado irregular entre dientes, lo que repercute en la amplitud de la vibración de cada diente. Así se reduce el riesgo de vibración.



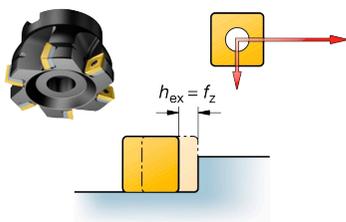
El paso diferencial reduce el riesgo de vibración.

Fuerzas de corte y ángulo de posición



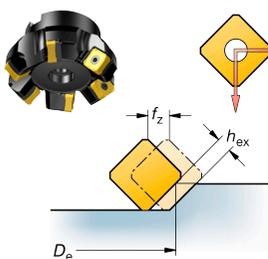
Fuerzas de corte axiales y radiales

Efecto del ángulo de posición (90°)



- Componentes de paredes delgadas
- Componentes de fijación axial débil
- Escuadras
- $h_{ex} = f_z$ (si $a_e > 50\% \times DC$).

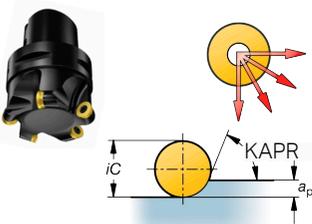
Efecto del ángulo de posición (45°)



- Primera elección para uso general
- Vibración reducida con voladizos largos
- Efecto de adelgazamiento de la viruta que mejora la productividad
- $f_z = 1,41 \times h_{ex}$ (en compensación del ángulo de posición).

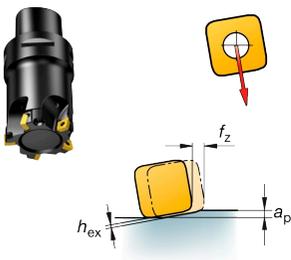
Efecto del ángulo de posición (variable)

En las plaquitas redondas, la carga de las virutas y el ángulo de posición varían en función de la profundidad de corte.



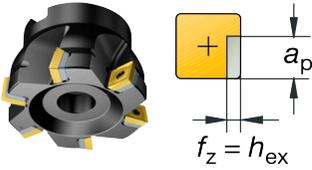
- Filo de corte de máxima robustez con múltiples posiciones
- Fresa de uso general
- Efecto incrementado de adelgazamiento de virutas para aleaciones termorresistentes
- h_{ex} = depende de a_p .

Ángulo de posición de 10°

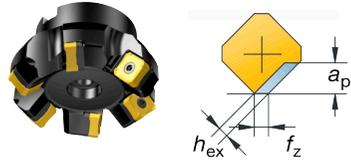


- Fresas de gran avance
- Se genera una viruta delgada, lo que permite grandes avances por diente
- La fuerza de corte axial es dirigida hacia el husillo para estabilizarlo.

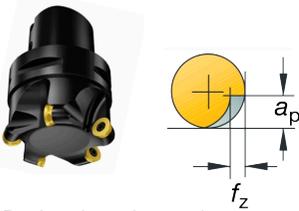
Compensación de avance para distintos ángulos de posición



$$90^\circ = (f_z \text{ o } h_{ex}) \times 1,0$$



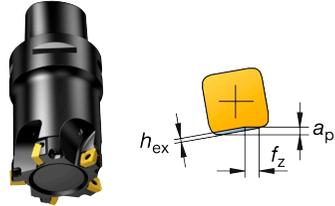
$$45^\circ = (f_z \text{ o } h_{ex}) \times 1,41$$



Redonda = depende de a_p

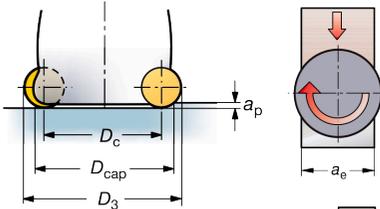
$$\sqrt{\frac{iC}{a_p}}$$

Fórmula de compensación en torneado



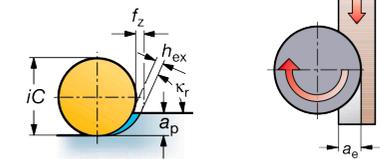
$$10^\circ = (f_z \text{ o } h_{ex}) \times 5,76$$

Fórmulas para fresas con plaquitas redondas



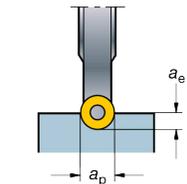
Diámetro de corte máx. a una profundidad específica (pulg.).

$$D_{cap} = D_c + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$$



Plaquita redonda de planeado ($a_p < iC/2$) (pulg.)

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$$



Fresado lateral ($a_e < D_{cap}/2$) y plaquita redonda ($a_p < iC/2$) (pulg.)

$$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2} \times \sqrt{D_{cap} \times a_e - a_e^2}}$$

Cálculo de los datos de corte

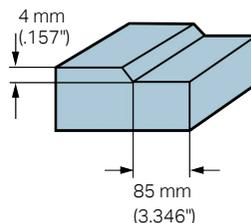
Ejemplo en planeado

Premisas:

- Velocidad de corte, $v_c = 225$ m/min (738 pies/min)
- Avance por diente, $f_z = 0,21$ mm (.0082 pulg.)
- Número de dientes de la fresa, $z_n = 5$
- Diámetro de la fresa, DC = 125 mm (4.921 pulg.)
- Profundidad de corte, $a_p = 4$ mm (.157 pulg.)
- Empañe de trabajo, $a_e = 85$ mm (3.346 pulg.)

Necesidad:

- Velocidad del husillo, n (rpm)
- Avance de la mesa, v_f (mm/min (pulg./min))
- Velocidad de arranque de metal, Q cm^3/min (pulg. $^3/\text{min}$)
- Consumo de potencia, kW (HP)



Velocidad del husillo

Premisas: $v_c = 225$ m/min (738 pies/min)

Métrico

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC} \quad (\text{rpm})$$

$$n = \frac{225 \times 1000}{3,14 \times 125} = 575 \text{ rpm}$$

Pulg.

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC} \quad (\text{rpm})$$

$$n = \frac{738 \times 12}{3,14 \times 4,921} = 575 \text{ rpm}$$

Avance de mesa

Si: $n = 575$ rpm

Métrico

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad (\text{mm/min})$$

$$v_f = 575 \times 0,21 \times 5 = 600 \text{ m/min}$$

Pulg.

$$v_f = n \times f_z \times z_n \quad (\text{pulg./min})$$

$$v_f = 575 \times .0082 \times 5 = 23,6 \text{ pulg./min}$$

Velocidad de arranque de metal

Si $v_f = 600$ mm/min (23.6 pulg./min)

Métrico

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000} \quad (\text{cm}^3/\text{min})$$

$$Q = \frac{4 \times 85 \times 600}{1000} = 204 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Pulg.

$$Q = a_p \times a_e \times v_f \quad (\text{pulg.}^3/\text{min})$$

$$Q = .157 \times 3.346 \times 23,6 = 12,4 \text{ pulg.}^3/\text{min}$$

Consumo de potencia neta

Si: Material CMC 02.1

Métrico

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6} \quad (\text{kW})$$

Pulg.

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3} \quad (\text{Hp})$$

Fresado con mucho empuje

ISO	CMC No.	Material	Specific cutting force	Hardness	mc	CT530		Specific cutting force	Hardness	r
			kc 1	Brinell		Max chip thickness	Brinell	kc .016		
				N/mm ²	HB		0.1 – 0.15 – 0.2	lbs/in ²	HB	
P		Steel					Cutting speed %			
		Unalloyed								
	01.1	C = 0.10 – 0.25%	1500	125	0.25	430-390-50		216,500	125	0
	01.2	C = 0.25 – 0.55%	1600	150	0.25	385-350-15		233,000	150	0
	01.3	C = 0.55 – 0.80%	1700	170	0.25	365-330-00		247,000	170	0
	01.4		1800	210	0.25	315-290-60		260,500	210	0
	01.5		2000	300	0.25	235-210-95		291,500	300	0
		Low alloyed (alloying elements > 5%)								
	02.1	Non-hardened	1700	175	0.25	300-275-45		246,500	175	0
	02.2	Hardened and tempered	1900	300	0.25	195-180-60		278,500	300	0
		High alloyed (alloying elements > 5%)								
	03.11	Annealed	1950	200	0.25	230-205-85		282,000	200	0
	03.13	Hardened tool steel	2150	200	0.25	190-170-65		311,000	200	0
	03.21		2900	300	0.25	165-150-35		420,000	300	0
	03.22		3100	380	0.25	105-95-85		448,500	380	0
	Castings									
06.1	Unalloyed	1400	150	0.25	305-280-50		204,000	150	0	
06.2	Low alloyed (alloying elements > 5%)	1600	200	0.25	245-220-00		230,500	200	0	
06.3	High alloyed (alloying elements > 5%)	1950	200	0.25	180-160-45		283,500	200	0	

$$P_c = \frac{85 \times 4 \times 600 \times 1700}{60 \times 10^6} = 5.8 \text{ kW}$$

$$P_c = \frac{3.346 \times .157 \times 23.6 \times 246500}{396 \times 10^3} = 7.7 \text{ Hp}$$

El cálculo anterior es aproximado y solo es válido para un grosor máximo de la viruta (h_{ex}) de 0,1 mm (.0039 pulg.).

Para poder calcular con más precisión el consumo de potencia (P_c) es preciso calcular el correspondiente valor k_c .

Métrico

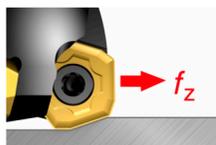
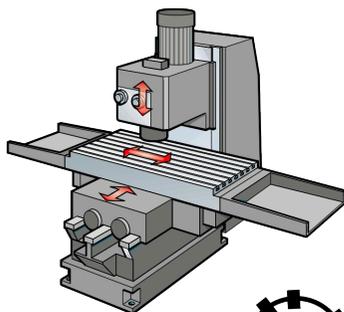
$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100} \right) \quad (\text{N/mm}^2)$$

- h_m = Espesor medio de viruta
- γ_o = Ángulo de desprendimiento de la plaquita
- m_c = Factor de compensación del grosor de la viruta
- k_c = Fuerza de corte específica
- k_{c1} = Fuerza de corte específica para un espesor medio de viruta de 0,1 mm (.0039 pulg.).

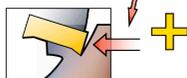
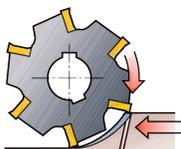
Pulg.

$$k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_o}{100} \right) \quad (\text{lbs/pulg.}^2)$$

Sugerencias de aplicación para fresar



Hasta 0,50 mm (.020 pulg.)



Capacidad de potencia

- Compruebe la capacidad de potencia y la rigidez de la máquina y asegúrese de que la máquina pueda trabajar con el diámetro de fresa requerido.

Estabilidad de la pieza

- Estado y consideraciones sobre la sujeción de la pieza.

Voladizo

- Mecanice con el voladizo más corto posible en el husillo.

Seleccione el paso de fresa correcto

- Utilice el paso de fresa correcto para cada operación de manera que no haya demasiadas plaquitas actuando en el corte, ya que esto podría ocasionar vibración.

Empañe de corte

- Asegúrese de que el empañe de la plaquita sea suficiente si las piezas son estrechas o al fresar sobre espacios vacíos.

Selección de la geometría de la plaquita

- Siempre que sea posible, utilice plaquitas intercambiables de geometría positiva para que la acción de corte sea suave y reducir al mínimo el consumo de potencia.

Seleccione el avance correcto

- Asegúrese de usar el avance por plaquita apropiado para conseguir una acción de corte correcta con el máximo grosor de la viruta recomendado.

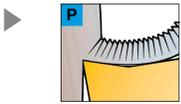
Dirección de corte

- Use el fresado hacia arriba (en concordancia) siempre que sea posible.

Consideración del componente

- Material de la pieza y configuración. También exigencias de calidad relativas a la superficie que se va a mecanizar.





P10-P50



Elección de la calidad de la plaquita

- Seleccione la calidad en función del tipo de material de la pieza y del tipo de aplicación.

Herramientas de fresado antivibratorias

- Con voladizos superiores a 4 veces el diámetro de la herramienta, la tendencia a la vibración puede hacerse más patente y es aquí donde las fresas antivibratorias pueden mejorar radicalmente la productividad.

Ángulo de posición

- Seleccione el ángulo de posición más adecuado.

Diámetro de la fresa

- Seleccione el diámetro correcto en función de la anchura de la pieza.

Posición de la fresa

- Coloque la fresa correctamente.

Entrada y salida de la fresa

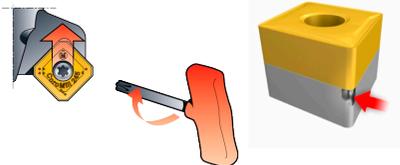
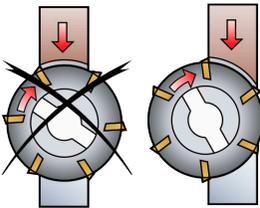
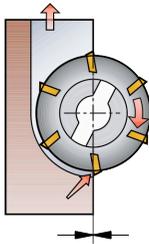
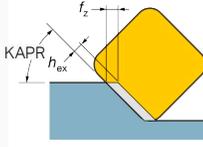
- Se puede ver que la entrada radial al corte da lugar a un grosor de la viruta en la salida que siempre es cero, lo cual permite un mayor avance y prolonga la duración de la herramienta.

Refrigerante

- Use refrigerante únicamente si se considera necesario. Por lo general, el fresado resulta mejor si se lleva a cabo sin refrigerante.

Mantenimiento

- Siga las recomendaciones de mantenimiento de la herramienta y vigile su desgaste.



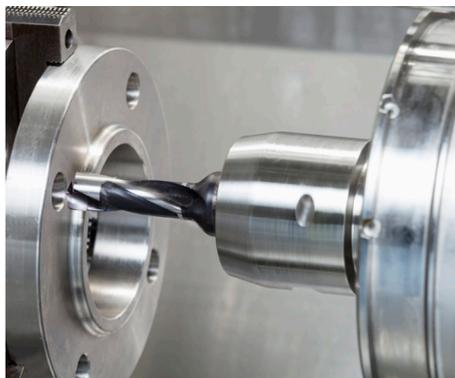


Taladrado

El taladrado es el término que cubre los métodos para producir agujeros cilíndricos en una pieza mediante herramientas de corte del metal

- Teoría E 4
- Procedimiento de selección E 15
- Información general del sistema E 20
- Cómo se aplica E 26
- Calidad del agujero y tolerancias E 38
- Resolución de problemas E 43

El proceso de taladrado



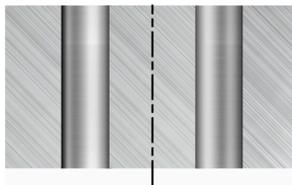
- La broca siempre está inmersa en la pieza y no permite observar la operación.
- Es necesario controlar las virutas.
- La evacuación de la viruta resulta esencial, ya que afecta a la calidad del agujero, a la vida útil de la herramienta y su fiabilidad.

Cuatro métodos habituales de taladrado

Taladrado



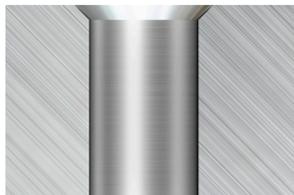
Trepanado



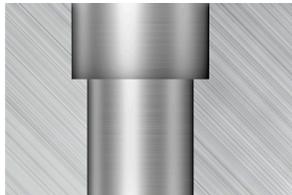
El taladrado se puede clasificar en cuatro métodos comunes:

- Taladrado
- Trepanado
- Taladrado con chaflán
- Taladrado escalonado

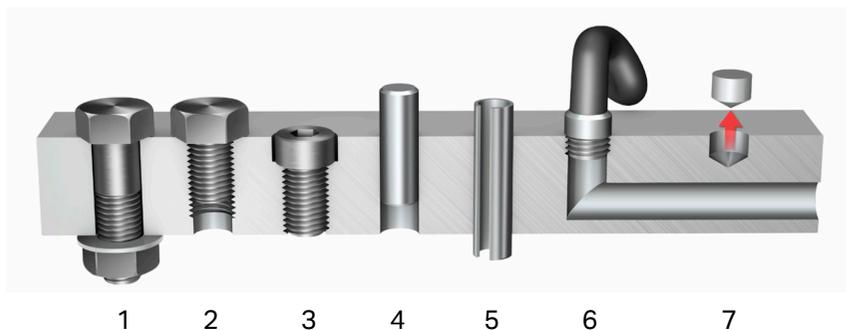
Taladrado con chaflán



Taladrado escalonado



Tipos de agujeros más comunes



Los tipos de agujeros más comunes son los siguientes:

- 1 Agujeros con incidencia para pernos
- 2 Agujeros con rosca
- 3 Agujeros avellanados
- 4 Agujeros de ajuste a presión
- 5 Agujeros de ajuste corredizo
- 6 Agujeros que forman canales
- 7 Agujeros para eliminar peso y equilibrar.

A

Teoría

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

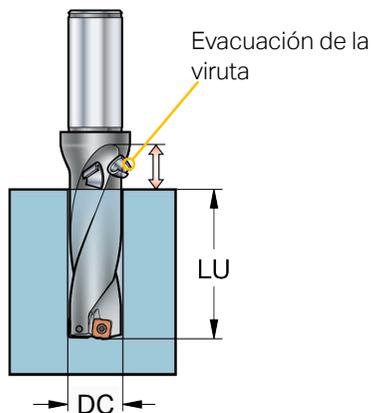
G

Sujeción de la herramienta

H

Maquinabilidad
Otra información

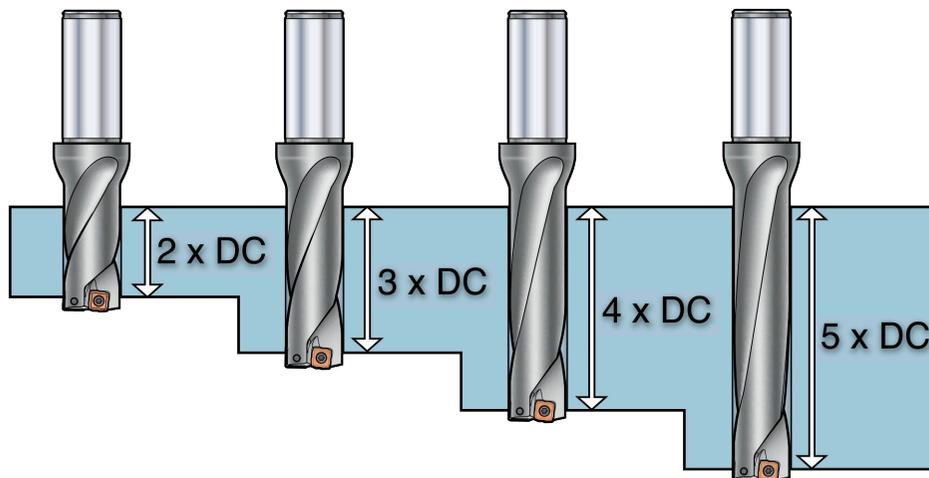
Profundidad máxima del agujero



La profundidad del agujero (LU) determina la elección de la herramienta.

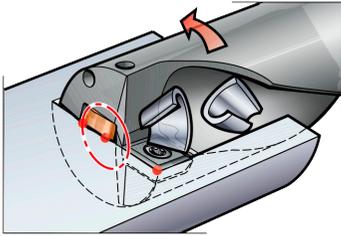
La profundidad máxima del agujero es función del diámetro DC y la profundidad (LU) del agujero.

Ejemplo: Profundidad máx. del agujero: $LU = 3 \times DC$.

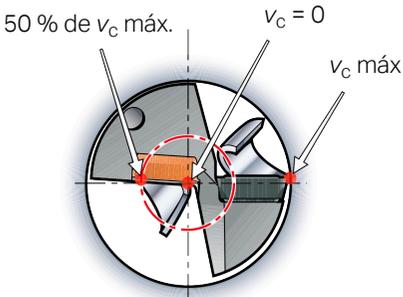


Teoría del taladrado

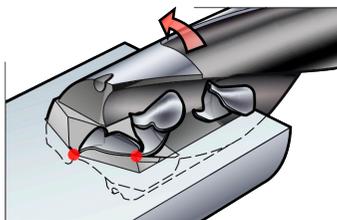
Velocidades de corte para brocas de plaquita intercambiable



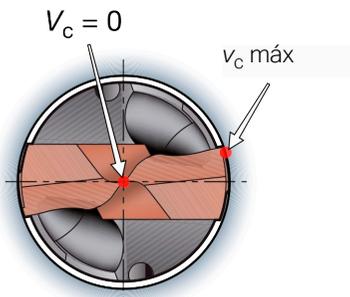
- La velocidad de corte (v_c) de las brocas de plaquita intercambiable decae desde el 100 % en la periferia hasta 0 en el centro.
- La plaquita central opera desde una velocidad de corte igual a cero hasta aprox. el 50 % de v_c máx. La plaquita periférica opera desde el 50 % de v_c máx. hasta el 100 % de v_c máx.
- Un filo efectivo/rev. = z_c .



Velocidades de corte para brocas integrales y de punta intercambiable



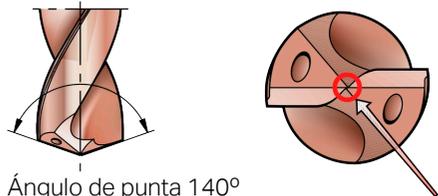
- Dos filos efectivos, desde el centro hasta la periferia.
- Dos filos/rev. = z_c .



Brocas de metal duro integral (SCD) frente a brocas de acero rápido (HSS)

Ángulo del vértice y bisel

Broca de metal duro integral



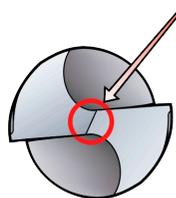
Ángulo de punta 140°

Broca HSS



Ángulo de punta 118°

Bisel



1 Filo principal

2 Bisel

3 Incidencia primaria

4 Incidencia secundaria

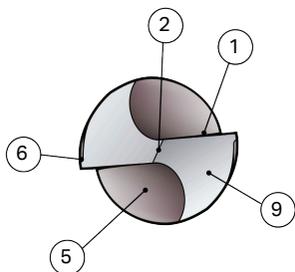
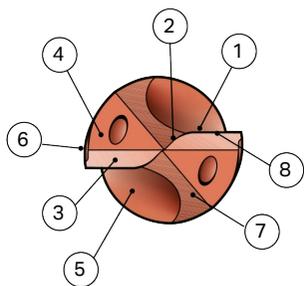
5 Desahogo

6 Margen

7 Desprendimiento primario

8 Chaflán negativo

9 Talón



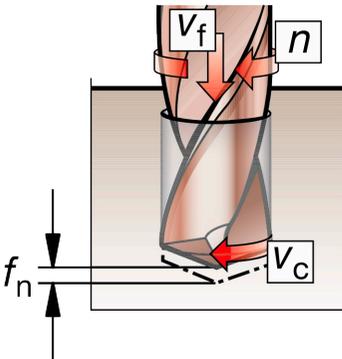
- El bisel queda prácticamente eliminado con la broca de metal duro integral.
- La fuerza de corte axial se reduce considerablemente porque en las brocas de metal duro integral se elimina el bisel.
- Esto resulta en una mejora de las características de centrado y las virutas se cortan cerca del centro de la punta de la broca. Se elimina así la necesidad de usar una broca central.

Ventajas de la broca de metal duro integral

- El bisel queda prácticamente eliminado
- El filo principal alcanza el punto central
- Mayor vida útil y más productividad
- Menos fuerza de empuje y par
- Mejores tolerancias

Definiciones

Velocidad de corte



En el taladrado, la productividad está estrechamente relacionada con la velocidad de penetración, v_f .

n = velocidad del husillo (rpm)

v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

f_n = avance por vuelta mm/r (pulg./r)

v_f = velocidad de penetración mm/min (pulg./min)

DC = diámetro de la broca, mm (pulg.)

Métrico

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \text{ m/min}$$

Pulg.

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \text{ pies/min}$$

$$v_f = f_n \times n \text{ mm/min (pulg./min)}$$

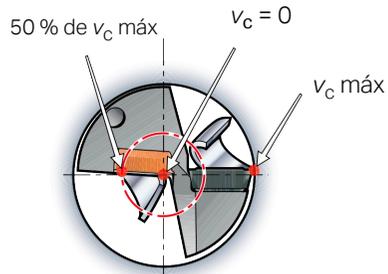
Velocidades de corte para brocas de plaqueta intercambiable

La velocidad de corte (v_c) de las brocas de plaqueta intercambiable decae desde el 100 % en la periferia hasta 0 en el centro.

La plaqueta central opera desde una velocidad de corte igual a cero hasta aprox. el 50 % de v_c máx.

La plaqueta periférica opera desde el 50 % de v_c máx. hasta el 100 % de v_c máx.

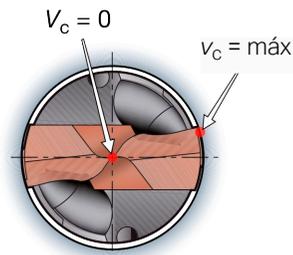
Un filo efectivo/rev: = z_c .



Velocidades de corte para brocas integrales y de punta intercambiable

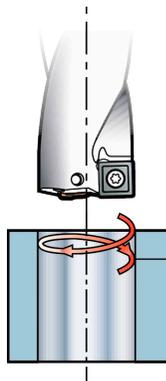
Dos filos, desde el centro hasta la periferia.

Dos filos/rev: = z_c .



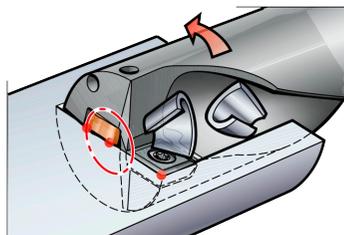
Efectos de la velocidad de corte v_c m/min (pies/min)

- Afecta a la potencia P_c kW (HP) y al par M_c Nm (lbf-pie).
- Es el factor que más influye en la vida útil de la herramienta.
- A mayor velocidad se incrementa la temperatura y el desgaste en incidencia, especialmente en el vértice periférico.
- Una velocidad elevada resulta beneficiosa para la formación de virutas en materiales blandos de viruta larga, p. ej., el acero de bajo contenido en carbono.
- Afecta a los niveles de sonido.



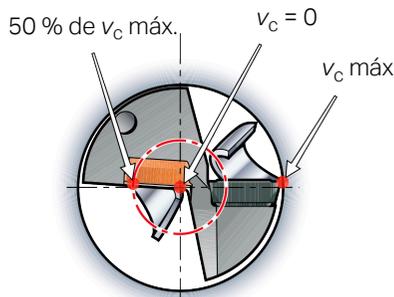
Una velocidad de corte demasiado alta provoca:

- rápido desgaste en incidencia
- deformación plástica
- deficiente calidad del agujero
- deficiente tolerancia de agujero.

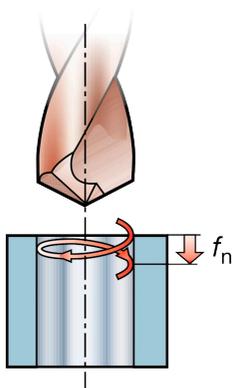


Una velocidad de corte demasiado baja provoca:

- filo de aportación
- mala evacuación de viruta
- mayor tiempo de corte
- mayor riesgo de rotura de la broca
- reducción de la calidad del agujero.



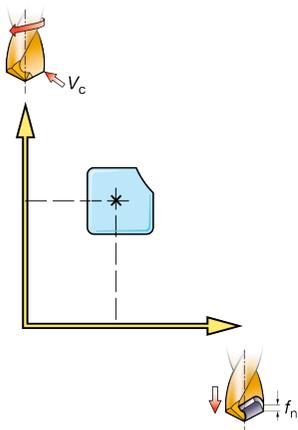
Velocidad de avance



Efectos de la velocidad de avance f_n mm/r (pulg./r)

- Afecta a la fuerza de avance F_f (N), la potencia P_c kW (HP) y el par M_c Nm (lbf-pie).
- Controla la formación de virutas.
- Contribuye a la calidad del agujero.
- Influye sobre todo en el acabado superficial.
- Contribuye a la fatiga mecánica y térmica.

$$f_n = f_z \times 2 \quad \text{mm/r (pulg./r)}$$



Alta velocidad de avance:

- rotura de la viruta más difícil
- menos tiempo de corte.

Baja velocidad de avance:

- virutas más largas y delgadas
- mejora de la calidad
- desgaste acelerado de la herramienta
- mayor tiempo de corte.

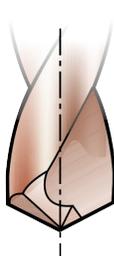
*Nota: La velocidad de avance debe corresponderse con la velocidad de corte.

Cálculo aproximado del consumo de potencia

CoroDrill® 880



CoroDrill® Delta-C



n = velocidad del husillo (rpm)
 v_c = velocidad de corte m/min (pies/min)
 f_n = avance por vuelta mm/rev (pulg./rev)
 v_f = velocidad de penetración mm/min (pulg./min)
 DC = diámetro de la broca mm (pulg.)
 f_z = avance por filo mm (pulg.)
 k_{c1} = fuerza de corte específica N/mm² (lbf ft/pulg²)
 P_c = consumo de potencia kW (HP)
 F_f = fuerza de avance (N)
 M_c = par Nm (lbf ft)

Métrico

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Pulg.

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ Hp}$$

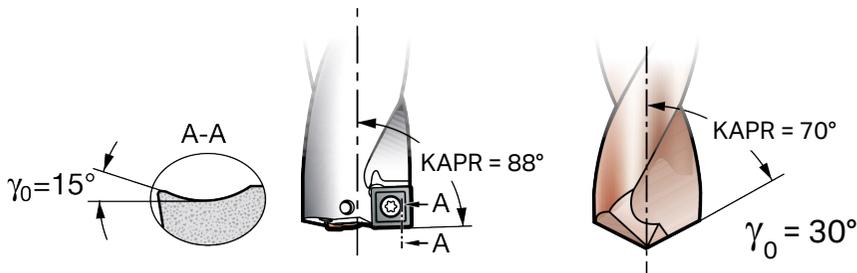
ISO P		Material	Fuerza de corte específica	Fuerza de corte específica	Dureza Brinell	mc
Núm. MC	N.º CMC		$k_{c1} 1.0$ N/mm ²	$k_{c1} .0394$ lbs/pulg. ²	HB	
Acero sin aleación						
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4	Acero con alto contenido en carbono, recocido	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5	Endurecido y templado	2000	291.500	300	0.25
Baja aleación (elementos de aleación ≤5 %)						
P2.1.Z.AN	02.1	No templado	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2	Endurecido y templado	1900	278.500	300	0.25

Puede encontrar información sobre el valor de k_{c1} en la página H16.

Cálculo exacto del consumo de potencia

CoroDrill® 880

CoroDrill® Delta-C



Métrico

$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{240 \times 10^3} \text{ kW}$$

Pulg.

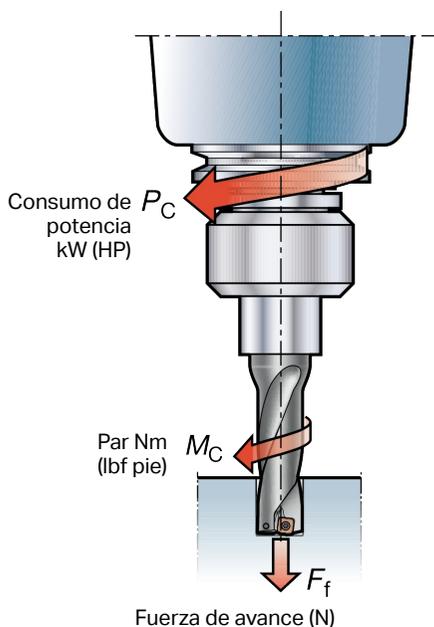
$$P_c = \frac{f_n \times v_c \times DC \times k_c}{132 \times 10^3} \text{ Hp}$$

$$k_c = k_{c1} \times (f_z \times \sin KAPR) m_c \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

ISO P			Fuerza de corte específica k_{c1} 1.0 N/mm ²	Fuerza de corte específica k_{c1} 0.0394 lbs/pulg. ²	Dureza Brinell HB	mc
Núm. MC	N.º CMC	Material				
		Acero sin alear				
P1.1.Z.AN	01.1	C = 0.1-0.25%	1500	216.500	125	0.25
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25-0.55%	1600	233.000	150	0.25
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	247.000	170	0.25
P1.3.Z.AN	01.4	Acero con alto contenido en carbono, recocido	1800	260.500	210	0.25
P1.3.Z.HT	01.5	Endurecido y templado	2000	291.500	300	0.25
		Baja aleación (elementos de aleación ≤5 %)				
P2.1.Z.AN	02.1	No templado	1700	246.500	175	0.25
P2.5.Z.HT	02.2	Endurecido y templado	1900	278.500	300	0.25

Puede encontrar información sobre el valor de k_{c1} en la página H16.

Cálculo del par y la fuerza de avance



n = velocidad del husillo (rpm)
 f_n = avance por vuelta mm/rev (pulg./rev)
 DC = diámetro de la broca mm (pulg.)
 k_{c1} = fuerza de corte específica N/mm² (lbf pie/pulg.²)
 F_f = fuerza de avance (N)
 M_C = par Nm (lbf pie)

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin KAPR \text{ (N)}$$

Métrico

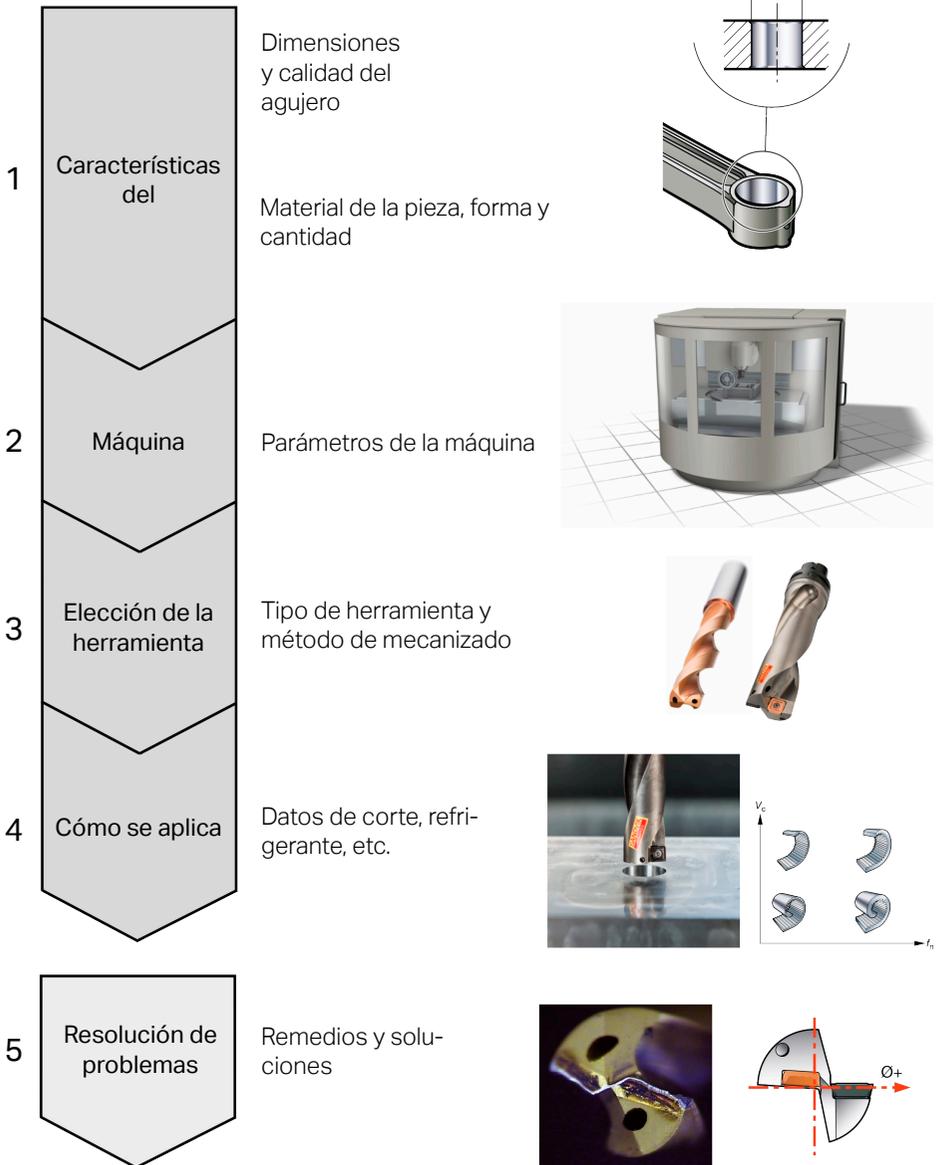
$$M_C = \frac{P_C \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \text{ (Nm)}$$

Pulg.

$$M_C = \frac{P_C \times 16501}{\pi \times n} \text{ (lb-pies)}$$

Procedimiento de selección de la herramienta

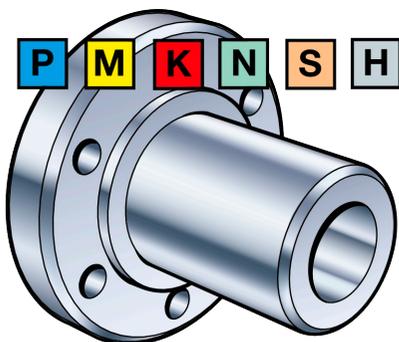
Proceso de planificación de la producción



1. Componente y material de la pieza

Material:

- Maquinabilidad
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.



Componente:

- ¿Presenta el componente simetría de rotación? ¿Usar una broca rotativa o fija?
- Sujeción, tamaño y profundidad del agujero. ¿El componente es sensible a la fuerza de avance y/o a las vibraciones?
- ¿Es necesaria una extensión de la herramienta para llegar hasta la superficie en la que se debe taladrar, es decir, voladizos largos?
- ¿Hay algo en las características del componente que complique el proceso? ¿Hay superficies inclinadas, cóncavas o convexas? ¿Agujeros cruzados?

2. Consideraciones importantes sobre la máquina

Estado de la máquina:



- Estabilidad de la máquina
- Velocidad del husillo
- Suministro de refrigerante
- Caudal y presión del refrigerante
- Sujeción de la pieza
- Husillo horizontal o vertical
- Potencia y par
- Almacén de herramientas.

3. Elección de herramientas para taladrar

Distintos métodos para hacer agujeros

Los parámetros básicos son:

- Diámetro
- Profundidad
- Calidad (tolerancia, acabado superficial, rectitud).

El tipo de agujero y la precisión requerida influyen en la elección de la herramienta.

El taladrado puede verse afectado si la superficie de entrada/salida es irregular o acodada y si el agujero es cruzado.

Taladrado



Ventajas

- Herramientas estándar sencillas
- Relativamente flexible.

Desventajas

- Dos herramientas, adaptadores y mangos básicos
- Requiere una herramienta y una operación adicionales si se trata de un agujero en escalón/con chaflán
- Según la elección:
 - Productividad
 - Calidad del agujero.

Taladrado bidiametral/ con chaflán



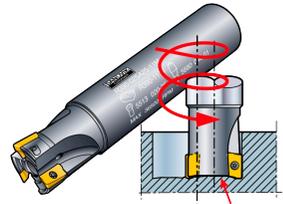
Ventajas

- Reduce el número de operaciones
- Es la manera más rápida de hacer un agujero en escalón/con chaflán.

Desventajas

- Requiere más potencia y estabilidad
- Menos flexibilidad.

Interpolación helicoidal



Ventajas

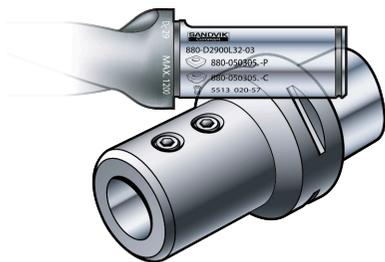
- Herramientas estándar sencillas
- Muy flexible
- Fuerzas de corte reducidas.

Desventajas

- Tiempos de ciclo más prolongados.

4. Cómo se aplica

Consideraciones importantes de aplicación



Sujeción de la herramienta

- Use siempre la broca y el voladizo más cortos posible para reducir la flexión de la herramienta y las vibraciones y tenga en cuenta una evacuación de viruta apropiada.
- Para conseguir la mejor estabilidad y calidad del agujero, use herramientas modulares y portaherramientas hidromecánicos o hidráulicos.

Excentricidad de la herramienta

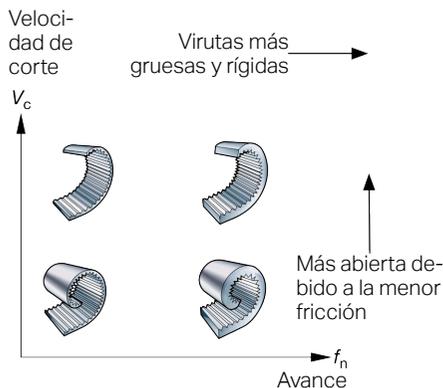
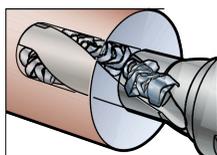
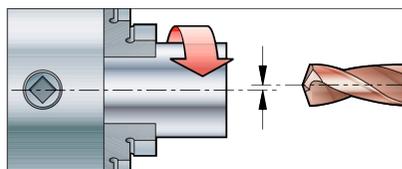
- Para taladrar correctamente es esencial que la excentricidad de la herramienta sea mínima.

Evacuación de la viruta y líquido de corte

- La formación y evacuación de la viruta son los factores más determinantes en el taladrado y afectan a la calidad del agujero.

Calidad y geometría

- Use la calidad y la geometría recomendadas.
- Use los parámetros de corte recomendados.
- Para garantizar un proceso estable, asegúrese de ajustar los parámetros de corte para conseguir una buena formación de virutas.



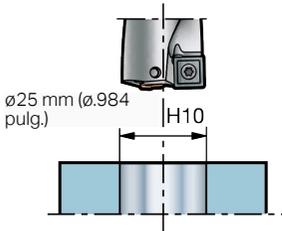
5. Resolución de problemas

Áreas que se deben considerar



Desgaste de la plaquita y vida útil de la herramienta

- Compruebe el patrón de desgaste y, si es necesario, ajuste los datos de corte en consecuencia o cambie la calidad.



Evacuación de la viruta

- Compruebe la rotura de la viruta y el suministro de líquido de corte; en caso necesario, cambie en consecuencia los parámetros de rotura de viruta y/o de corte.

Calidad y tolerancias del agujero

- Compruebe la sujeción de la broca/pieza, la velocidad de avance, el estado de la máquina y la evacuación de la viruta.

Datos de corte

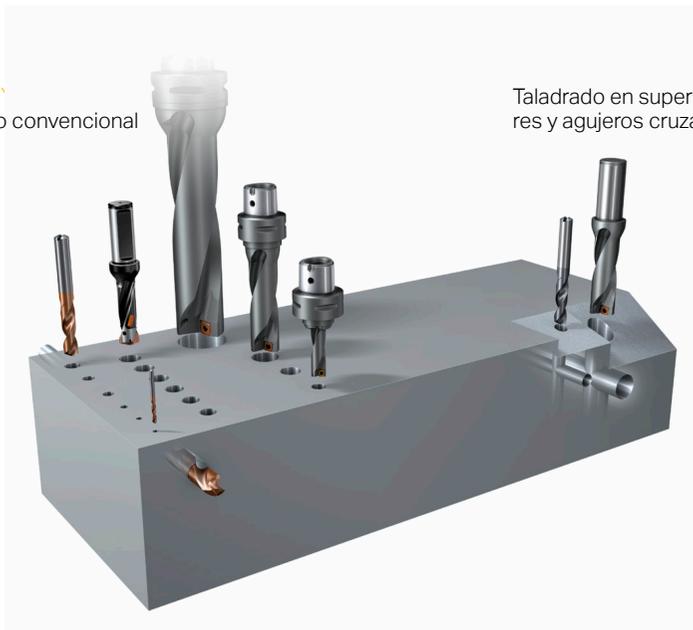
- Unos valores correctos de velocidad de corte y de avance resultan esenciales para obtener una productividad elevada y una vida útil de la herramienta prolongada.

Herramientas para taladrado

Herramientas para taladrar que cubren una gama de diámetros de 0,30 mm a 110 mm (.0118 pulg. a 4.331 pulg.) e incluso mayores como productos especiales.

Taladrado convencional

Taladrado en superficies irregulares y agujeros cruzados



Relación longitud/diámetro

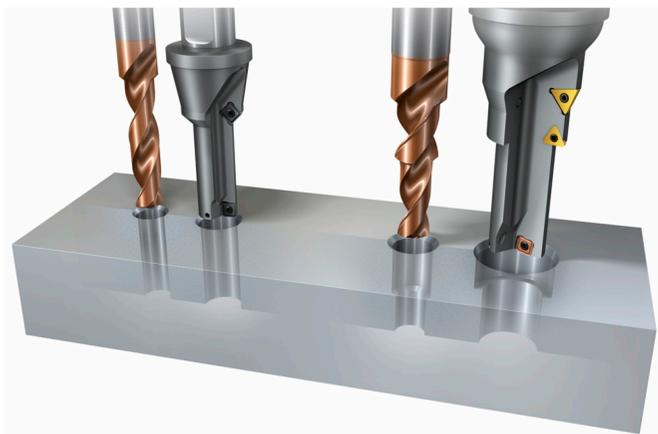


Elección de herramientas para taladrar

Taladrado bidiametral y con chaflán

Taladrado con chaflán

Taladrado con escalón o con escalón y chaflán



Otros métodos

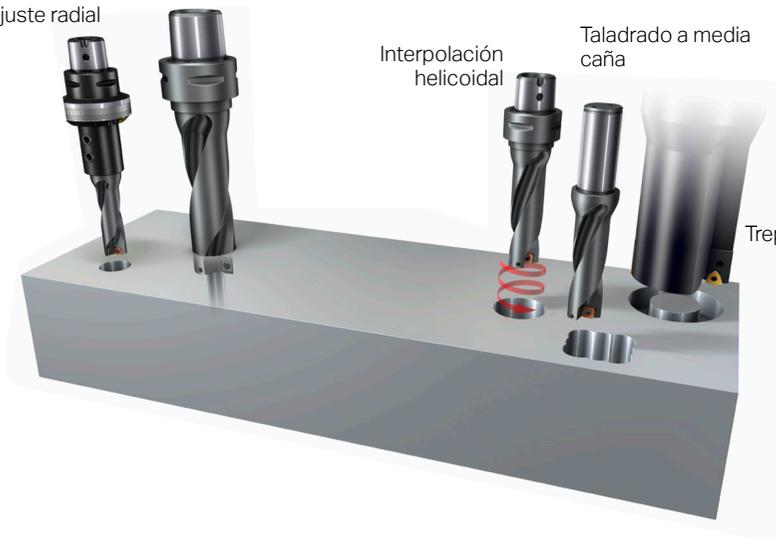
Taladrado con ajuste radial

Taladrado enterizo

Interpolación helicoidal

Taladrado a media caña

Trepanado



Diámetro y profundidad del agujero

Posicionamiento de las brocas para agujeros cortos

Brocas de plaquita intercambiable



Se deben considerar siempre como la primera elección por su reducido coste por agujero. También porque son herramientas muy versátiles.

Áreas de aplicación

- Agujeros de diámetro mediano y grande.
- Exigencias de tolerancia media.
- Agujeros ciegos que requieran un fondo «plano».
- Operaciones de taladrado a media caña o de mandrinado.

Brocas de metal duro integral



Primera elección para diámetros pequeños y cuando se requiera una tolerancia de agujero más estrecha.

- Diámetro pequeño.
- Agujeros de precisión o con tolerancia estrecha.
- Agujeros cortos o relativamente profundos.

Brocas de punta intercambiable



Primera elección para agujeros de diámetro mediano en los que la punta intercambiable ofrece una solución económica.

- Diámetro mediano.
- Tolerancias de agujero estrechas.
- Cuerpo de acero que proporciona tenacidad.
- Agujeros cortos o relativamente profundos.

Brocas de plaquita intercambiable

Broca básica



- El modo más económico de hacer un agujero.
- Para piezas de todos los materiales.
- Existen brocas estándar, Taylor Made (a medida) y especiales.
- Una herramienta versátil que puede hacer otras cosas, además de taladrar.

Opciones de montaje

Se dispone de distintas opciones de montaje, lo que permite al usuario montar la broca en prácticamente todas las configuraciones de máquina. Actualmente, los fabricantes de máquinas-herramientas ofrecen opciones de montaje integradas en el husillo.

Mango cilíndrico



Acoplamiento Coromant Capto®



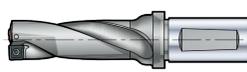
Cilíndrico con plano de apriete



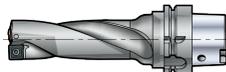
Mango P



Whistle Notch



Otros sistemas modulares



A

Información general del sistema

Torneado

Brocas de metal duro integral

B

Elección básica

Brocas optimizadas para materiales específicos

Tronzado y ranurado



C



Roscado

Brocas optimizadas para aplicaciones específicas

D

Broca de achaflanar

Broca de precisión para acero duro



Fresado

E



Taladrado



F

Brocas para agujeros cortos, grupos de materiales ISO

Mandrinado

Grupo de materiales ISO



G



Brocas de metal duro integral

+++

+++

+++

+++

+++

+++

Sujeción de la herramienta



Brocas de punta intercambiable

+++

+++

+++

++

++

+

H

Maquinabilidad
Otra información

Brocas de plaquita intercambiable

+++

+++

+++

+++

+++

+++

Agujeros de gran diámetro

Broca de gran diámetro



Las brocas de plaquita intercambiable están disponibles en diámetros de hasta 84 mm (3.307 pulg.).

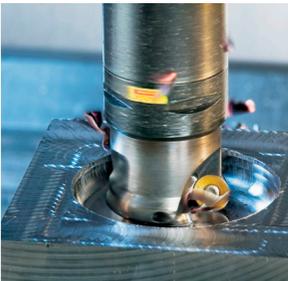
Broca trepanadora



El trepanado se utiliza para agujeros de gran diámetro y cuando la máquina cuenta con una potencia limitada, ya que no consume tanta potencia como el taladrado enterizo. Las brocas trepanadoras están disponibles de manera estándar hasta un diámetro de 110 mm (4.331 pulg.).

Nota: Estas brocas sirven exclusivamente para aplicaciones de agujero pasante.

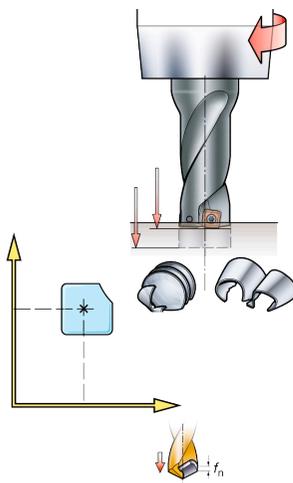
Fresado, interpolación helicoidal



Es posible utilizar una fresa con interpolación circular o helicoidal en lugar de brocas o herramientas de mandrinar. Este método resulta menos productivo pero puede ser una alternativa si la rotura de la viruta es un problema.

Cómo se aplica

Brocas de plaquita intercambiable



Rutina de reglaje

- Use la broca más corta posible.
- Compruebe la longitud de programación.
- Comience a taladrar con una velocidad de avance y de corte intermedia dentro del intervalo recomendado hasta una profundidad de 3,2 mm (.125 pulg.).
- Compruebe la formación de viruta y mida el tamaño del agujero.
- Inspeccione la broca para comprobar que no haya fricción entre la broca y el agujero.
- Aumente o disminuya la velocidad de avance y/o la velocidad de corte en función de la formación de viruta, la vibración, la calidad superficial del agujero, etc.

Formación de virutas, intercambiable

- Para conseguir una mejora inicial de la evacuación de la viruta se puede mejorar la formación de virutas.
- Si la viruta es larga, puede provocar un atasco de viruta en las ranuras de la broca.
- Además, el acabado superficial puede verse afectado y la plaquita o la herramienta pueden sufrir daños.
- La rectificación implica seleccionar la geometría de plaquita adecuada y ajustar los datos de corte.
- Aplicar las geometrías de plaquita que se adapten a los diferentes materiales y condiciones de corte.



Excelente



Aceptable



No aceptable

Broca rotativa de plaquita intercambiable



Alineación

- Si los agujeros producidos tienen un tamaño más grande o más pequeño del previsto o si la plaquita central tiende a astillarse, suele deberse a que la broca está descentrada.
- Girar la broca 180° en su portaherramientas puede solucionar este problema.
- No obstante, para ejecutar los agujeros con precisión es importante garantizar que el eje central de la broca y el eje de rotación sean paralelos.
- El husillo de la máquina y el portaherramientas deben encontrarse en buen estado.

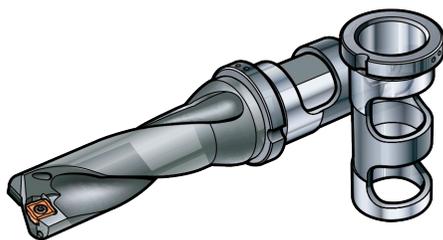
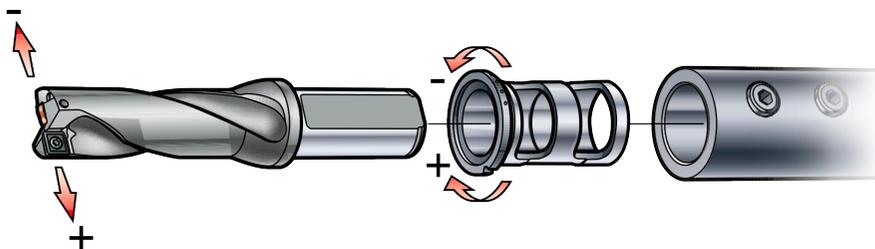
Ajuste radial



Portaherramientas ajustable

- El reglaje se consigue girando el anillo graduado que rodea al mango, marcado con incrementos de 0,05 mm (.002 pulg.), que indica un desplazamiento diametral de la herramienta.
- Ajuste radial $-0,2 / +0,7$ mm ($-.008 / +.028$ pulg.). Tenga en cuenta que no se debe superar el rango de ajuste de la broca. (El ajuste máximo aparece indicado en las páginas de pedido del catálogo).
- Puede resultar necesario reducir el avance/rev (f_r) debido a un mayor voladizo de herramienta y un menor equilibrio de las fuerzas de corte por el desajuste.
- Se utilizan manguitos para adaptar los diferentes tamaños de mango ISO para un portaherramientas.

Manguito ajustable para brocas con mangos ISO 9766



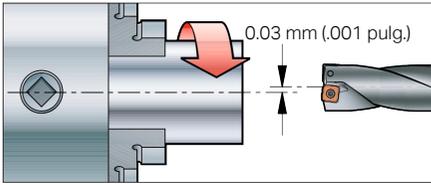
Broca rotativa: manguito excéntrico

El diámetro de taladrado se puede ajustar para garantizar tolerancias de agujero más estrechas. El rango de ajuste del diámetro es de aprox. $\pm 0,3$ mm ($\pm 0,012$ pulg.), pero el ajuste en dirección negativa solo se debe efectuar si la broca produce un agujero redimensionado (no para obtener agujeros de menor tamaño).

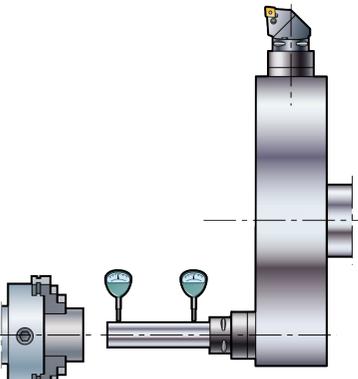
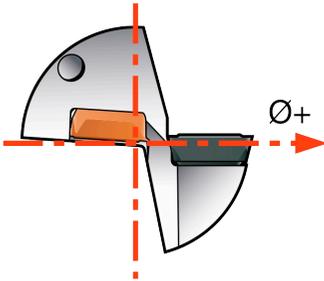
- Un punto aumenta/reduce el diámetro en 0,10 mm (.004 pulg.).
- Aumente el diámetro girando el manguito en el sentido de las agujas del reloj.
- Reduzca el diámetro girando el manguito en el sentido contrario al de las agujas del reloj.
- Utilice ambos tornillos para sujetar la broca en la fijación y asegúrese de que los pernos del portaherramientas sean suficientemente largos.

Broca estacionaria

Alineación



- La excentricidad total entre la línea central de la máquina y la pieza no debe superar los 0,03 mm (.001 pulg.).
- La broca se debe montar de manera que la cara superior de la plaquita periférica quede paralela al desplazamiento transversal de la máquina (normalmente el eje X).



Indicador de cuadrante y barra de prueba

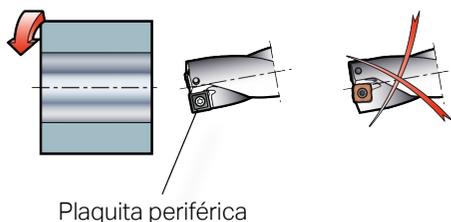
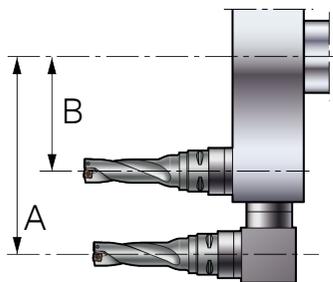
- La falta de alineación también produce desplazamiento radial, lo que da lugar a orificios demasiado grandes o demasiado pequeños.
- La medición se puede llevar a cabo con un indicador de cuadrante y una barra de pruebas.

Broca con cuatro planos

- Otro método es preparar una broca con cuatro planos equidistantes distribuidos en el contorno del mango de la broca.
- Haga agujeros con la broca montada en cada una de las cuatro posiciones de los planos de apriete. La medición del agujero indicará el estado de alineación de la máquina.



Flexión de la torreta



Plaquita periférica

Solución de problemas

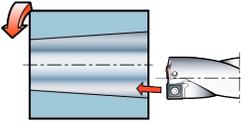
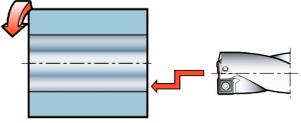
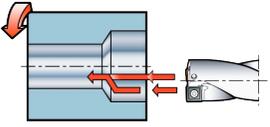
- La flexión de la torreta en un torno CNC puede estar causada por la fuerza de avance.
- Primero, compruebe si puede minimizar el par montando la herramienta de manera diferente. La posición B es preferible a la posición A.

- Para evitar el desgaste del cuerpo de la broca y que no queden marcas de la extracción en el agujero, monte la broca con la plaquita periférica como se muestra en la figura.
- Finalmente, se puede reducir el avance/revolución (f_n) para minimizar la fuerza de avance.

Fuerza de avance

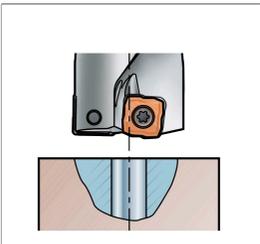
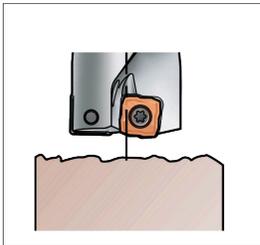


Desplazamiento radial



- Es posible hacer agujeros mayores que el tamaño nominal de la broca, además de ampliarlos y acabarlos con una pasada posterior de mandrinado.
- Las brocas de plaquita intercambiable estacionarias se pueden utilizar también para generar agujeros cónicos.
- Asimismo, es posible mecanizar achaflanados y relieves con una broca.
- Es posible preparar un agujero para el roscado posterior con una sola pasada que incluya el achaflanado.

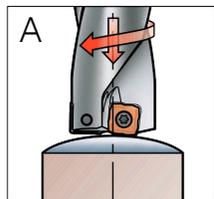
Superficies irregulares y agujeros pretaladrados



Al penetrar o salir de una superficie irregular existe el riesgo de astillar las plaquitas.

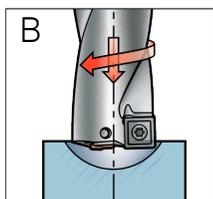
- En ese caso es necesario reducir la velocidad de avance.
- Un agujero pretaladrado debe ser más bien pequeño (no mayor del 25 % del diámetro de la broca) para evitar la flexión de la broca.
- Sin embargo, la reducción del avance permite un mecanizado amplio de agujeros pretaladrados.

► Penetración en superficies que no sean planas



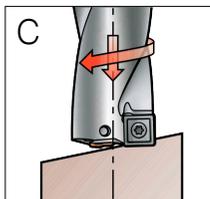
A Superficie convexa

- Normalmente, no es necesario reducir el avance.



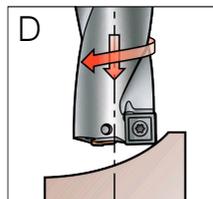
B Superficie cóncava

- Reduzca el avance a 1/3 del valor original de la velocidad de avance.



C Superficie inclinada

- Si el ángulo de posición es de 2° – 89° , reduzca el avance a 1/3 de la velocidad de avance original.



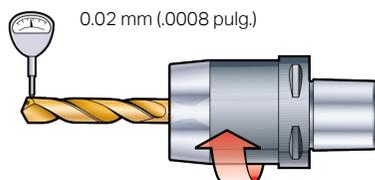
D Superficies irregulares

- Reduzca el avance a 1/3 de la velocidad de avance original.

Brocas enterizas de metal duro y brocas de punta intercambiable

Alineación

Broca rotativa

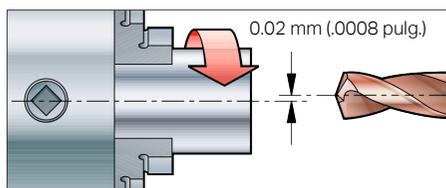


Garantizar una excentricidad mínima de la herramienta es uno de los principales criterios para poder usar brocas de metal duro integral con buenos resultados.

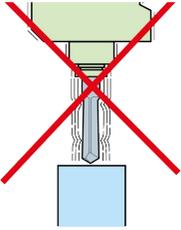
La excentricidad no debe superar los 0,02 mm (.0008 pulg.) para conseguir:

- una tolerancia de agujero estrecha
- un buen acabado superficial
- una vida útil de la herramienta prolongada y consistente.

Broca fija



► Sujeción de la herramienta



- Una pinza y un mango de herramienta en mal estado pueden estropear una configuración perfecta.
- Asegúrese de que el TIR (lectura total del indicador) esté por debajo de 0,02 mm (.0008 pulg.).
- Si la excentricidad no es aceptable, esta se puede reducir provisionalmente girando la broca o la pinza 90° o 180° para conseguir así el TIR más pequeño.

Para obtener el máximo rendimiento utilice portapinzas hidromecánicos, hidráulicos o de amarre por contracción.

Brocas enterizas de metal duro y brocas de punta intercambiable



Brocas de metal duro integral

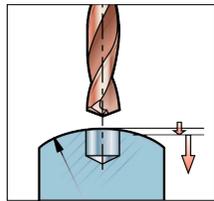
- No se recomienda debido al riesgo de astillamiento del filo de corte.

Brocas de punta intercambiable

- No es posible agrandar agujeros existentes mediante avellanado, ya que no se producirá rotura de la viruta.

Penetración en superficies que no sean planas

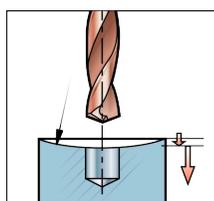
Al entrar en una superficie que no sea plana existe el riesgo de flexión de la broca. Para evitarlo, el avance se puede reducir al entrar.



Superficie convexa

Taladre si el radio es > 4 veces el diámetro de la broca y el agujero es perpendicular al radio.

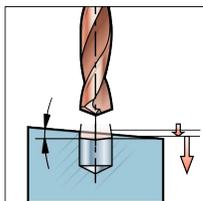
Reduzca el avance al 50 % del régimen normal durante la entrada.



Superficie cóncava

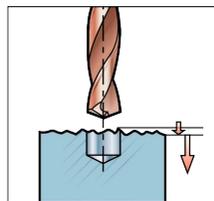
Taladre si el radio es > 15 veces el diámetro de la broca y el agujero es perpendicular al radio.

Reduzca el avance al 25 % del régimen normal durante la entrada.



Superficie inclinada

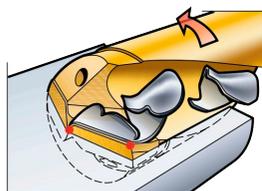
Para inclinaciones de hasta 10° , reduzca el avance a $1/3$ de la velocidad de avance normal durante la entrada. No se recomienda para más de 10° . Frese un pequeño plano de apriete en la superficie y después taladre el agujero.



Superficies irregulares

Reduzca la velocidad de avance a $1/4$ del régimen normal para evitar el astillamiento en los filos.

Formación de virutas. Brocas de metal duro integral y brocas de punta intercambiable



Viruta inicial

Nota: La viruta inicial de la entrada en la pieza siempre es larga y no supone un problema.

- Para conseguir una mejora inicial de la evacuación de la viruta se puede mejorar la formación de virutas.
- Si la viruta es larga, puede provocar un atasco de viruta en las ranuras de la broca.
- Además, el acabado superficial puede verse afectado y la plaquita o la herramienta pueden sufrir daños.
- Comprobar que se estén utilizando los datos de corte y la broca/geometría de punta correctas para adaptarse a los distintos materiales y condiciones de corte.



Excelente



Aceptable



Atasco de viruta

Suministro de refrigerante



Suministro de refrigerante interior

- Siempre es preferible, especialmente en materiales de viruta larga y cuando se taladren agujeros de mayor profundidad (4-5 x DC).

Suministro de refrigerante exterior

- Se puede utilizar si la formación de viruta es buena y cuando la profundidad del agujero sea superficial.

Aire comprimido, lubricación mínima o taladrado en seco

- Se puede obtener un buen resultado si las condiciones son favorables, pero en general no es recomendable.

Líquido de corte



Aceite soluble (emulsión)

- Entre 5 y 12 % de aceite (10-25 % en el caso del acero inoxidable).
- Aditivos EP (presión extrema).

Aceite limpio

- Siempre con aditivos EP.
- Prolonga la vida útil de la herramienta en aplicaciones ISO-M e ISO-S
- Tanto las brocas de metal duro como las de plaquitas intercambiables funcionan bien con aceite limpio.

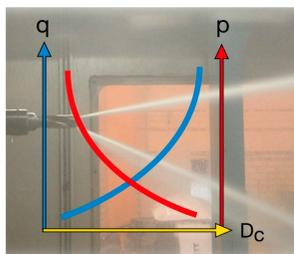
Refrigerante pulverizado o lubricación mínima

- Se puede utilizar con un buen rendimiento en materiales con una formación de viruta favorable.

Taladrado en seco, sin refrigerante

- Se puede utilizar en materiales de viruta corta.
- Profundidad del agujero de hasta 3 veces el diámetro.
- Preferentemente en aplicaciones horizontales.
- Infiere negativamente en la vida útil de la herramienta.

El refrigerante es importante para obtener un buen rendimiento



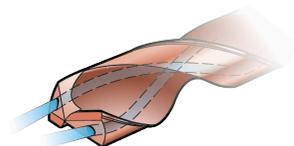
El suministro de refrigerante resulta esencial para taladrar e influye en:

- la evacuación de viruta
- la calidad del agujero
- vida útil de la herramienta.

- El volumen del depósito de refrigerante debe ser de 5 a 10 veces superior al volumen de refrigerante que la bomba suministra cada minuto.
- La capacidad volumétrica se puede comprobar utilizando un cronómetro y un cubo del tamaño adecuado.

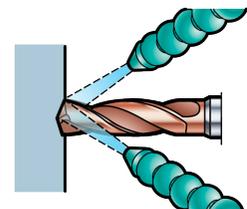
Refrigerante

Interior o exterior



Suministro de refrigerante interior

- Siempre es preferible para evitar atascos de viruta.
- Se debe utilizar siempre si la profundidad del agujero es 3 veces superior al diámetro.
- Una broca horizontal debe contar con un caudal de refrigerante de salida, sin descenso, de al menos 30 cm (12 pulg.).



Suministro de refrigerante exterior

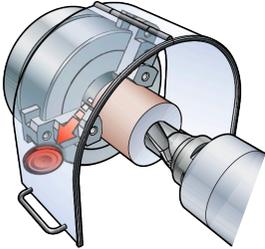
- Puede resultar aceptable en materiales de viruta corta.
- Para mejorar la evacuación de viruta se debe dirigir al menos una boquilla de refrigerante (dos si la broca es estacionaria) hacia las inmediaciones del eje de la herramienta.
- En ocasiones puede contribuir a evitar el filo de aportación que provoca una mayor temperatura del filo.

Aire comprimido, lubricación mínima o taladrado en seco

- Se puede usar con una broca de punta intercambiable en condiciones favorables con materiales de viruta corta.
- Las brocas de metal duro integral funcionan bien en estos tipos de aplicaciones.

Medidas de seguridad

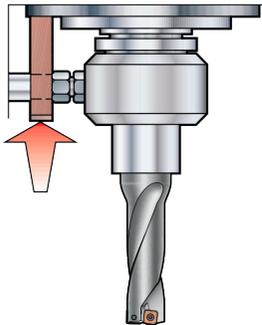
Suministro de refrigerante interior



Seguridad contra discos peligrosos

- Es importante colocar una protección contra los discos de agujeros pasantes para evitar daños o lesiones, especialmente si se utilizan brocas no rotativas.

Suministro de refrigerante exterior



Un tope rotativo es una medida importante

- Puede ser necesario un tope rotativo para las brocas rotativas.
- Si el refrigerante contiene partículas de viruta, los asientos de rendija se pueden agarrar y, en consecuencia, provocar la rotación de la carcasa.
- Si el conector giratorio no se ha utilizado desde hace mucho tiempo, compruebe que el portaherramientas gire en la carcasa antes de poner en marcha el husillo de la máquina.

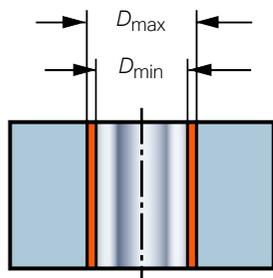
Calidad del agujero y tolerancia

Pasos para garantizar una buena calidad del agujero en taladrado



- La máquina-herramienta debe estar en buen estado.
- La sujeción de herramientas influye en la calidad del agujero y en la vida útil de la herramienta.
- Utilice la broca más corta posible para lograr la máxima estabilidad.
- La rotura y evacuación de la viruta deben ser siempre satisfactorias.
- Es importante el suministro de refrigerante y la presión de este.

Agujero y tolerancia de agujero



Las medidas del agujero se caracterizan por tres parámetros:

- valor nominal (valor teórico exacto)
- ancho de tolerancia (un número), p. ej., IT 7 según ISO
- posición de la tolerancia (indicada con mayúsculas según ISO).

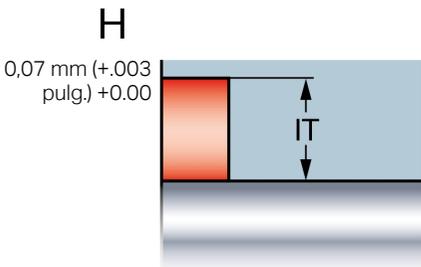
$D_{\text{máx}}$ menos $D_{\text{mín}}$ es el ancho de tolerancia, también llamado, p. ej., IT 7.

Tolerancia de agujero según ISO

Tolerancia	Gama de diámetros, mm/pulg.							Ejemplos
	3-6	6-10	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120	
	.118- .236	.236- .394	.394- .709	.709- 1.181	1.181- 1.969	1.969- 3.150	3.150- 4.724	
IT6	0.008 .0003	0.009 .0004	0.011 .0004	0.013 .0005	0.016 .0006	0.019 .0007	0.022 .0009	Rodamientos
IT7	0.012 .0005	0.015 .0006	0.018 .0007	0.021 .0008	0.025 .0010	0.030 .0012	0.035 .0014	
IT8	0.018 .0007	0.022 .0009	0.027 .0011	0.033 .0013	0.039 .0015	0.046 .0018	0.054 .0021	1) Agujeros para roscado
IT9	0.030 .0012	0.036 .0014	0.043 .0017	0.052 .0020	0.062 .0002	0.074 .0029	0.087 .0034	
IT10	0.048 .0019	0.058 .0022	0.070 .0028	0.084 .0033	0.100 .0039	0.120 .0047	0.140 .0055	Agujeros con machos de roscar normales
IT11	0.075 .0030	0.090 .0035	0.110 .0043	0.130 .0051	0.160 .0062	0.190 .0074	0.220 .0089	
IT12	0.120 .0047	0.150 .0059	0.180 .0071	0.210 .0083	0.250 .0098	0.300 .0118	0.350 .0138	
IT13	0.180 .0071	0.220 .0087	0.270 .0106	0.330 .0130	0.390 .0154	0.460 .0181	0.540 .0213	

1) Agujeros para roscado con machos sin estrías (roscado por laminación)

- Cuanto menor sea el número IT, más estrecha será la tolerancia.
- La tolerancia de una categoría IT aumenta con diámetros de mayor tamaño.



Ejemplo: Ø 15,00 mm (.591 pulg.)
H10

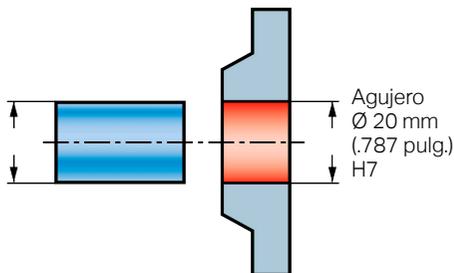
Valor nominal: 15,00 mm (.591 pulg.)

Ancho de tolerancia: 0,07 mm (.003 pulg.)
(IT 10 según ISO)

Posición: 0 a número positivo
(H según ISO)

Tolerancias de agujero según ISO

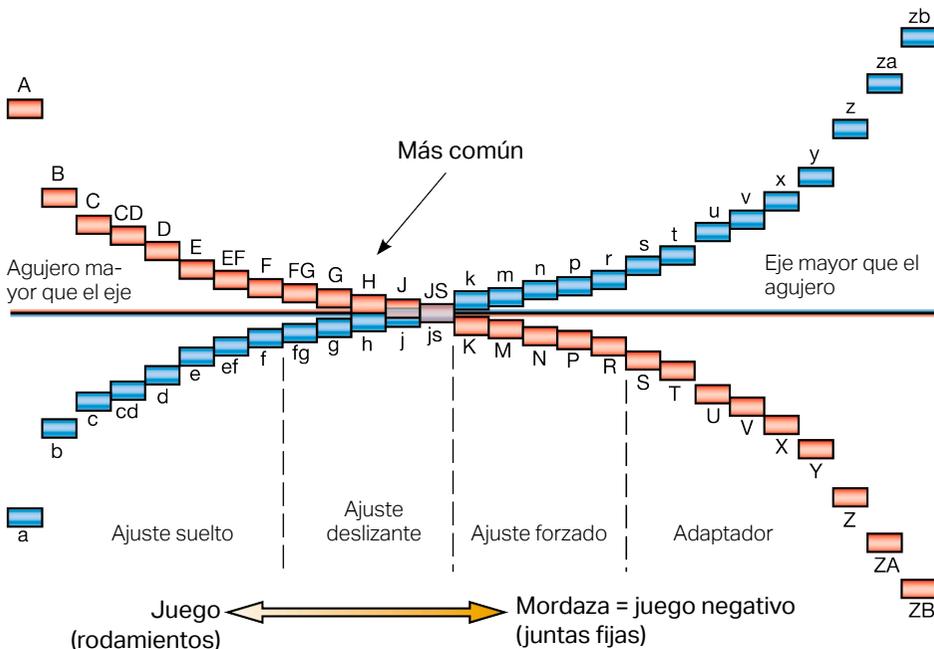
Eje
 $\varnothing 20$ mm
 (.787 pulg.)
 h7



La tolerancia de agujero suele estar relacionada con la tolerancia del eje que se debe ajustar en el agujero.

Tolerancia de agujero y eje según ISO

La posición de la tolerancia del eje se indica con las letras minúsculas correspondientes a la tolerancia del agujero en letras mayúsculas. El gráfico siguiente muestra la gama completa.



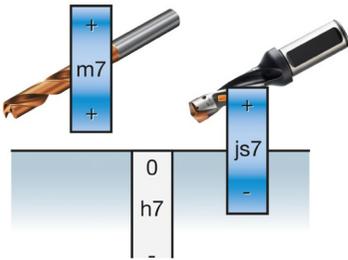
Agujero y tolerancia de la herramienta

Tolerancia de agujero que se puede obtener con distintas herramientas

Tolerancia DC del diámetro de la broca



Tolerancia DC para una broca de metal duro integral y para una broca de punta intercambiable



Tolerancia de la broca

- La broca está rectificada con una determinada tolerancia en su diámetro, designada con letras minúsculas según ISO.

Tolerancia de agujero

- Para las brocas modernas de metal duro o de punta intercambiable, la tolerancia de agujero está muy próxima a la tolerancia de la broca.

	Brocas de metal duro integral	Brocas de punta intercambiable	Broca de plaquita intercambiable
Tolerancia			
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			
IT10			
IT11			
IT12			
IT13			

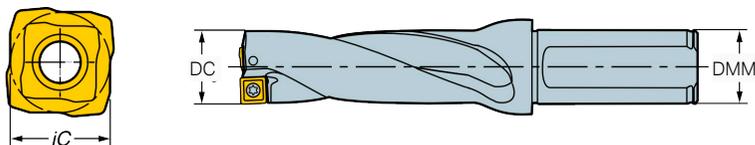
Brocas de plaquita intercambiable

Tolerancia de la broca

- La tolerancia de diámetro de una broca de plaquita intercambiable es una combinación entre la tolerancia de los asientos de punta en el cuerpo de la broca y la tolerancia de plaquita.

Tolerancia de agujero

- Las brocas de plaquita intercambiable ofrecen un equilibrio óptimo de la fuerza de corte y un agujero con tolerancia positiva (redimensionado), porque la mayoría de agujeros tienen una tolerancia H.

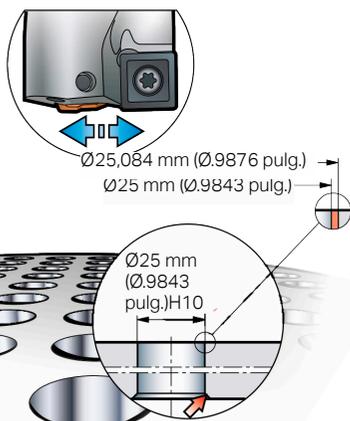


Profundidad de taladrado 2-3 x DC

Diámetro de broca, mm (pulg.)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Tolerancia del agujero, mm (pulg.)	0/+0.25 (0/+0.0098)	0/+0.28 (0/+0.011)	0/+0.3 (0/+0.0118)
Tolerancia DC, mm (pulg.)	0/+0.2 (0/+0.0079)	0/+0.25 (0/+0.0098)	0/+0.28 (0/+0.011)

Profundidad de taladrado 4-5 x DC

Diámetro de broca, mm (pulg.)	12 – 43.99 (.472 – 1.732)	44 – 52.99 (1.732 – 2.086)	53 – 63.5 (2.087 – 2.5)
Tolerancia del agujero, mm (pulg.)	0/+0.4 (0/+0.0157)	0/+0.43 (0/+0.0169)	0/+0.45 (0/+0.0177)
Tolerancia DC, mm (pulg.)	+0.04/+0.24 (+0.0016/+0.0094)	+0.04/+0.29 (+0.0016/+0.0114)	+0.04/+0.32 (+0.0016/+0.0126)



Cómo mejorar la tolerancia de agujero

Una forma de eliminar la tolerancia de fabricación del cuerpo de la broca y de las plaquitas es mediante el prerreglaje de la broca.

Se puede llevar a cabo en un torno o con un portaherramientas/manguito ajustable; consulte la página E28.

De esta manera se puede obtener una anchura de tolerancia (IT) de 0,10 mm (.004 pulg.).

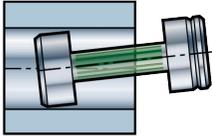
El tamaño del agujero se puede ver afectado por el cambio de la geometría de una de las plaquitas.

Resolución de problemas

Broca de plaquita intercambiable

Problema

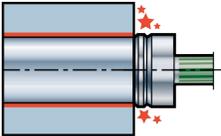
Solución

Agujeros redimensionados

Broca rotativa

1. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
2. Pruebe con una geometría más tenaz en el lado periférico (mantenga la plaquita central).

Broca estacionaria

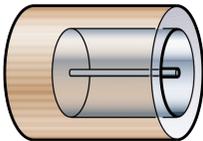
1. Compruebe la alineación en el torno.
2. Gire la broca 180°.
3. Pruebe con una geometría más tenaz en el lado periférico (mantenga la plaquita central).

Agujeros demasiado pequeños

Broca rotativa

1. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
2. Pruebe con una geometría más tenaz en el lado central y una geometría de corte ligero en la periferia.

Broca estacionaria

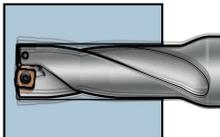
1. Estacionaria:
Comprobar la alineación en el torno.
2. Estacionaria:
Gire la broca 180°.
3. Pruebe con una geometría más tenaz en el lado central (mantenga la periférica).

Pasador en el agujero

Broca rotativa

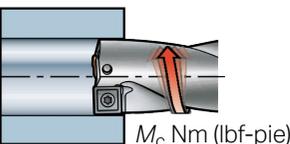
1. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
2. Pruebe con otra geometría en el lado periférico y ajuste la velocidad de avance en función de los datos de corte recomendados.
3. Acorte el voladizo de la broca.
4. Use una menor velocidad de avance durante los primeros 3 mm de profundidad del agujero.

Broca estacionaria

1. Compruebe la alineación en el torno.
2. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
3. Acorte el voladizo de la broca.
4. Pruebe con otra geometría en el lado periférico y ajuste la velocidad de avance en función de los datos de corte recomendados.

Vibraciones


1. Acorte el voladizo de la broca, mejore la estabilidad de la pieza.
2. Reducir la velocidad de corte.
3. Pruebe con otra geometría en el lado periférico y ajuste la velocidad de avance en función de los datos de corte recomendados.

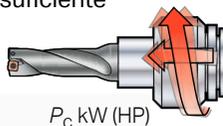
Par de la máquina insuficiente


1. Reduzca el avance.
2. Seleccione una geometría de corte ligero para reducir la fuerza de corte.

Problema

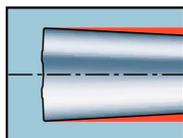
Solución

Potencia de la máquina insuficiente



1. Reduzca la velocidad de corte.
2. Reduzca el avance de corte.
3. Seleccione una geometría de corte ligero para reducir la fuerza de corte.

Agujero asimétrico



El agujero se ensancha en la base (debido al atasco de viruta en la plaquita central)

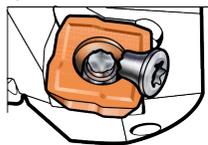
1. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
2. Pruebe con otra geometría en el lado periférico y ajuste la velocidad de avance en función de los datos de corte recomendados.
3. Acorte el voladizo de la broca.

Vida útil de la herramienta deficiente



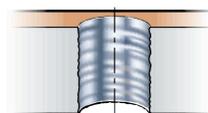
1. Ajuste una velocidad de corte mayor o menor en función del tipo de desgaste.
2. Seleccione una geometría de corte ligero para reducir la fuerza de corte.
3. Incremente el avance

Rotura de los tornillos de plaquita



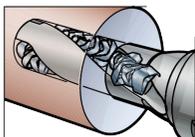
1. Utilice una llave dinamométrica para apretar el tornillo; aplique producto antiagarrotamiento.
2. Compruebe el tornillo de la plaquita y cámbielo con regularidad.

Mal acabado superficial



1. Importante para tener un buen control de la viruta.
2. Reduzca el avance (si es importante mantener v_f , aumente también la velocidad).
3. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
4. Acorte el voladizo de la broca; mejore la estabilidad de la pieza.

Atasco de viruta en las ranuras de la broca



Causado por virutas largas

1. Compruebe la geometría y los datos de corte recomendados.
2. Aumente el caudal de refrigerante y limpie el filtro y los agujeros de refrigerante de la broca.
3. Reduzca el avance en función de los datos de corte recomendados.
4. Aumente la velocidad de corte en función de los datos de corte recomendados.

Desgaste de la herramienta, broca de plaquita intercambiable

Problema	Causa	Solución
----------	-------	----------

Desgaste en incidencia



- Velocidad de corte demasiado alta.
- Calidad con insuficiente resistencia al desgaste.

- Reduzca la velocidad de corte.
- Seleccione una calidad más resistente al desgaste.

Desgaste en cráter



Plaquita periférica

- Desgaste por difusión debido a temperaturas demasiado altas en el ángulo de desprendimiento.

Plaquita periférica

- Seleccione una calidad más resistente al desgaste.
- Reduzca la velocidad.

Plaquita central:

- Desgaste por abrasión debido a la aparición de filo de aportación y embazado.

Plaquita central:

- Reduzca el avance.

General:

- Seleccione una geometría más positiva, p. ej., -LM.

Deformación plástica (plaquita periférica)



- Temperatura de corte (velocidad de corte) demasiado alta, combinada con una presión elevada (avance, dureza de la pieza).
- Como resultado final de un excesivo desgaste en incidencia y/o en cráter.

- Seleccione una calidad más resistente al desgaste que presente mejor resistencia a la deformación plástica.
- Reduzca la velocidad de corte.
- Reduzca el avance.

Astillamiento



- Calidad con tenacidad insuficiente.
- Geometría de la plaquita demasiado débil.
- Filo de aportación (BUE, por sus siglas en inglés).
- Superficie irregular.
- Estabilidad deficiente.
- Incrustaciones de arena (fundición).

- Seleccione una calidad más tenaz.
- Seleccione una geometría más robusta.
- Aumente la velocidad de corte o seleccione una geometría más positiva.
- Reduzca el avance en la entrada.
- Mejore la estabilidad.
- Seleccione una geometría más robusta. Reducir el avance.

Problema	Causa	Solución
----------	-------	----------

Filo de aportación (BUE)



- | | |
|--|---|
| <p>a) Velocidad de corte baja (temperatura demasiado baja en el filo).</p> <p>b) Geometría de corte demasiado negativa.</p> <p>c) Material muy pastoso como, por ejemplo, algunos aceros inoxidables y el aluminio puro.</p> <p>d) Porcentaje demasiado bajo de mezcla de aceite en el líquido de corte.</p> | <p>a) Aumente la velocidad de corte o cambie a una calidad con recubrimiento.</p> <p>b) Seleccione una geometría más positiva, p. ej., -LM.</p> <p>c-d) Aumente la mezcla de aceite y el volumen/la presión en el líquido de corte.</p> |
|--|---|

Evacuación de la viruta: recomendaciones generales



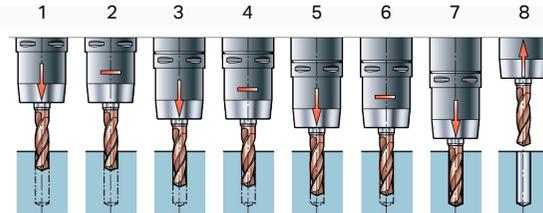
Comprobaciones y soluciones

1. Asegúrese de que se utilicen los datos de corte y la geometría de broca correctos.
2. Inspeccione la forma de la viruta (compárela con la figura de la página E 26).
3. Compruebe si es posible aumentar el caudal y la presión del líquido de corte.
4. Inspeccione los filos. El astillamiento en el filo puede provocar virutas largas porque la viruta se divide. Un filo de aportación grande también puede causar una defectuosa formación de viruta.
5. Compruebe si la maquinabilidad ha cambiado debido a un nuevo lote de material de la pieza. Es posible que deban ajustarse los datos de corte.
6. Ajuste el avance y la velocidad. Consulte el gráfico de la página E 18.

Taladrado con desahogo: brocas de metal duro/de punta intercambiable

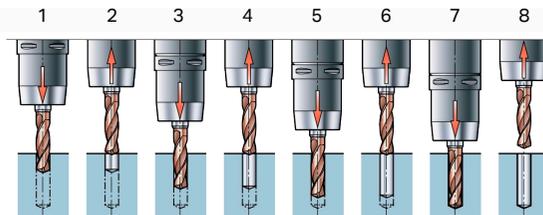
Se puede utilizar taladrado con desahogo si no hay otra solución.

Hay dos maneras diferentes de llevar a cabo un ciclo de taladrado con desahogo:



- El método 1 proporciona la mejor **productividad**

No retire la broca más de aprox. 0,3 mm (.012 pulg.) respecto a la base del agujero. De manera alternativa, haga una parada periódica (mientras la broca todavía esté girando) antes de seguir taladrando.



- El método 2 proporciona la mejor **evacuación de viruta**

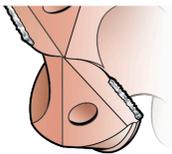
Después de cada ciclo de taladrado, saque la broca del agujero para garantizar que no tenga virutas enganchadas.

Desgaste de la herramienta: brocas de metal duro/ punta intercambiable

Causa

Solución

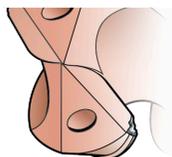
Filo de aportación



1. Velocidad de corte demasiado baja y temperatura del filo demasiado alta
2. Faceta negativa demasiado grande
3. Sin recubrimiento
4. Porcentaje de aceite en el líquido de corte demasiado bajo

1. Aumente la velocidad de corte o use líquido de corte externo
2. Filo más agudo
3. Recubrimiento en el filo
4. Aumente el porcentaje de aceite en el líquido de corte

Astillamiento en el vértice del filo



1. Fijación inestable
2. TIR demasiado grande
3. Corte intermitente
4. Líquido de corte insuficiente (pirogrieta)
5. Sujeción de herramientas inestable.

1. Compruebe la fijación
2. Compruebe la excentricidad radial
3. Reduzca el avance
4. Compruebe el suministro de líquido de corte
5. Compruebe el portaherramientas

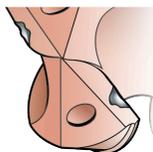
Desgaste en incidencia en los filos



1. Velocidad de corte demasiado alta
2. Avance demasiado bajo
3. Calidad demasiado blanda
4. Falta de líquido de corte

1. Reduzca la velocidad de corte
2. Aumente el avance
3. Cambie a una calidad más dura
4. Compruebe que el suministro de líquido de corte sea el adecuado

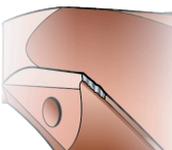
Astillamiento en el filo



1. Condiciones inestables
2. Se ha excedido el máximo desgaste permitido
3. Calidad demasiado dura

1. Compruebe el reglaje
2. Sustituya la broca antes
3. Cambie a una calidad más blanda

Desgaste de las facetas circulares



1. TIR demasiado grande
2. Líquido de corte demasiado débil
3. Velocidad de corte demasiado alta
4. Material abrasivo

1. Compruebe la excentricidad radial
2. Use aceite limpio o una emulsión más resistente
3. Reduzca la velocidad de corte
4. Cambie a una calidad más dura

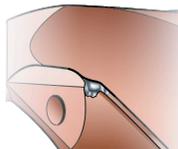
Causa

Solución

Desgaste en el bisel

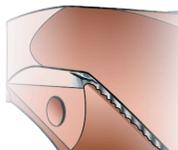
1. Velocidad de corte demasiado baja
2. Avance demasiado alto
3. Bisel demasiado pequeño

1. Aumente la velocidad de corte
2. Reduzca el avance
3. Compruebe los tamaños

Desgaste debido a deformación plástica

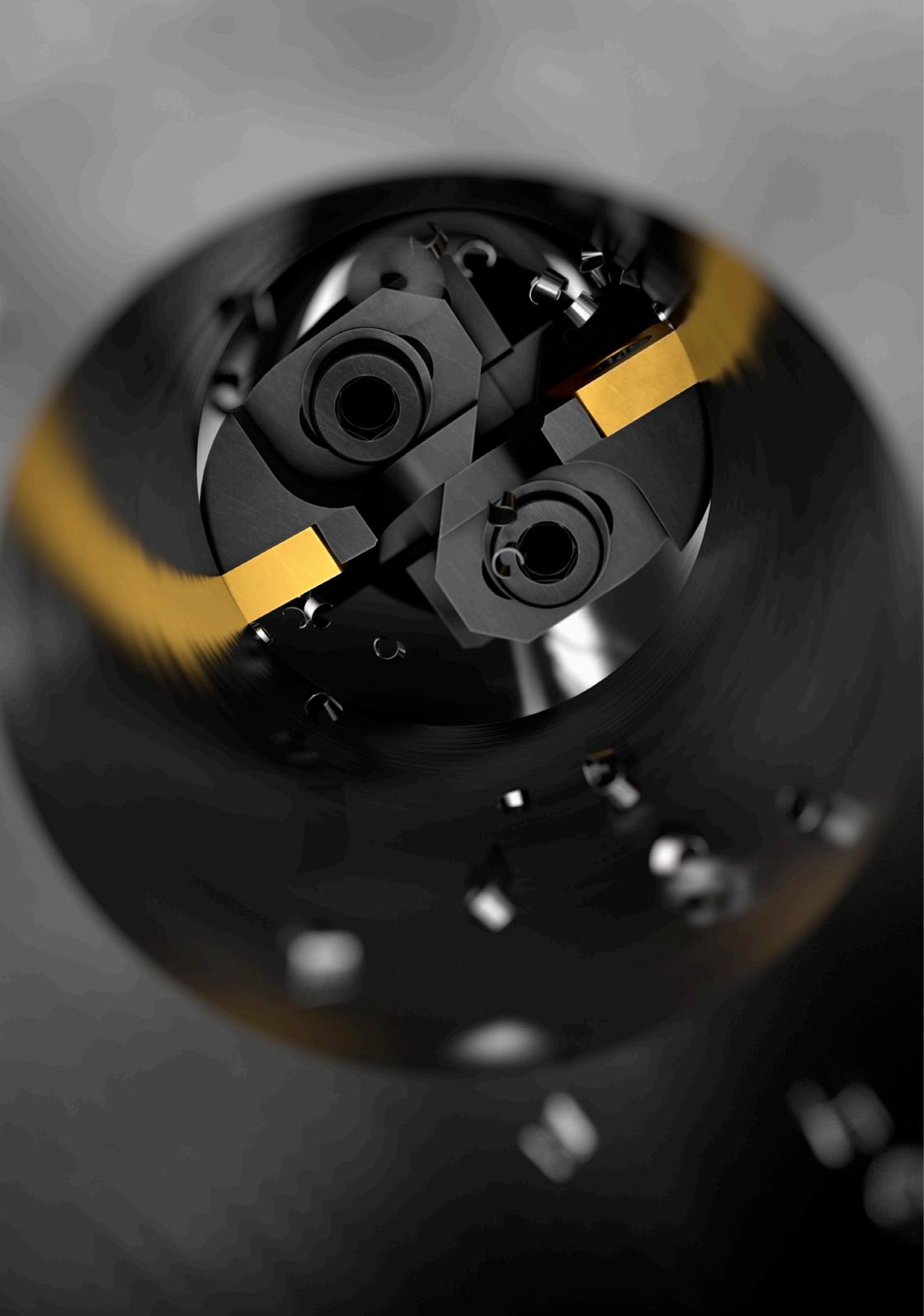
1. Velocidad de corte y/o avance demasiado alto
2. Suministro insuficiente de líquido de corte
3. Broca/calidad inapropiada

1. Reduzca la velocidad de corte y/o el avance
2. Aumente la presión del líquido de corte
3. Use una calidad más dura

Fisuras térmicas (muescas)

1. Líquido de corte inconsistente

1. Compruebe el suministro de líquido de corte
2. Llene el depósito de líquido de corte



Mandrinado

Las operaciones de mandrinado con herramientas rotativas se aplican a agujeros creados previamente con métodos como premecanizado, fundición, forja, extrusión, oxicorte, etc.

- Teoría F 4
- Procedimiento de selección F 8
- Información general del sistema F 13
- Elección de la herramienta F 16
- Cómo se aplica F 22
- Resolución de problemas F 27

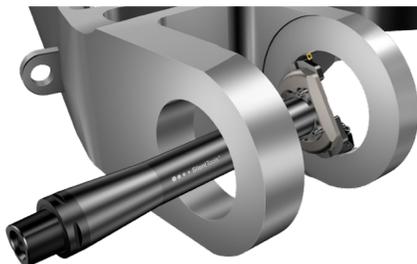
Mandrinado, teoría

El proceso de mandrinado

• Es habitual que las operaciones de mandrinado se realicen en centros de mecanizado y en máquinas de mandrinado horizontal.

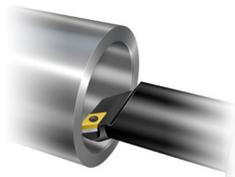
• La herramienta rotativa avanza axialmente a través del agujero.

• La mayoría son agujeros pasantes, a menudo en piezas prismáticas como alojamientos y carcasas.



Tres métodos diferentes de mandrinado básico

Mandrinado con una herramienta estacionaria



Mandrinado con una herramienta rotativa



• Se utiliza únicamente para piezas de revolución en un torno.

• Es posible realizar el perfilado con barras de mandrinar estándar.

• Soluciones muy versátiles de herramientas con cabezas de corte intercambiables.

• Para piezas asimétricas en un centro de mecanizado.

• Soluciones versátiles de herramientas con un diámetro ajustable.

• Muy productivo en operaciones de desbaste.

• Tolerancia de agujero y acabado de superficie de gran calidad.

Fresado, interpolación helicoidal



• Solución muy flexible, una fresa se puede utilizar para distintos diámetros.

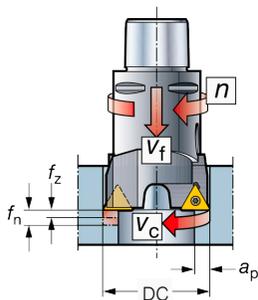
• Ocupa menos espacio en el almacén de herramientas.

• Buena solución si la rotura de la viruta supone un problema.

• Exigencias de alta calidad en la máquina (para acabado).

Definiciones

Definición de términos de datos de corte



Velocidad de corte

La herramienta de mandrinar gira a un determinado número de revoluciones (n) por minuto y genera así un determinado diámetro (DC). Esto implica una velocidad de corte específica (v_c) que se mide en m/min (pies/min) en el filo.

Avance

El desplazamiento axial de la herramienta se denomina velocidad de avance (f_n) y se mide en mm/rev (pulg./rev). La velocidad de avance se obtiene multiplicando el avance por diente, mm/rev (pulg./rev), por el número de dientes efectivos (z_c). La velocidad de avance es el valor clave a la hora de determinar la calidad de la superficie mecanizada y para garantizar que la formación de viruta se encuentre dentro del ámbito de la geometría de plaquita.

Velocidad de penetración

La velocidad de penetración (v_f) es la velocidad de desplazamiento axial y está íntimamente relacionada con la productividad.

Profundidad de corte

La profundidad de corte (a_p) es la diferencia entre el radio del agujero sin mecanizar y el radio una vez mecanizado.

- n = velocidad del husillo (rpm)
- a_p = profundidad de corte radial, mm (pulg.)
- v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)
- f_n = avance por vuelta mm/r (in/r)
- DC = diámetro del agujero mm (pulg.)
- v_f = velocidad de penetración mm/min (pulg./min)
- f_z = avance por diente mm/rev (pulg./rev)
- z_c = número efectivo de dientes que mecanizan la superficie final

Sistema métrico

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000} \quad (\text{m/min})$$

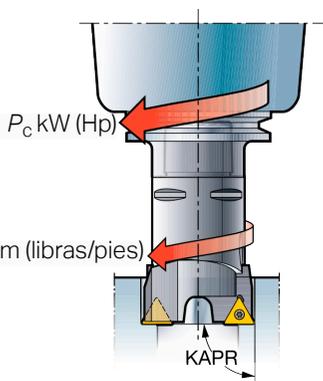
Pulgadas

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12} \quad (\text{pies/min})$$

$$v_f = f_n \times n \quad \text{mm/min (pulg./min)}$$

$$f_n = z_c \times f_z \quad \text{mm/r (pulg./rev)}$$

Cálculo del consumo de potencia y del par



Par

El par (M_c) es el valor del par de fuerzas producido por la herramienta de mandrinar durante el mecanizado y que la máquina debe poder proporcionar.

Potencia neta

La potencia neta (P_c) es la potencia que la máquina debe poder suministrar a los filos para impulsar la acción de mecanizado. Debe tenerse en cuenta la eficiencia mecánica y eléctrica de la máquina al seleccionar los datos de corte.

Fuerza de corte específica

Fuerza de corte/área para un grosor dado de la viruta en dirección tangencial.

El valor k_c indica la maquinabilidad de cada material y se expresa en N/mm^2 (libras/pulg.2).

n = velocidad del husillo (rpm)

v_c = velocidad de corte, m/min (pies/min)

f_n = avance por vuelta mm/r (pulg./rev.)

DC = diámetro del agujero mm (pulg.)

k_c = fuerza de corte específica N/mm^2 (libras/pulg.2)

P_c = consumo de potencia kW (Hp)

M_c = par Nm (libras/pies)

KAPR = ángulo del filo de la herramienta

Sistema métrico

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad (\text{Nm})$$

Pulgadas

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n} \quad (\text{libras/pies})$$

Potencia neta, kW

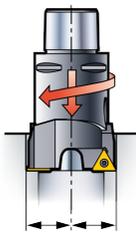
$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Potencia neta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

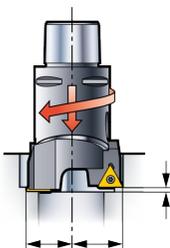
Métodos para hacer agujeros

Mandrinado productivo



El mandrinado productivo requiere dos o tres filos y se emplea para operaciones de desbaste de agujeros con una tolerancia IT9 o mayor, en las que el régimen de arranque de metal es prioritario. En el mandrinado de varios filos, todas las correderas están ajustadas con el mismo diámetro y altura. La velocidad de avance se obtiene multiplicando el avance de cada plaquita por el número de plaquitas ($f_n = f_z \times z$). Esta es la configuración básica para la mayoría de aplicaciones de mandrinado.

Mandrinado escalonado



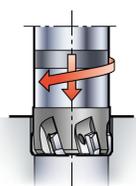
En el mandrinado escalonado, las correderas están ajustadas con diferentes diámetros y alturas. El mandrinado escalonado se usa cuando se requieren cortes con mucha profundidad de corte radial o cuando se mandrina un material blando (material de viruta larga). Con este método, el ancho de la viruta se divide en dos virutas pequeñas y de fácil manejo. La velocidad de avance y el resultado del acabado superficial son los mismos que si se utilizara una sola plaquita ($f_n = f_z$).

Mandrinado de un solo filo



El mandrinado en desbaste de un solo filo se usa cuando el control de la viruta es complicado (material de viruta larga) o cuando la potencia de la máquina-herramienta es limitada. Únicamente se utiliza una corredera. Las superficies de las correderas están protegidas por cubiertas mientras no se usan. Cuando se lleva a cabo un mandrinado de acabado, se usa una herramienta de un solo filo ajustable para las tolerancias de agujero más estrechas, ($f_n = f_z$).

Escariado



El escariado es una operación de acabado ligero realizada con un escariador de varios filos y avance elevado.

Procedimiento de selección de la herramienta

Proceso de planificación de la producción

A
Torneado

B

C
Tronzado y ranurado

D

E
Roscado

F

G
Fresado

H

I
Tallado

J

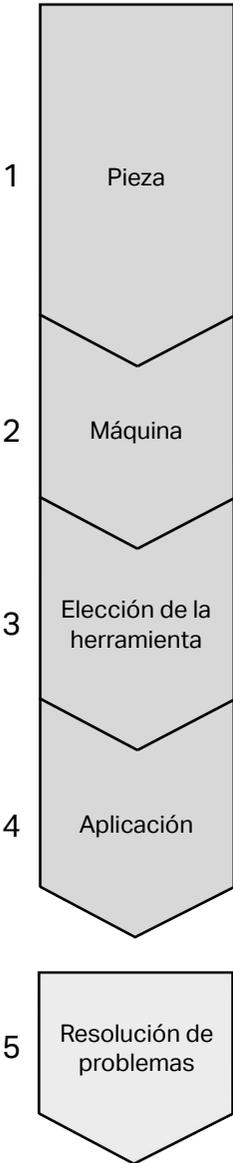
K
Mandrinado

L

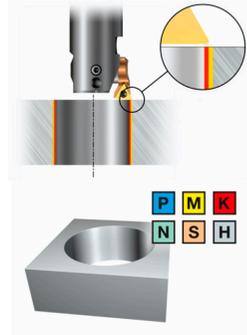
M
Portaherramientas

N

O
Maquinabilidad
Otros datos



Dimensiones y calidad del agujero



1

Pieza

Material de la pieza, forma y cantidad

2

Máquina

Parámetros de la máquina



3

Elección de la herramienta

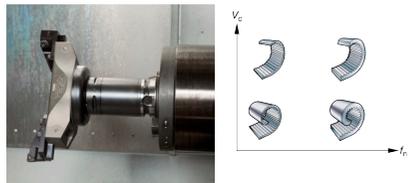
Tipo de herramienta



4

Aplicación

Datos de corte, refrigerante, etc.



5

Resolución de problemas

Remedios y soluciones



1. Componente y material de la pieza

Parámetros que hay que tener en cuenta



Pieza

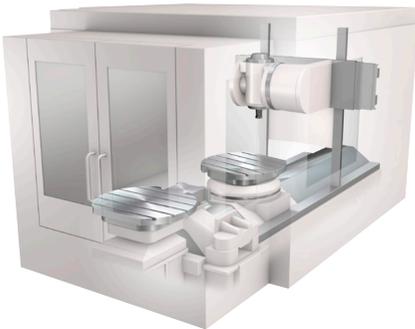
- Identifique el tipo de operación y las características del agujero que se va a mecanizar, además de las limitaciones, el material y la máquina.
- Sujeción, fuerzas de sujeción y fuerzas de corte. ¿La pieza es sensible a la vibración?
- Seleccione una herramienta que cubra el intervalo de diámetros de agujero y de profundidades de la operación, el acabado superficial y la tolerancia.

Material

- Maquinabilidad
- Rotura de la viruta
- Dureza
- Elementos de aleación.

2. Parámetros de la máquina

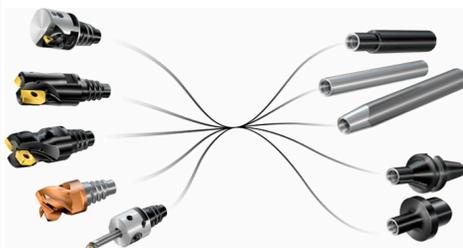
Estado de la máquina



- Adaptador del husillo
- Estabilidad de la máquina
- Velocidad del husillo
- Suministro de refrigerante
- Presión de refrigerante
- Sujeción de la pieza
- Husillo horizontal o vertical
- Potencia y par
- Almacén de herramientas

3. Elección de herramientas

La resistencia a la flexión y la transmisión del par son los factores más importantes al seleccionar un porta-herramientas para operaciones de mandrinado. Elija la herramienta para sus necesidades específicas:



- Herramientas para varios materiales, aplicaciones y condiciones.
- Mecanismos de ajuste preciso y refrigerante de gran precisión para el acabado.
- Optimice la productividad gracias a las herramientas de varios filos.
- Herramientas de diámetros grandes y pequeños.
- Para un mecanizado sin vibraciones en voladizos largos, use herramientas antivibratorias.
- Reduzca el peso para facilitar la manipulación de la herramienta y reducir el momento.

Soluciones a medida



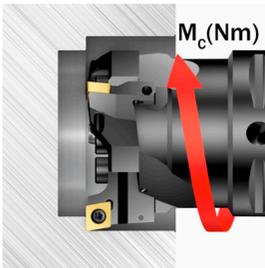
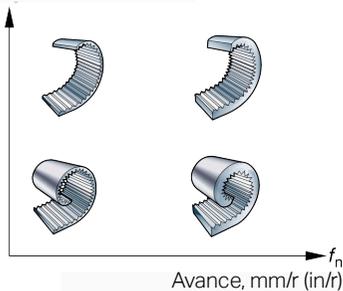
- A menudo consiste en una combinación de varias operaciones en una sola herramienta.
- Las operaciones se pueden completar durante un movimiento de avance.

4. Aplicación

Consideraciones importantes de aplicación



Velocidad de corte,
 v_c m/min (ft/min)



Portaherramientas

- Utilice siempre el tamaño de acoplamiento más resistente y busque el voladizo más corto.
- La mejor estabilidad y calidad del agujero se consiguen gracias a portaherramientas Coromant Capto®, herramientas antivibratorias y mangos cónicos.

Consideraciones sobre herramientas

- Tenga en cuenta el ángulo de posición (inclinación), la geometría de plaquita y su calidad.

Evacuación de la viruta y refrigerante

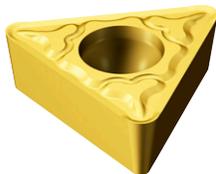
- La formación y evacuación de la viruta son factores importantes en el mandrinado, ya que afectan a la calidad y tolerancia del agujero.

Datos de corte

- Unos valores correctos de velocidad de corte y de avance resultan esenciales para conseguir una productividad elevada, una vida útil de la herramienta prolongada y una buena calidad del agujero.
- No olvide el par y la potencia de la máquina.

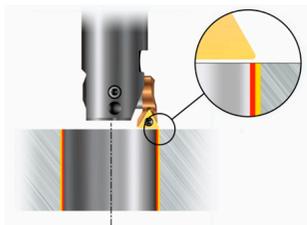
5. Resolución de problemas

Consideraciones importantes de aplicación



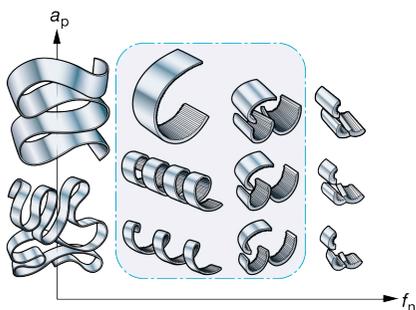
Desgaste de la plaquita y vida útil de la herramienta

- Para las operaciones de mandrinado es esencial que la geometría, la calidad y los datos de corte sean correctos.



Evacuación de la viruta

- Compruebe la rotura de la viruta y el suministro de líquido de corte.

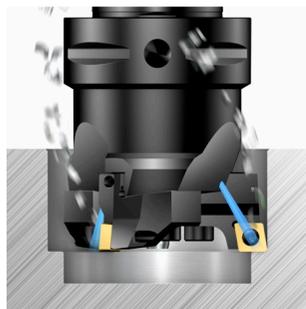


Calidad y tolerancia del agujero

- Compruebe la sujeción de la herramienta de mandrinar/la pieza, la velocidad de avance, el estado de la máquina y la evacuación de la viruta.

Datos de corte

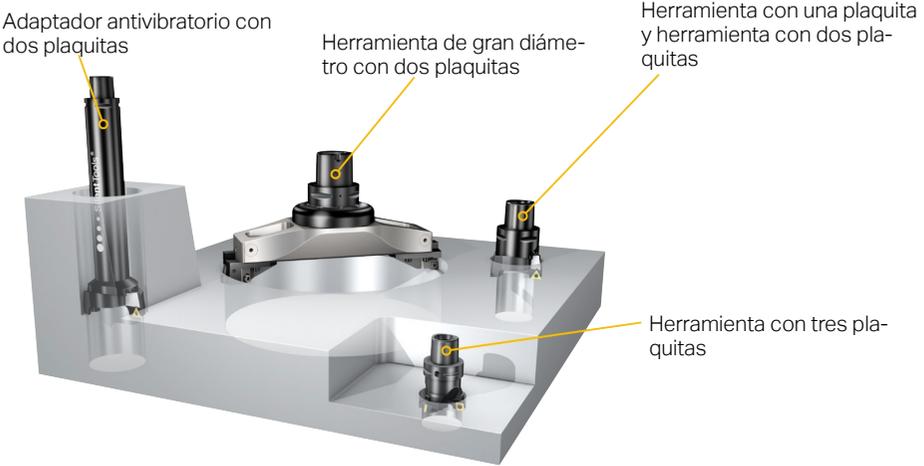
- Unos valores correctos de velocidad de corte, velocidad de avance y profundidad de corte son esenciales para conseguir una productividad elevada, una vida útil de la herramienta prolongada y para evitar las vibraciones.



Información general del sistema

Herramientas de mandrinado en desbaste

Las operaciones de mandrinado en desbaste sirven para ampliar un agujero existente y prepararlo para el acabado.



Herramientas de mandrinado de precisión

Las operaciones de mandrinado de precisión tienen el objetivo de acabar el agujero dentro de sus límites de tolerancia y acabado superficial.

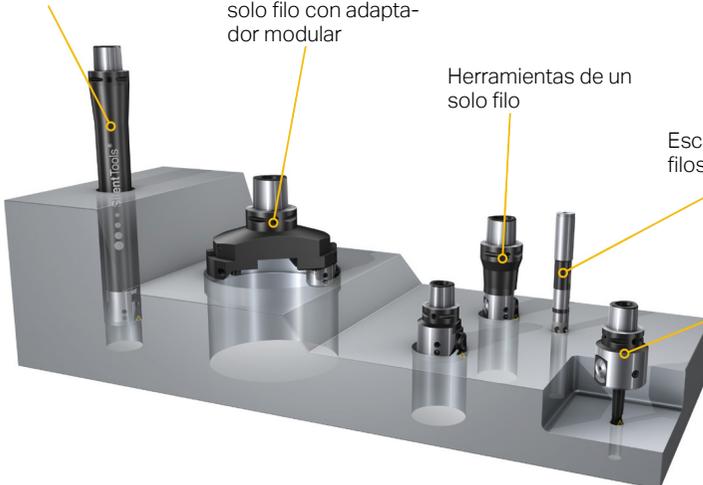
Herramienta de un solo filo con adaptador antivibratorio

Herramienta de un solo filo con adaptador modular

Herramientas de un solo filo

Escariador de varios filos

Cabeza de mandrinado de precisión para barras de mandrinado de precisión

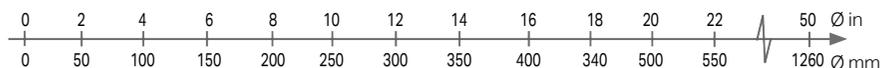


A

Información general del sistema

Torneado

Mandrinado en desbaste



B

Tronzado y ranurado



Herramientas de mandrinado en desbaste con dos plaquitas Ø23-170 mm (0.908-6.893")



Herramientas de mandrinado en desbaste con tres plaquitas Ø36-306 mm (1.4-12")

C

Roscado



Herramientas de mandrinado en desbaste amortiguadas con dos plaquitas Ø25-150 mm (1-6")



Herramientas de mandrinado en desbaste de gran diámetro con dos plaquitas Ø150-1260 mm (6-50")

D

Fresado



Herramientas de mandrinado en desbaste de gran diámetro con dos plaquitas (ligeras). Ø148-300 mm (5.82-11.81")



Herramientas de mandrinado en desbaste de gran diámetro con dos plaquitas (amortiguadas). Ø148-300 mm (5.82-11.81")

E

Taladrado

Mandrinado de precisión, diámetros reducidos



F

Mandrinado



Cabezas de mandrinado de precisión con barra de metal duro Ø1-8,2 mm (0.04-0.320")

G

Portaherramientas



Cabezas de mandrinado de precisión con barra de mandrinar intercambiable Ø6-20 mm (0.24-0.79")



Cabeza de mandrinado de precisión con barra de mandrinar intercambiable o barra de ranurado Ø8-32 mm (0.31-1.26")

H

Maquinabilidad
Otros datos

Escariador de varios filos Ø3,97-31,75 mm (.156 - 1.25")

Mandrinado de precisión, diámetros intermedios



- 

Mandrinado de precisión con cabezas intercambiables Ø19-36 mm (0.75-1.42")
- 

Mandrinado de precisión con mango cilíndrico Ø19-36 mm (0.75-1.42")
- 

Mandrinado de precisión con Coromant Capto (modular) Ø19-167 mm (0.75-6.58")
- 

Mandrinado de precisión con Coromant Capto (amortiguado) Ø23-167 mm (0.91-6.58")
- 

Mandrinado de precisión con Coromant Capto (ligero) Ø69-167 mm (2.716-6.575")

Mandrinado de precisión, diámetros grandes



- 



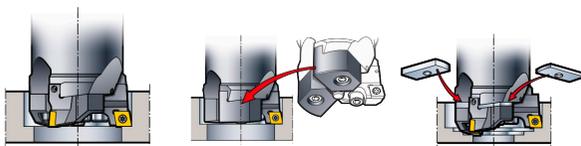
Mandrinado de precisión Ø150-1275 mm (5.9-50")
- 

Mandrinado de precisión (amortiguado) Ø150-315 mm (5.9-12.4")
- 


Mandrinado de precisión con Coromant Capto o montaje de eje (ligero) Ø150-315 mm (5.9-12.4")

Elección de herramientas

Desbaste



Mandrinado productivo

Mandrinado de un solo filo

Mandrinado escalonado

Mandrinado productivo

- Elevado régimen de arranque de metal.
- Mandrinado de varios filos, plaquitas en el mismo nivel.

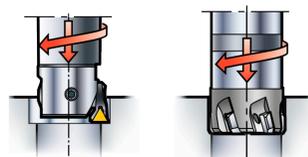
Mandrinado de un solo filo

- Optimización del control de la viruta.
- Menor exigencia de potencia de la máquina.

Mandrinado escalonado

- Para mandrinado en desbaste con gran eliminación de material.
- Optimización del control de la viruta.

Acabado



Mandrinado de un solo filo

Escariado

Mandrinado de un solo filo

- Mandrinado de gran precisión.
- Capacidad de tolerancia IT6.
- Ajustable a 0.002 mm (0.00008").

Escariado

- Muy buen acabado superficial con una gran velocidad de penetración.
- Adecuado para la producción en serie.

Soluciones a medida



- A menudo consiste en una combinación de varias operaciones en una sola herramienta.
- Las operaciones se pueden completar durante un movimiento de alimentación.

Herramientas de mandrinado en desbaste

Herramienta de mandrinado en desbaste con tres plaquitas



La primera elección recomendada para máquinas de potencia media y alta es una herramienta de mandrinado en desbaste con tres filos para optimizar la productividad. También puede configurarse para el mandrinado escalonado y con un solo filo.

Herramienta de mandrinado en desbaste con dos plaquitas



Una herramienta de mandrinado en desbaste de dos filos es la primera elección para máquinas de potencia media, operaciones inestables o grandes diámetros.

Herramienta ligera de mandrinado en desbaste



Reduce el peso del conjunto de la herramienta para reducir el momento y facilitar el manejo y el cambio de la herramienta. Para el mandrinado de grandes diámetros con una mayor estabilidad y sin aumentar el peso de la herramienta.

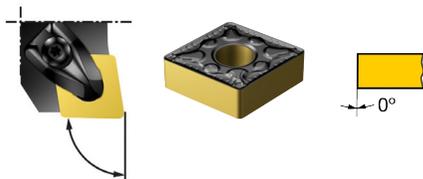
Herramienta de mandrinado en desbaste antivibratoria con amplios voladizos



Seleccione herramientas de mandrinado en desbaste antivibratorias si el voladizo es superior a cuatro veces el diámetro del acoplamiento.

Correderas para herramientas de mandrinado en desbaste

Correderas con plaquitas negativas



- En condiciones estables, seleccione plaquitas de forma negativa para mejorar la economía de plaquitas.
- Utilice plaquitas negativas para aplicaciones tenaces que requieran plaquitas robustas y optimizar la seguridad del proceso.

Correderas con plaquitas positivas



- Para mandrinar en desbaste, es preferible utilizar plaquitas de forma básica positiva, ya que presentan fuerzas de corte más reducidas en comparación con las plaquitas negativas.
- Un ángulo y un radio de punta pequeños contribuyen asimismo a contener las fuerzas de corte.

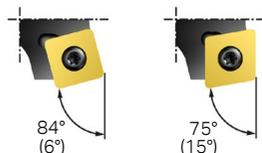
Ángulo de posición (inclinación) y forma de la plaquita

El ángulo de posición (inclinación) de las herramientas de mandrinar afecta a la dirección y a la magnitud de las fuerzas axiales y radiales. Un ángulo de posición mayor

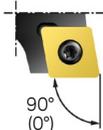
(inclinación más baja) produce una fuerza axial grande, mientras que un ángulo de posición inferior (inclinación más grande) produce una fuerza de corte radial mayor.

Plaquitas positivas

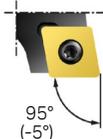
Plaquitas negativas

84°
(6°)75°
(15°)

Para cortes interrumpidos, incrustaciones de arena, mandrinado de paquetes, etc. Solo agujeros pasantes.

84°
(6°)90°
(0°)

Primera elección para aplicaciones generales, mandrinado escalonado y operaciones en escuadra.

90°
(0°)95°
(-5°)

Para un avance elevado o un acabado superficial optimizado con plaquitas Wiper en condiciones estables.

95°
(-5°)

Herramientas de mandrinado de precisión

Herramienta de mandrinado de precisión de un solo filo



La primera elección para operaciones de mandrinado de precisión es una herramienta de mandrinado de precisión de un solo filo.

Torneado

B

Tronzado y ranurado

Herramienta ligera de mandrinado de precisión



Reduce el peso del conjunto de la herramienta para reducir el momento y facilitar el manejo y el cambio de la herramienta. Para el mandrinado de grandes diámetros con una mayor estabilidad y sin aumentar el peso de la herramienta.

C

Roscado

D

Cabeza de mandrinado de precisión con barras de mandrinado de precisión



Para diámetros pequeños se requiere una cabeza de mandrinado de precisión con barras de mandrinado de precisión.

Fresado

E

Taladrado

Silent Tools para largos voladizos



Las herramientas Silent Tools (antivibratorias) son la primera elección si el voladizo es superior a cuatro veces el diámetro del acoplamiento.

F

Mandrinado

Escariador de varios filos



Los escariadores de varios filos resultan adecuados para obtener un avance elevado en operaciones de producción en serie.

G

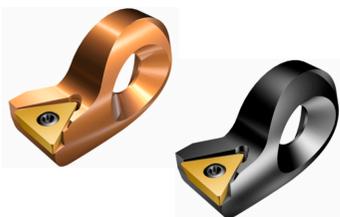
Portaherramientas

H

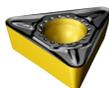
Maquinabilidad
Otros datos

Cartuchos para herramientas de mandrinado de precisión

Recomendaciones generales



Plaquitas positivas con ángulo de incidencia de 7°



Plaquitas positivas con ángulo de incidencia de 11°

Ángulo de posición (inclinación)

Afecta a la dirección y a la magnitud de las fuerzas de corte axiales y radiales. El ángulo de posición más grande (la inclinación más baja) produce una fuerza axial mayor, lo que es una ventaja en las aplicaciones de mandrinado. Por el contrario, un ángulo de posición inferior (mayor inclinación) resulta en una mayor fuerza radial y provoca que haya más vibraciones en la operación.

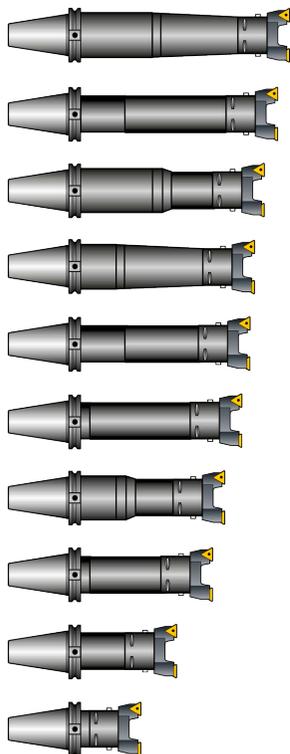
Forma de la plaquita

Debe seleccionarse según el empañe del filo. Un mayor ángulo de punta garantiza la fiabilidad y la robustez de la plaquita, pero también requiere más potencia de la máquina; asimismo, tiene más tendencia a vibrar, debido al mayor empañe del filo. Al minimizar el ángulo de punta de la plaquita, se puede mejorar la estabilidad de la herramienta y los posibles movimientos radiales, para obtener menor variación y fuerza de corte. Las plaquitas de forma básica positiva con 7° de ángulo de incidencia son la primera elección.

Radio de punta de la plaquita

Es un factor clave en las operaciones de mandrinado. La selección del radio de punta depende de la profundidad de corte y de la velocidad de avance, que influye en el acabado superficial, la rotura de la viruta y la resistencia de la plaquita. Un radio de punta grande desvía la herramienta de mandrinar más que un radio de punta pequeño y tendrá más tendencia a las vibraciones. El uso de una geometría de plaquita de corte ligero, un recubrimiento fino y un radio de punta pequeño con profundidades de corte más ligeras contribuye a mantener unas fuerzas de corte bajas.

Voladizo de herramienta



- Elija el adaptador más corto posible.
- Seleccione el diámetro/tamaño del adaptador más grande posible.
- En el caso de amplios voladizos (superiores a 4 x diámetro del acoplamiento) utilice adaptadores antivibratorios.
- Utilice en la medida de lo posible un adaptador cónico para aumentar la rigidez estática y reducir la desviación.
- En el caso de amplios voladizos, asegure la rigidez de la sujeción en el punto de contacto de la brida con el husillo.

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

Aplicación

Tolerancia de agujero

Las tolerancias dependerán de:

- la sujeción del portaherramientas;
- la fijación de la pieza;
- el desgaste de las plaquitas, etc.

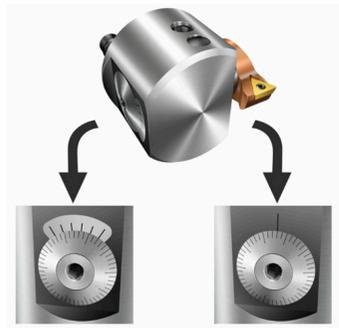
Verifique siempre el ajuste final después de medir el diámetro del agujero con la herramienta todavía montada en el husillo de la máquina. Esto permite compensar cualquier error de alineación entre el husillo de la máquina-herramienta y el ajuste de la herramienta, la desviación radial y el desgaste de la plaquita.

Herramientas de mandrinado y escariado

	Herramienta de mandrinado en desbaste con varios filos 	Herramienta de mandrinado de precisión de un solo filo 	Escariado con varios filos para acabado con un avance elevado 
IT6			
IT7			
IT8			
IT9			

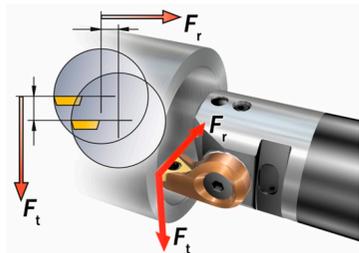
Herramientas de mandrinado de precisión

Mecanismo ajustable para mandrinado de precisión



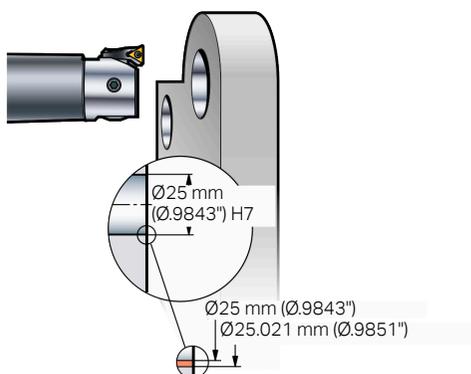
Las herramientas de mandrinado de precisión de un solo filo ofrecen la posibilidad de preajustar con precisión el filo en micras.

Desviación de la herramienta



- Las herramientas de mandrinar en acabado de un solo filo sufren un cierto grado de desviación radial durante el mecanizado debido a las fuerzas de corte.
- La profundidad de corte y la longitud del voladizo influyen en la desviación radial de la herramienta de mandrinar.
- La desviación puede producir agujeros de menor tamaño o vibración.
- Normalmente se requiere una parada de medición, seguida de un ajuste final de la herramienta.

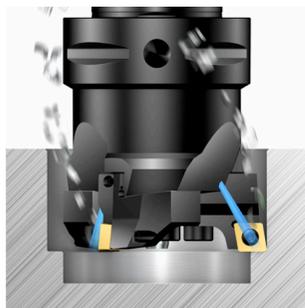
Tolerancia de agujero



Herramientas de mandrinar: general

Suministro de líquido de corte

La evacuación de la viruta, la refrigeración y la lubricación entre la herramienta y el material de la pieza son las principales funciones del líquido de corte.



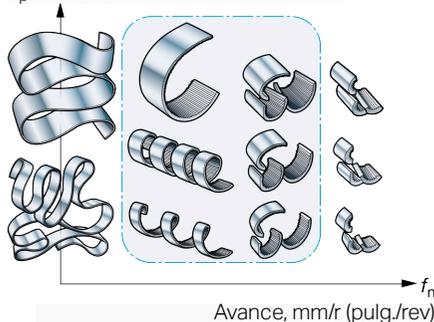
- Aplique refrigerante para optimizar la evacuación de la viruta, la refrigeración y la lubricación.
- Afecta a la calidad del agujero y a la vida útil de la herramienta.
- Se recomienda utilizar líquido de corte interno para dirigir el fluido hacia la zona de corte.

Control y evacuación de la viruta

La formación y evacuación de la viruta son cuestiones fundamentales en operaciones de mandrinado, en especial de agujeros ciegos.

Lo ideal es que la viruta tenga forma de coma o espiral.

Profundidad de corte,
 a_p mm (pulg.)

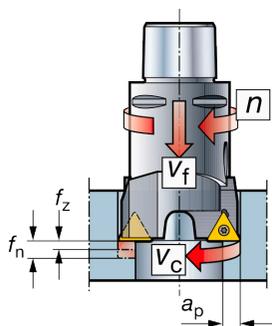


Los factores que influyen sobre la rotura de la viruta son:

- geometría (micro y macro) de la plaquita;
- radio de punta;
- ángulo de posición (inclinación);
- profundidad de corte;
- avance;
- velocidad de corte;
- material.

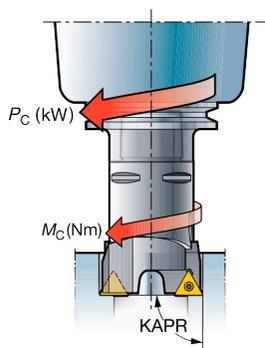


Recomendaciones sobre datos de corte



El ajuste de la velocidad de corte (v_c) y el avance (f_n) correctos depende de la aplicación. Un mayor avance o velocidad de corte aumenta el riesgo de que la fiabilidad y la seguridad del proceso no sean adecuadas, lo que provocaría una evacuación deficiente de la viruta, un atasco de viruta y la rotura de la plaquita. Especialmente en las aplicaciones de agujeros profundos. Una velocidad de corte baja puede aumentar las posibilidades de generar filo de aportación (BUE), lo que provocaría acabados deficientes de las superficies, mayores fuerzas de corte y una reducción de la vida útil de la herramienta. Se pueden seguir los datos de corte generales para la geometría y la calidad de plaquita con las siguientes excepciones:

- **Mandrinado en desbaste:**
Valor inicial máx. $v_c = 200$ m/min (656 pies/min).
- **Mandrinado de precisión con adaptadores de mandrinado de precisión:**
Valor inicial máx. $v_c = 240$ m/min (787 pies/min).
- **Mandrinado de precisión con barras de mandrinado de precisión:**
Valor inicial máx. $v_c = 90 - 120$ m/min (295-394 pies/min).
- **Mandrinado de precisión:**
Máx. APMX = 0,5 mm (.020).



La velocidad de corte está limitada por:

- tendencia a la vibración;
- evacuación de la viruta;
- largos voladizos.

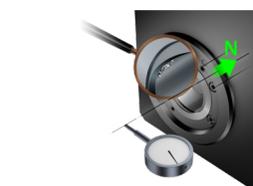
Profundidad de corte y avance

Un empañe excesivo del filo, una gran profundidad de corte (a_p) o un avance alto (f_n) puede provocar vibraciones y un mayor consumo de potencia. Si la profundidad de corte es demasiado pequeña, la plaquita normalmente actuará sobre la superficie premecanizada, arañándola y rozándola, con un resultado deficiente en relación con el desgaste de la herramienta y el acabado de la superficie.

Consumo de potencia y par

Para mandrinar, compruebe que la máquina pueda desarrollar una potencia y un par suficientes.

Mantenimiento de las herramientas y utilización de la llave dinamométrica



- Utilice siempre una llave dinamométrica y aplique el par recomendado sobre los tornillos de montaje de plaquita y herramienta.
- Compruebe regularmente que las plaquitas y los alojamientos están limpios y en buen estado. Limpie todos los elementos de montaje antes de proceder con el mismo.
- Cambie las piezas que estén desgastadas.
- Lubrique con aceite todos los elementos de montaje, así como el mecanismo de ajuste del mandrinado de precisión, una vez al año como mínimo.
- Utilice una fijación de montaje adecuada y un buen útil de reglaje previo para la herramienta.
- Al montar herramientas antivibratorias, no aplique nunca la sujeción directamente sobre el cuerpo del adaptador. Los adaptadores se deforman fácilmente, ya que sus paredes son de poco espesor.
- Compruebe la excentricidad del husillo de la máquina, el desgaste y la fuerza de sujeción.

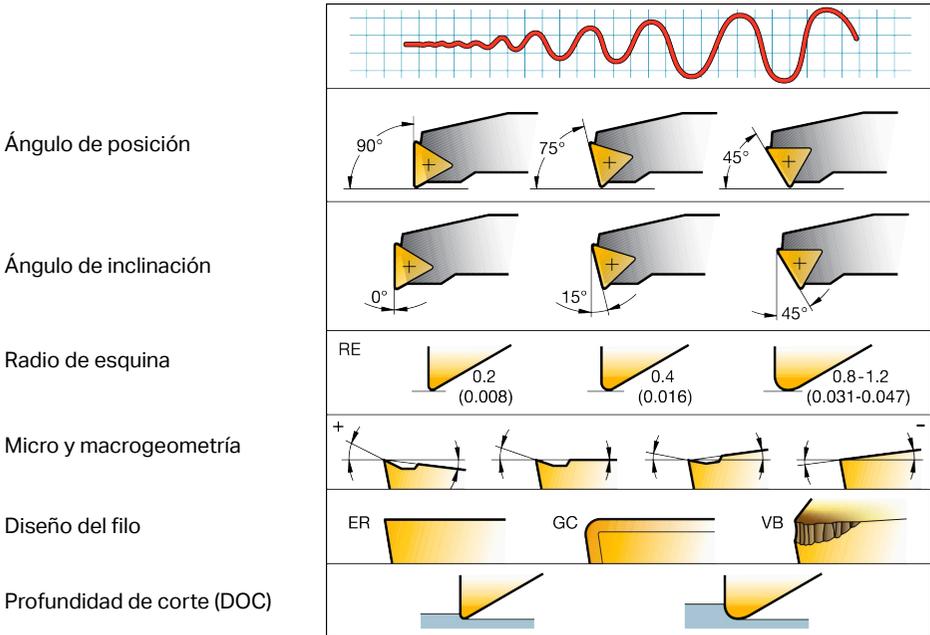
Cómo se aplican las herramientas de escariado

- No se debe esperar que el escariador corrija posibles errores de posición o rectitud del agujero premecanizado.
- La rectitud del agujero premecanizado debe ser inferior a 0,05 mm (.0020 in).
- Que la excentricidad sea pequeña es muy importante para las operaciones de escariado.
- La excentricidad máxima recomendada es de 5 micras.
- Asegúrese de que el escariador sea concéntrico respecto al agujero premecanizado.
- Elija la opción más corta posible de mango y de portaherramientas.
- Un líquido de corte de tipo emulsión aporta una mayor vida útil a la herramienta que el aceite.
- Utilice los datos de corte recomendados.

Resolución de problemas

Factores que influyen en la tendencia a la vibración

La tendencia a la vibración crece hacia la derecha.



- Reduzca la velocidad de corte.
- Aplique un mandrinado escalonado.
- Seleccione una herramienta de mandrinar en desbaste de dos filos.
- Seleccione una geometría y una calidad de corte ligeros.
- Utilice un radio de punta más pequeño.
- Compruebe la sujeción de la pieza.
- Compruebe el husillo de la máquina, la sujeción, el desgaste, etc.
- Aumente la profundidad de corte (acabado).
- Reduzca la profundidad de corte (desbaste).
- Utilice herramientas antivibratorias en el caso de amplios voladizos.
- Compruebe que todas las unidades están instaladas correctamente en la herramienta con el par adecuado.
- Reduzca o aumente el avance.
- Utilice el diámetro de herramienta más grande posible.
- Utilice el voladizo más corto posible.

Desgaste de la plaquita

Los patrones de desgaste de la plaquita y su solución en mandrinado son muy similares a los del torneado.

Rotura de la viruta



Causa

Demasiado corta, dura.

Solución

- Aumentar velocidad de corte.
- Reducir el avance.
- Cambiar la geometría por una con rompevirutas más abierto.



Demasiado larga.

- Incrementar el avance.
- Reducir la velocidad de corte.
- Cambiar la geometría por una con rompevirutas más cerrado.



Vibración de la herramienta



Avance demasiado alto.
Velocidad demasiado elevada.
Profundidad de corte demasiado grande.

- Reducir el avance.
- Reducir la velocidad.
- Aplicar un mandrinado escalonado.

Fuerzas de corte demasiado elevadas.

- Reducir la profundidad de corte.
- Utilizar plaquitas positivas.
- Utilizar un radio de punta más pequeño.

Marcas de avance



Avance demasiado alto.

- Seleccionar una plaquita Wiper con filo vivo.
- Utilizar un radio de punta más grande.
- Reducir el avance.



Causa

Solución

Desgaste de la plaqueta



Datos de corte incorrectos.

- Cambiar el filo e investigar las causas del patrón de desgaste: datos de corte, y geometría y calidad de la plaqueta.

Superficie arañada por la viruta

Rotura deficiente de la viruta.

- Modificar los datos de corte.
- Cambiar la geometría de la plaqueta.

Acabado superficial



Acabado superficial deficiente.

- Aumentar la velocidad.
- Usar refrigerante.
- Utilizar una calidad cermet.

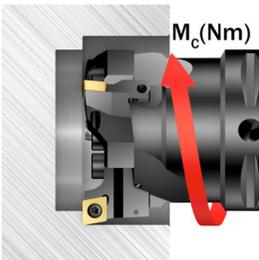
Limitación de potencia de la máquina



Potencia limitada de la máquina.

- Reducir los datos de corte.
- Aplicar un mandrinado escalonado.
- Reducir el número de plaquetas en el corte.
- Reducir la profundidad de corte.

Consumo de potencia y par



Para mandrinar en desbaste, compruebe que la máquina pueda desarrollar una potencia y un par suficientes.

Parámetros importantes:

- avance;
- número de plaquetas;
- diámetro;
- profundidad de corte.



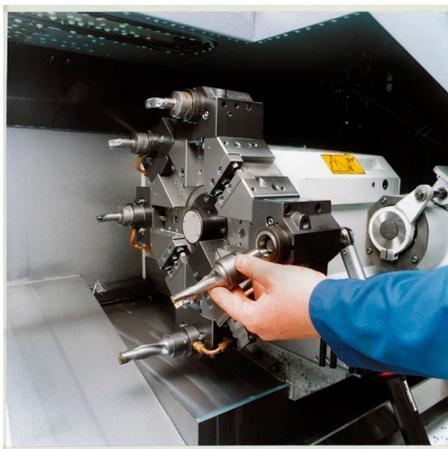
Portaherramientas

La sujeción de la herramienta de corte influye mucho en la productividad y el rendimiento de la misma. Por ello, es importante elegir las herramientas de sujeción adecuadas. Este capítulo le permitirá simplificar el proceso de decisión y le ofrecerá algunas indicaciones sobre la aplicación y el mantenimiento de los productos.

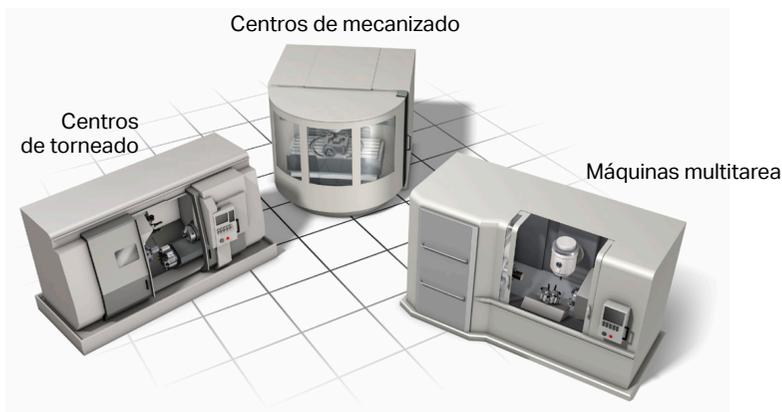
- Historia y antecedentes G 4
- Por qué herramientas modulares G 8
- Centros de torneado G 16
- Centros de mecanizado G 25
- Máquinas multitarea G 30
- Portapinzas G 35

Sistemas portaherramientas

- El acoplamiento del portaherramientas con la máquina juega un papel muy importante en el proceso de mecanizado.
- Estabilidad, tiempo necesario para el cambio de herramienta, precisión, flexibilidad, modularidad, manipulación y almacenamiento: todos ellos son factores de importancia vital para el mecanizado productivo.
- Comparado con los mangos de herramienta convencionales, un sistema de cambio rápido puede incrementar un 25 % el tiempo de corte efectivo en un centro de torneado.



Los sistemas portaherramientas actuales



- Los sistemas de herramientas han evolucionado debido a la necesidad de crear nuevos tipos de estándares de fabricación de máquinas.
- Estas herramientas han seguido los diseños de acoplamiento del husillo de los MTM (fabricantes de máquina-herramienta), sin controles de normalización.
- Existen más de 35 tipos de acoplamiento del husillo en las máquinas actuales, con un número similar de opciones de herramientas. Esto hace que la disponibilidad de gamas y la intercambiabilidad se vea drásticamente reducida.

Historia de los conos de las máquinas



- La primera versión del cono se introdujo a lo largo de 1920 y se estandarizó (DIN) en 1974.
- El cono es la base de la mayor parte de husillos para máquina-herramienta, ya que un cono largo ofrece una elevada estabilidad y una superficie de contacto segura.
- Hoy en día, usar conos 7/24 en varios tamaños y estándares diferentes sigue siendo habitual, aunque estos no son indicados para aplicaciones rotativas y estáticas.

Adaptadores de máquina rotativos



- Hay una creciente variedad de adaptadores de máquina rotativos en el mercado actual.
- Lamentablemente, estos sistemas no están diseñados para fijarlos al husillo y darles un uso modular a la vez.
- Ninguno de estos sistemas es indicado para aplicaciones rotativas y estáticas.

Coromant Capto®

Tres sistemas en uno

- Coromant Capto® se introdujo en 1990.
- Coromant Capto® se adoptó como estándar ISO en 2008.
- Coromant Capto® es un auténtico sistema de herramientas universal compatible con:
 - centros de torneado;
 - centros de mecanizado;
 - máquinas multitarea.



Historia del sistema Coromant Capto®

- Centro de mecanizado/herramientas rotativas



Hoy



- Centro de torneado/herramientas de torneado



Soportes con mango



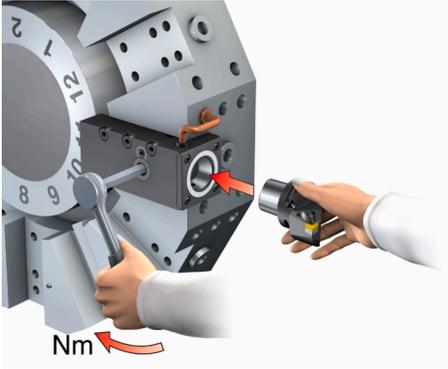
Sistema de bloque de herramientas



Coromant Capto®/ unidades de sujeción

Historia del sistema Coromant Capto®

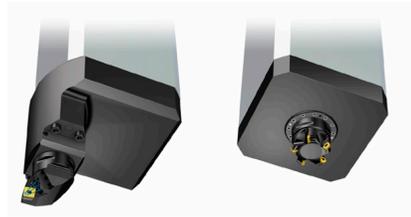
Cambio rápido



- Centros de torneado
- Tornos verticales

Mayor aprovechamiento de la máquina

Husillo integrado



- Máquinas multitarea
- Tornos verticales
- Centros de mecanizado con torneado

Mayor estabilidad y versatilidad

Sistemas modulares



- Centros de mecanizado
- Máquinas multitarea
- Tornos verticales

Mayor flexibilidad

Una gran evolución de las máquinas

Centros de mecanizado

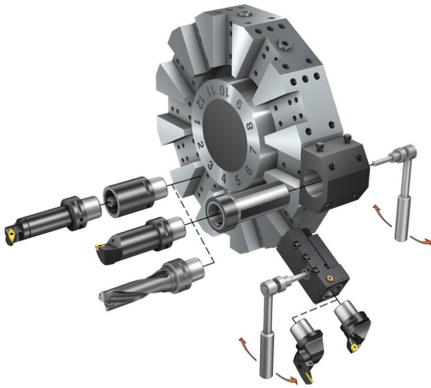


Tendencias

Máquinas y métodos de mecanizado

- Máquinas multitarea que requieren un sistema portaherramientas para el husillo y la torreta.
- Varias torretas en máquinas multitarea y centros de torneado.
- Más herramientas multifunción para máquinas multitarea.
- Herramientas motorizadas en centros de torneado.
- Adaptadores de gran capacidad en el sistema de control de la máquina para incrementar el grado de automatización.
- Modelos en 3D de herramientas y portaherramientas para una comprobación virtual del proceso de mecanizado.
- Integración de distintas tecnologías de fabricación en menos tipos de máquina.
- Refrigerante a alta presión.

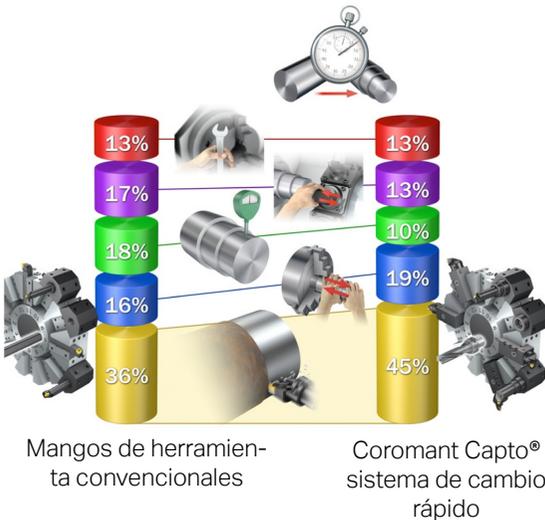
Cuándo se debe utilizar un sistema de herramientas de cambio rápido



- La máquina requiere múltiples cambios de reglaje.
- Es necesario efectuar paradas de medición para corregir las dimensiones.
- El mecanizado se realiza con datos de corte elevados y una vida útil de la herramienta relativamente corta.
- Hay un solo operario para más de una máquina.

Reduzca los tiempos muertos de sus máquinas

Sólo el 36% del tiempo de máquina se utiliza para mecanizar



- - Servicio y mantenimiento
- - Cambio de la plaquita y la herramienta
- - Medición de la herramienta y de la pieza
- - Cambio de la pieza
- - Tiempo de mecanizado real

Las herramientas de cambio rápido consiguen un incremento de la productividad del 25 %

A

Por qué herramientas modulares

Torneado

Sistema Coromant Capto®

¿En qué tipos y tamaños de máquina necesitamos un sistema modular?

B

Trazado y
ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

Centro de mecanizado horizontal

Centro de mecanizado con:

- Coromant Capto® tamaño C6 y superior;
- Conos 7/24 en tamaño 40 y superior;
- HSK63 y superior.

- Máquina multitarea con necesidad de voladizos largos.
- Centro de torneado vertical
- Centro de torneado con SL*.

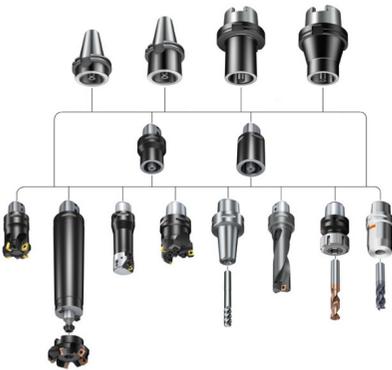
*SL en un sistema modular con adaptadores de cabeza intercambiable.

Minimizar el inventario de portaherramientas

Si se combinan portaherramientas básicos, adaptadores y (si es necesario) extensiones o reducciones, pueden crearse múltiples montajes distintos para máquinas diferentes.

Modular

ISO 40 ISO 50 HSK 100 HSK 63



Número de elementos con herramientas modulares:
 $4 + 2 + 8 = 14$ elementos

Enterizo



64 artículos en total

Las herramientas modulares permiten acceder a un gran número de soluciones en herramientas con muy pocos artículos.

El acoplamiento Coromant Capto®

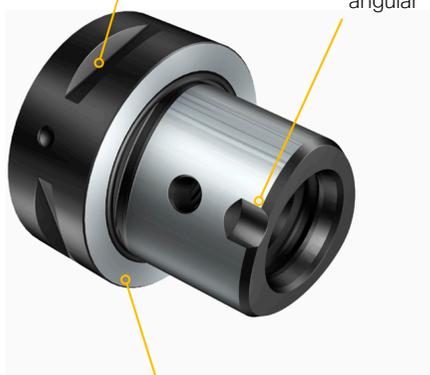
El exclusivo acoplamiento Coromant Capto® tiene características muy específicas:

- La superficie de contacto de la brida en relación con el polígono cónico rectificado proporciona la máxima estabilidad gracias a las dos caras de contacto y al ajuste con apriete.

- Dispone de cuatro ranuras de retención para el cambio automático de la herramienta.
- Existe una ranura para el posicionamiento angular de la herramienta.

Ranuras de retención

Ranura para posicionamiento angular



Superficie de contacto de brida



El único acoplamiento universal que puede usarse en todas las aplicaciones sin comprometer el rendimiento.

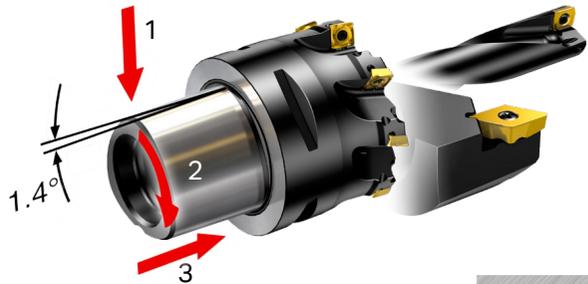
Características y ventajas del acoplamiento

La característica principal del acoplamiento es el bloqueo positivo de 3 puntos

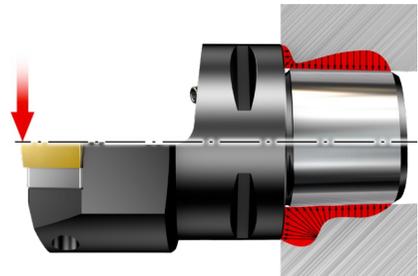
1. La parte cónica del polígono mantiene el centrado radial.
2. El ángulo reducido del cono permite transmitir la fuerza completa hacia la brida de contacto. La resistencia del acoplamiento poligonal ofrece una mayor sujeción que otros sistemas. Esto es muy importante para la resistencia a la flexión.
3. Una forma poligonal tiene la capacidad de centrar y se encarga de la orientación sin necesidad de usar una chaveta de arrastre, por lo que no hay holgura en el acoplamiento. La forma poligonal también es exclusiva debido a la capacidad de transmitir pares altos gracias a las tres áreas de contacto.

Gracias a estas tres características (contacto radial y axial, y capacidad de autocentrado) el acoplamiento presenta muy buena repetibilidad, inferior a 2 micras (.00008 pulg.).

Las ranuras de arrastre están diseñadas para ofrecer una máxima resistencia a la flexión y una mayor fuerza de sujeción, debido a que el polígono Capto tiene una mayor área de contacto.



3 puntos de bloqueo



Transmisión del par



La forma poligonal transmite el par sin la presencia de piezas sueltas como pasadores o llaves.

- No hay pasadores, llaves, etc.
- No hay holgura en el acoplamiento
- Cargas simétricas
- Dos caras de contacto/elevada fuerza de sujeción.

Seis tamaños de acoplamiento distintos



C3 = D 32 mm (1.260 pulg.)

C4 = D 40 mm (1.575 pulg.)

C5 = D 50 mm (1.969 pulg.)

C6 = D 63 mm (2.480 pulg.)

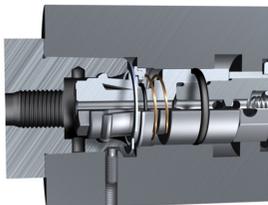
C8 = D 80 mm (3.150 pulg.)

C10 = D 100 mm (3.937 pulg.)

Diferentes métodos de sujeción

Un acoplamiento ofrece dos métodos de sujeción.

Sujeción por segmento



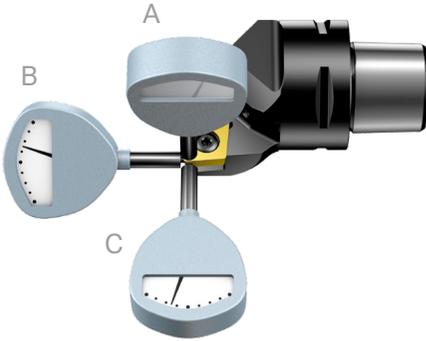
Sujeción por tornillo central



Método de sujeción para cambio rápido y cambio automático de herramienta.

Para soluciones de sujeción modulares, por ejemplo, cuando se utilizan extensiones y portaherramientas básicos.

Excelente repetibilidad y altura central garantizada



- La precisión repetible es de ± 2 micras [μm] (± 0.00008 in) respecto a la altura central, la longitud y la medición radial (A), (B) y (C).
- Se requieren pocos o ningún corte de medición si se utilizan unidades de medición previa (primer componente correcto).

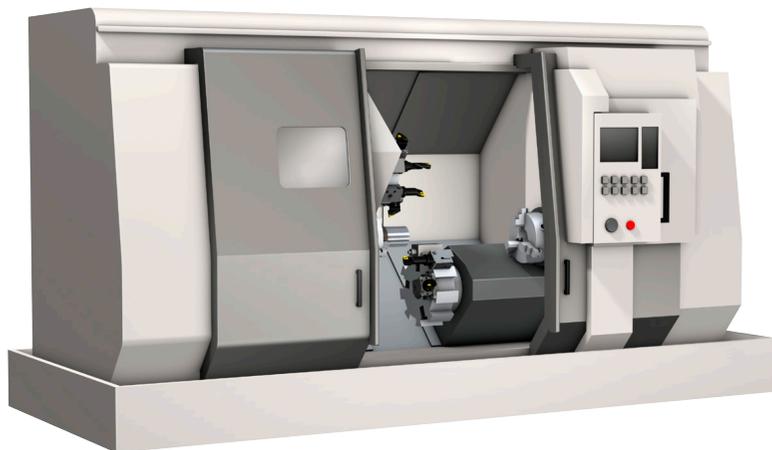
Menor vibración con un acoplamiento estable

En mecanizado interior, el acoplamiento Coromant Capto® constituye una solución sobresaliente para sujetar la barra de mandrinar, con un agarre firme y seguro en toda la superficie del polígono.



La barra de mandrinar a menudo está sujeta con 2-3 tornillos. Esto provoca problemas de vibración, un acabado superficial deficiente, plaquitas desgastadas demasiado rápido e interrupciones en la producción, con tiempos muertos dedicados al ajuste de los datos de corte y la medición de la pieza.

Herramientas de cambio rápido para centros de torneado



¿Qué es un centro de torneado?

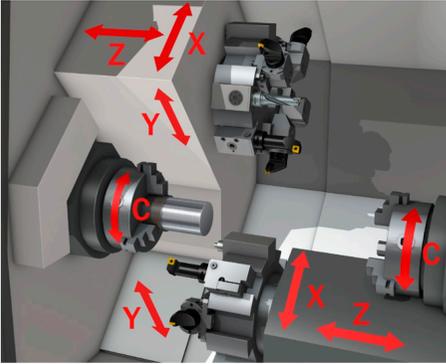
- El principio de funcionamiento de tornos y centros de torneado es mecanizar una pieza rotativa mediante una herramienta de corte estacionaria.
- Al aplicar la herramienta de corte sobre la pieza, permite darle forma para fabricar una pieza simétrica respecto al eje de rotación.
- La herramienta se desplaza en paralelo y en perpendicular respecto a los ejes de la pieza para conseguir la forma deseada.

El centro de torneado ofrece distintas configuraciones

- Diseño vertical y horizontal
- Husillo secundario para mecanizar en dos caras
- Herramientas motorizadas
- Eje Y para mandrinado y fresado excéntrico.

Configuración de un centro de torneado

Rotación del husillo y definición de ejes



- Varios programas de máquina-herramienta multiteje pueden producir resultados de torneado desde desbaste y ranurado hasta roscado y acabado.

Herramientas de cambio rápido para centros de torneado



Un sistema de cambio rápido ofrece:

- un cambio de herramienta más rápido y eficiente;
- posibilidad de cambiar las plaquitas fuera de la máquina;
- posibilidades de preajuste.

El sistema más económico para:

- producción de lotes pequeños, tiempos de preparación más cortos;
- operaciones con cambios frecuentes de plaquita.

Giro inferior a 180° para sujetar y liberar

Unidades de sujeción típicas para centros de torneado

VDI acodado
Accionado por leva



Mango cuadrado
Accionado por leva



Unidad automática
Funcionamiento hidráulico



VDI recto
Accionado por leva



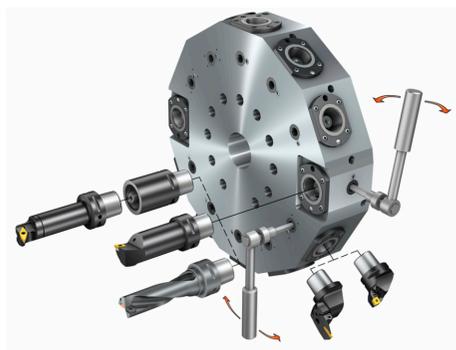
Mango redondo
Sujeción de segmento



Aplicaciones especiales
Accionado por leva



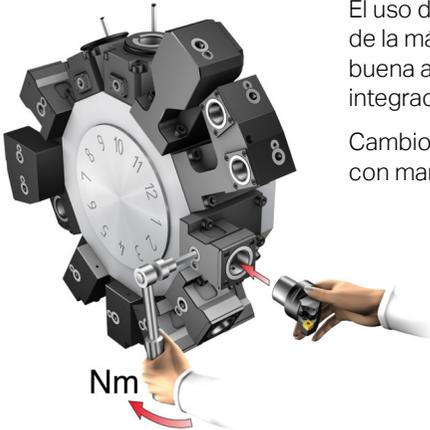
Distintos métodos para instalar un cambio rápido Integrado directamente en la torreta



La mejor solución para conseguir el máximo rendimiento del acoplamiento Coromant Capto® es integrarlo directamente en las torretas.

Distintos métodos para instalar un cambio rápido

Conversión con unidades de sujeción estándar



El uso de Coromant Capto® como adaptador del lado de la máquina a través de unidades de sujeción es una buena alternativa cuando no se puede conseguir una integración directa (máquinas existentes, etc.).

Cambios de herramienta cinco veces más rápidos que con mangos de herramienta convencionales.

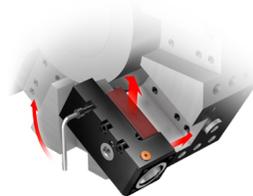
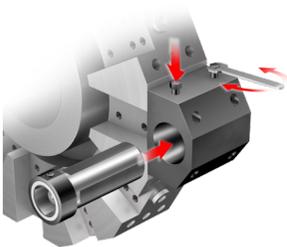
Puede convertir fácilmente tornos de torneado en herramientas de cambio rápido Coromant Capto® utilizando unidades de sujeción estándar. No hay necesidad de modificar la torreta ni utilizar adaptadores especiales.



Herramientas interiores



Herramientas exteriores



Unidades de sujeción adaptadas a la máquina

Acoplamiento de disco Coromant (CDI, por sus siglas en inglés)



- Acoplamiento flexible, simétrico, posibilidad de montaje a 180°.
- Mismo adaptador para portaherramientas estacionarios y motorizados. Los portaherramientas estacionarios y motorizados pueden usarse en todas las posiciones.
- Rendimiento de corte más elevado.
- Mayor vida útil de la herramienta.
- Mejor calidad de la pieza.
- Más longitudes de herramienta disponibles para operaciones de taladrado radial.
- Aumento de la producción.
- Racionalización de las herramientas.
- Reducción de costes en herramientas.



Unidad de sujeción
estática, recta



Unidad de taladrado/
fresado motorizada,
recta



Unidad de sujeción está-
tica, ángulo recto



Unidad de taladrado/
fresado motorizada,
ángulo recto

Adaptador con pernos Coromant (CBI)



- Acoplamiento flexible, simétrico, posibilidad de montaje a 180°.
- Mismo adaptador para portaherramientas estacionarios y motorizados.
- Los portaherramientas estacionarios y motorizados pueden usarse en todas las posiciones.
- Rendimiento de corte más elevado.
- Mayor vida útil de la herramienta.
- Mejor calidad de la pieza.
- Más longitudes de herramienta disponibles para operaciones de taladrado radial.
- Aumento de la producción.
- Racionalización de las herramientas.
- Reducción de costes en herramientas.



Portaherramientas motorizado



Unidad de sujeción para torneado exterior



Unidad de sujeción para torneado interior



Unidad de sujeción doble de torneado exterior para cambio de herramienta con eje Y

Sistema de cambio rápido

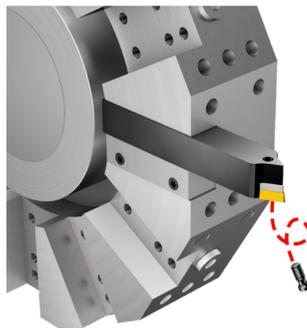
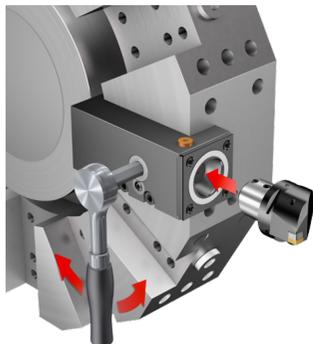
Cambio de plaquita con herramientas gemelas



- Menos tiempos muertos
- Pocos o ningún corte de medición. Mayor rentabilidad
- No se corre el peligro de perder los tornillos de las plaquitas en el transportador de viruta
- Ergonomía
- Fácil limpieza del alojamiento de la punta fuera de la máquina.

0,5 min

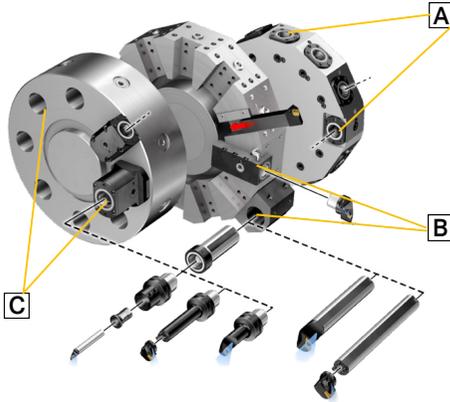
1,5 min



El cambio a una herramienta gemela con un sistema de cambio rápido resulta más ágil que el cambio de plaquita dentro de la máquina.

Distintas formas de instalar un cambio rápido

Alternativas de herramientas en torretas convencionales



A Unidades de sujeción hidráulicas

- Cambio de la herramienta manual mediante pulsador
- Posibilidad de cambio de herramienta completamente automático.

B Unidades de sujeción tipo mango

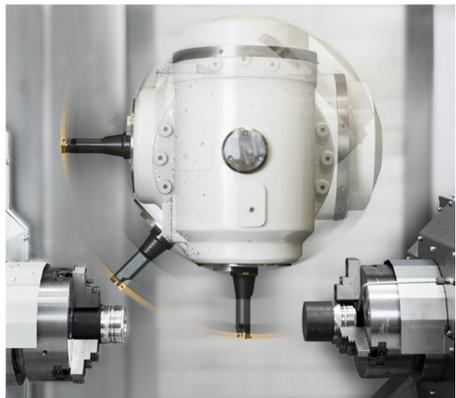
- Herramientas con mango cuadrado y redondo y unidades de corte para operaciones tanto exteriores como interiores.

C Unidades de sujeción para torretas VDI

- Unidades de sujeción acodadas y rectas para operaciones tanto exteriores como interiores.



Ejemplos de instalación.

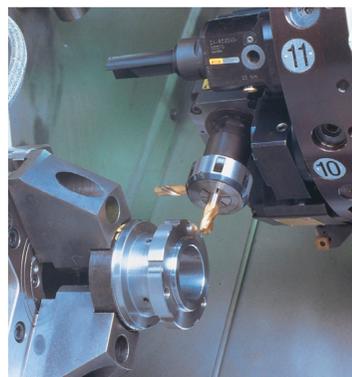
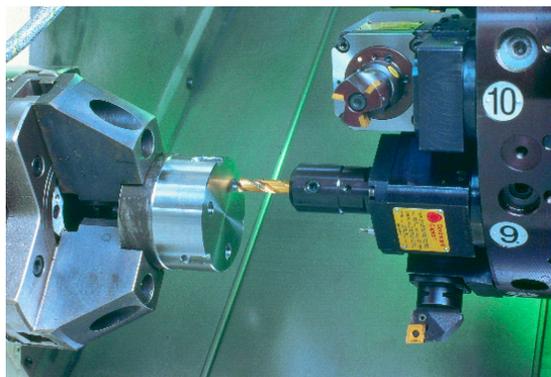


Portaherramientas motorizados Coromant Capto®

Los portaherramientas motorizados contribuyen a aumentar la rentabilidad del mecanizado ya que permiten llevar a cabo operaciones de fresado, torneado y taladrado con un solo reglaje.



- Posibilidad de suministrar portaherramientas motorizados para requisitos de máquina específicos.
- Dimensiones del husillo
 - Tipo y modelo de máquina
 - Diámetro máximo de oscilación de la torreta
 - Longitud máxima de la herramienta



Ejemplos de instalación.

Herramientas modulares para centros de mecanizado

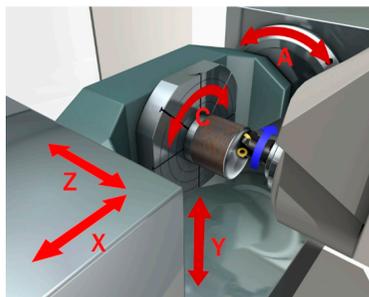
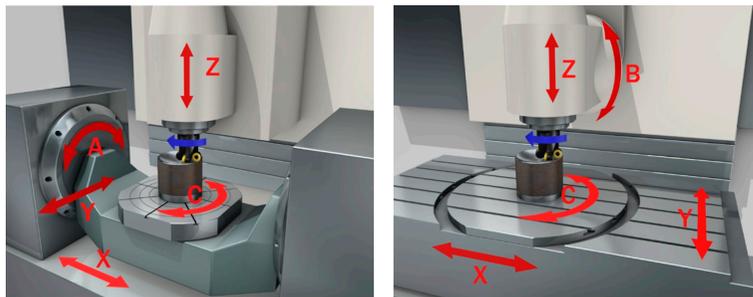


¿Qué es un centro de mecanizado?

- Un centro de mecanizado es una máquina multifunción habitualmente capaz de realizar tareas de mandrinado, taladrado y fresado.
- Los centros de mecanizado de cinco ejes suman dos ejes más a la capacidad normal de tres ejes (X/Y/Z).
- Los centros de mecanizado pueden ser horizontales o verticales.

Rotación del husillo y definición de ejes

Configuración de un centro de mecanizado vertical



Los centros de mecanizado pueden ser de diseño horizontal y de diseño vertical

- El tipo básico suele tener tres ejes. El husillo se monta a lo largo del eje Z.
- Los centros de mecanizado de cuatro y cinco ejes añaden más ejes (A/B/C) a de los tres ejes normales (X/Y/Z).
- A menudo, el eje B controla la inclinación de la herramienta de corte y los ejes A y C permiten rotar la pieza.

Herramientas modulares para centros de mecanizado

En un centro de mecanizado, un sistema modular puede proporcionar muchas ventajas tales como:

- Herramientas flexibles: las mismas herramientas pueden usarse en diferentes máquinas y adaptadores.
- Herramientas flexibles: cree sus propios montajes y reduzca considerablemente la necesidad de disponer de herramientas especiales.
- Inventario reducido.



Cree sus propios montajes

Use adaptadores Coromant Capto® en cualquier adaptador de husillo



Minimice el inventario de portaherramientas en sus centros de mecanizado

Las herramientas modulares permiten acceder a un gran número de soluciones en herramientas, con muy pocos artículos.

Modular



Número de elementos con herramientas modulares:

$$4 + 2 + 30 + 10 = 46 \text{ elementos.}$$

Enterizo



Número de elementos con herramientas enterizas:

$$4 \times 3 \times (30 + 10) = 480 \text{ elementos.}$$

Combinación perfecta con la máxima rigidez

Adaptadores de extensión y reducción

A menudo, los centros de torneado requieren herramientas extendidas para alcanzar la superficie que se quiere mecanizar. El sistema modular Coromant Capto®

permite crear un conjunto para alcanzar la longitud necesaria.



- Es importante utilizar la longitud mínima, especialmente si se requieren amplios voladizos.
- Con las herramientas modulares siempre es posible utilizar los datos de corte óptimos para mejorar la productividad.
- Las herramientas modulares se acoplan en pocos minutos.
- Tolerancias más estrechas.

Principales adaptadores de máquina cubiertos



CAT-V 40
CAT-V 50
CAT-V 60
ISO 40
ISO 50
ISO 60
MAS-BT 30
MAS-BT 40
MAS-BT 50
MAS-BT 60



CAT-V BIG PLUS® 40
CAT-V BIG PLUS® 50

ISO BIG PLUS® 40
ISO BIG PLUS® 50

MAS-BT BIG PLUS® 30
MAS-BT BIG PLUS® 40
MAS-BT BIG PLUS® 50

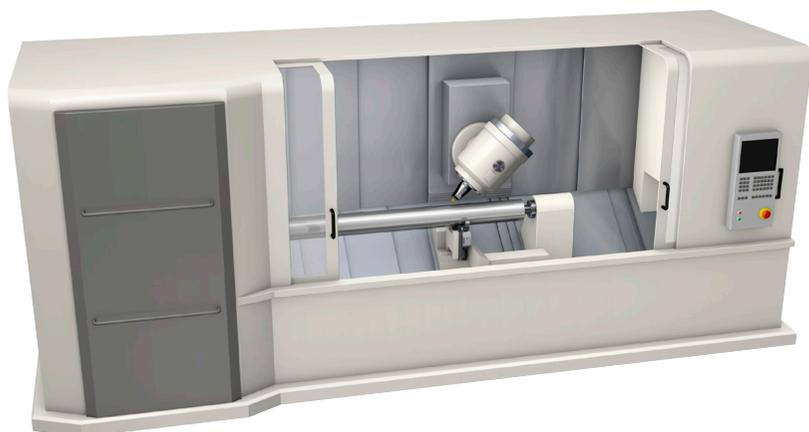


HSK A/C 40
HSK A/C 50
HSK A/C 63
HSK A/C 80
HSK A/C 100
HSK A/C 125
HSK A/C 160
HSK A/C/T 40
HSK A/C/T 63
HSK A/C/T 100
HSK F 80 (con pasadores)



Coromant Capto® C3
Coromant Capto® C4
Coromant Capto® C5
Coromant Capto® C6
Coromant Capto® C8
Coromant Capto® C10

Herramientas modulares para máquinas multitarea

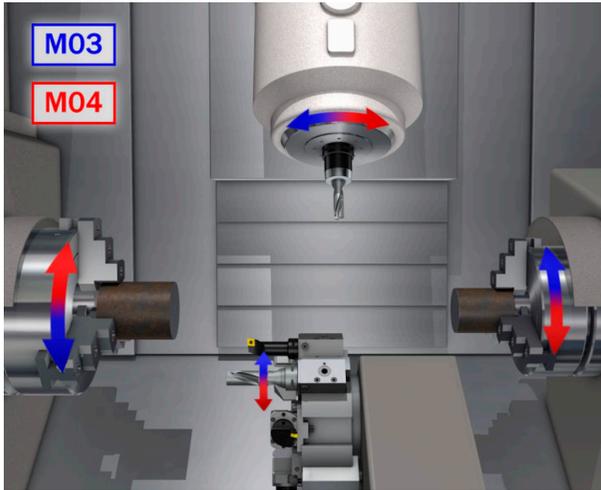


¿Qué es una máquina multitarea?

- Las máquinas multitarea tienen una variedad de configuraciones:
 - diseño horizontal o vertical;
 - dos husillos (principal y secundario) y un husillo en el eje B permiten llevar a cabo operaciones de fresado y torneado en la parte delantera y trasera de la pieza;
 - cada husillo actúa como soporte de la pieza y permite un mecanizado multieje en la parte delantera y trasera de la pieza.
- En una máquina multitarea, la pieza puede terminarse con un único reglaje de máquina en, por ejemplo, operaciones de torneado, fresado, contorneado y fresado de superficies angulares, además de rectificado.
- Una máquina multitarea es una combinación de centro de torneado y centro de mecanizado.

Definición de direcciones del husillo

Lenguaje de programa para definir el sentido de giro del husillo

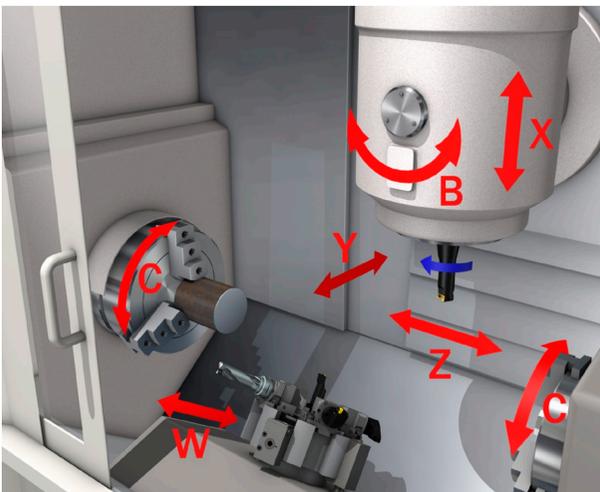


M03 = Rotación del husillo en el sentido de las agujas del reloj

M04 = Rotación del husillo en el sentido contrario a las agujas del reloj

Configuración de una máquina multitarea

Rotación del husillo y definición de ejes

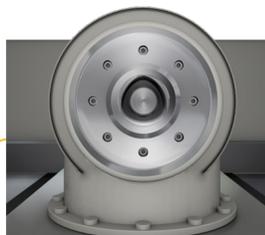
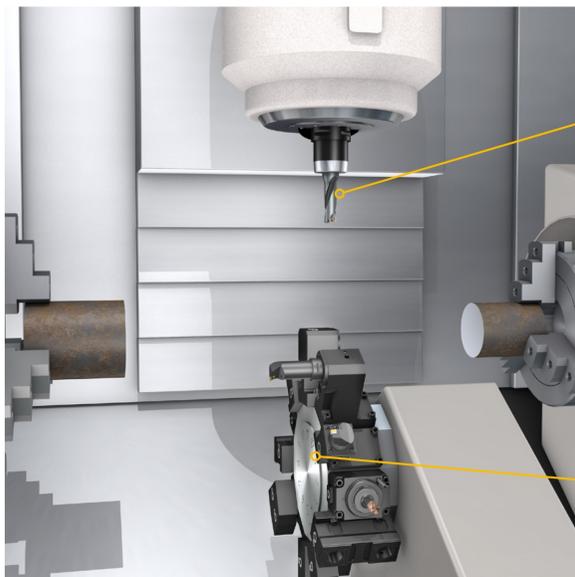


Cómo utilizar herramientas modulares en las máquinas multitarea

El husillo de fresado en una máquina-herramienta multitarea debe poder realizar operaciones tanto rotativas como no rotativas. Coromant Capto® es el único sistema de herramientas que cumple sin problemas este requisito.

Es frecuente utilizar máquinas-herramientas multitarea en aplicaciones de "una vez" en las que la operación cubre el desbaste y acabado con un único reglaje de la máquina-herramienta.

Por ello, una máquina-herramienta multitarea necesita un sistema de herramientas con una excelente rigidez y una repetibilidad constante, tanto radial como axial, como Coromant Capto®.



El sistema de herramientas Coromant Capto® está integrado directamente en el husillo.



Torreta con sistema de herramientas Coromant Capto®

Máquina-herramienta multitarea con husillo de herramientas Coromant Capto® integrado y torreta de torneado inferior con unidades de sujeción Coromant Capto®.

Nuevas herramientas multifuncionales para máquinas multitarea

Para beneficiarse de las máquinas-herramientas multitarea versátiles y optimizar la eficiencia, a veces es necesario utilizar herramientas especiales. Estas herramientas solo están disponibles con Coromant Capto®, han sido inventadas para máquinas-herramientas multitarea y ofrecen:

- accesibilidad, estabilidad y mayor productividad;
- tiempo de cambio de herramienta reducido;
- menos espacio en el almacén de herramientas;
- reducción de costes, una herramienta sustituye a varias.



Herramientas multifuncionales
– una herramienta de fresado y cuatro de torneado en una.



Herramientas gemelas
– dos herramientas de torneado en una.



Minitorretas
– cuatro herramientas para torneado en una.

Construya su propia minitorreta

Cuatro cabezas de corte aplicadas sobre un portaherramientas



Seleccione una de las numerosas cabezas de corte disponibles para operaciones de torneado, roscado, tronzado y ranurado, y podrá construir una herramienta optimizada para la pieza.

- Reduce el tiempo de cambio de la herramienta.
- Mejora el aprovechamiento de las posiciones en el almacén de herramientas.
- Para uso tanto interno como externo.

Uso de adaptadores en máquinas multitarea

Adaptadores para herramientas con mango



Adaptadores para herramientas de torneado:

- mangos
- barras
- lamas
- minitorretas

...que permiten utilizar herramientas con mango también en una máquina multitarea con un sistema de herramientas modular integrado en el husillo.

Adaptador con lama de tronzado



Adaptador para barra de mandrinar



Adaptadores portapinzas

Ventajas de utilizar portapinzas hidráulicos

Portapinzas hidráulico Diseño de mecanizado pesado



Portapinzas hidráulico Diseño delgado



Portapinzas hidráulico Diseño tipo lápiz



Ajuste por contracción



Manguitos abiertos



Manguitos sellados

Sujeción directa



Sujeción directa

Portapinzas ER



Manguitos abiertos



Manguitos sellados

A

Adaptadores portapinzas

Torneado

Elección de adaptadores portapinzas

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datosPortapinzas
hidráulicoPortapinzas
de ajuste por
contracción
térmicaPortapinzas
mecánicoPortapinzas
ERAdaptadores
Weldon de
bloqueo lateral,
ISO 9766Seguridad de
extracción,
transmisión
del parManipulación
simplificadaGran precisión,
excentricidad

Flexibilidad



Accesibilidad

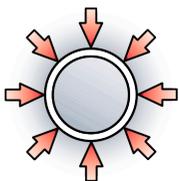


Muy buena

Buena

Aceptable

Portapinzas hidráulicos



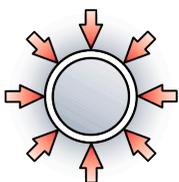
- La mejor seguridad de extracción del mercado; la fuerza de sujeción se repite una y otra vez.
- Desviación de la precisión $<4 \mu\text{m}$ (.00016") a 2,5 x DC; repetición de gran precisión.
- Manipulación simplificada: llave dinamométrica que ofrece un apriete seguro.

Torneado

B

Tronzado y ranurado

Portapinzas de ajuste por contracción térmica



- Seguridad de extracción y precisión elevada.
- Posibilidad de diámetro de punta pequeño: buena accesibilidad.
- Diseño simétrico.

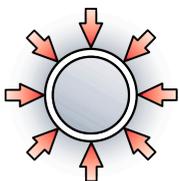
C

Roscado

D

Fresado

Portapinzas mecánicas



- Pueden usarse manguitos cilíndricos: buena flexibilidad.
- Accesibilidad no tan buena debido a su diseño (a menudo mecanizado pesado).

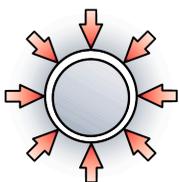
E

Taladrado

F

Mandrinado

Portapinzas ER



- Muy flexible en diámetros de sujeción gracias a las pinzas.
- No dependiente de la tolerancia de mango h6.
- Baja transmisión del par y desviación.

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

A

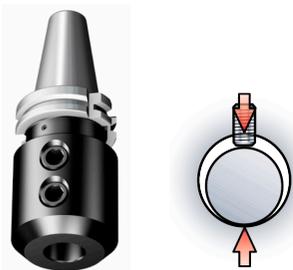
Adaptadores portapinzas

Torneado

Adaptadores Weldon de bloqueo lateral, ISO 9766

B

Trazado y ranurado



- Gran transmisión del par torsor.
- Precisión reducida: vida útil y acabado superficial deficientes.

C

Roscado

Portapinzas hidráulicos

El secreto tras la precisión y la seguridad de extracción

D

Fresado

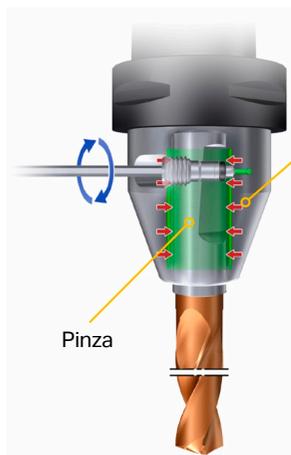
- Una nueva generación de portapinzas hidráulicos proporciona la máxima precisión y capacidad de transmisión del par.
- El secreto tras la precisión y la seguridad de extracción de CoroChuck 930 es el diseño optimizado de la membrana. Esta permite una sujeción segura con dos soportes en cada lado (fulcros).

E

Taladrado

F

Mandrinado



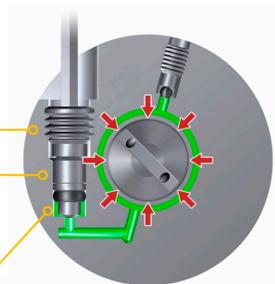
Membrana

Pinza

Tornillo de presión

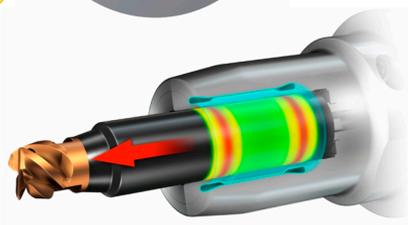
Pistón

Sujeción media (aceite)



Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

G 38

Minimizar la longitud de calibración



- Es importante mantener la longitud de calibración tan corta como sea posible para incrementar la estabilidad y reducir la desviación.
- Una reducción de longitud de solo un 20 % puede rebajar significativamente la desviación (-50 %).

Influencia de la desviación sobre la vida útil de la herramienta



- La desviación debe ser $<0,006$ mm ($<.001$ in).
- Por cada 0,01 mm (.0004 in) de desviación - hasta un 50 % de reducción en vida útil.
- Más crítico cuanto más reducido sea el diámetro de la herramienta.

A

Adaptadores portapinzas

Torneado

Requisitos del portaherramientas

Aplicación: desbaste y semiacabado

B

Tronzado y ranurado



- Criterio principal = fuerza de sujeción
- Capacidad de par alto
- Para un rendimiento máximo, usar mandros cilíndricos
- Versatilidad de las pinzas.

C

Roscado

Aplicación: acabado

D

Fresado



- Criterio principal = desviación
- Influencia sobre la vida útil de la herramienta y acabado y precisión de la pieza.

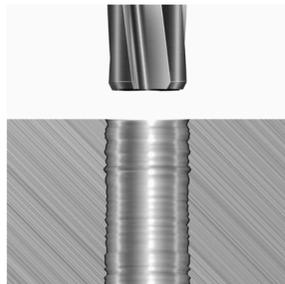
E

Taladrado

Desequilibrio en los portaherramientas

F

Mandrinado



Desequilibrio en los portaherramientas, causas:

- acabado superficial deficiente;
- tolerancia deficiente en la pieza;
- reducción de la vida útil de la herramienta;
- desgaste prematuro del husillo de la máquina.

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

G 40



A

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

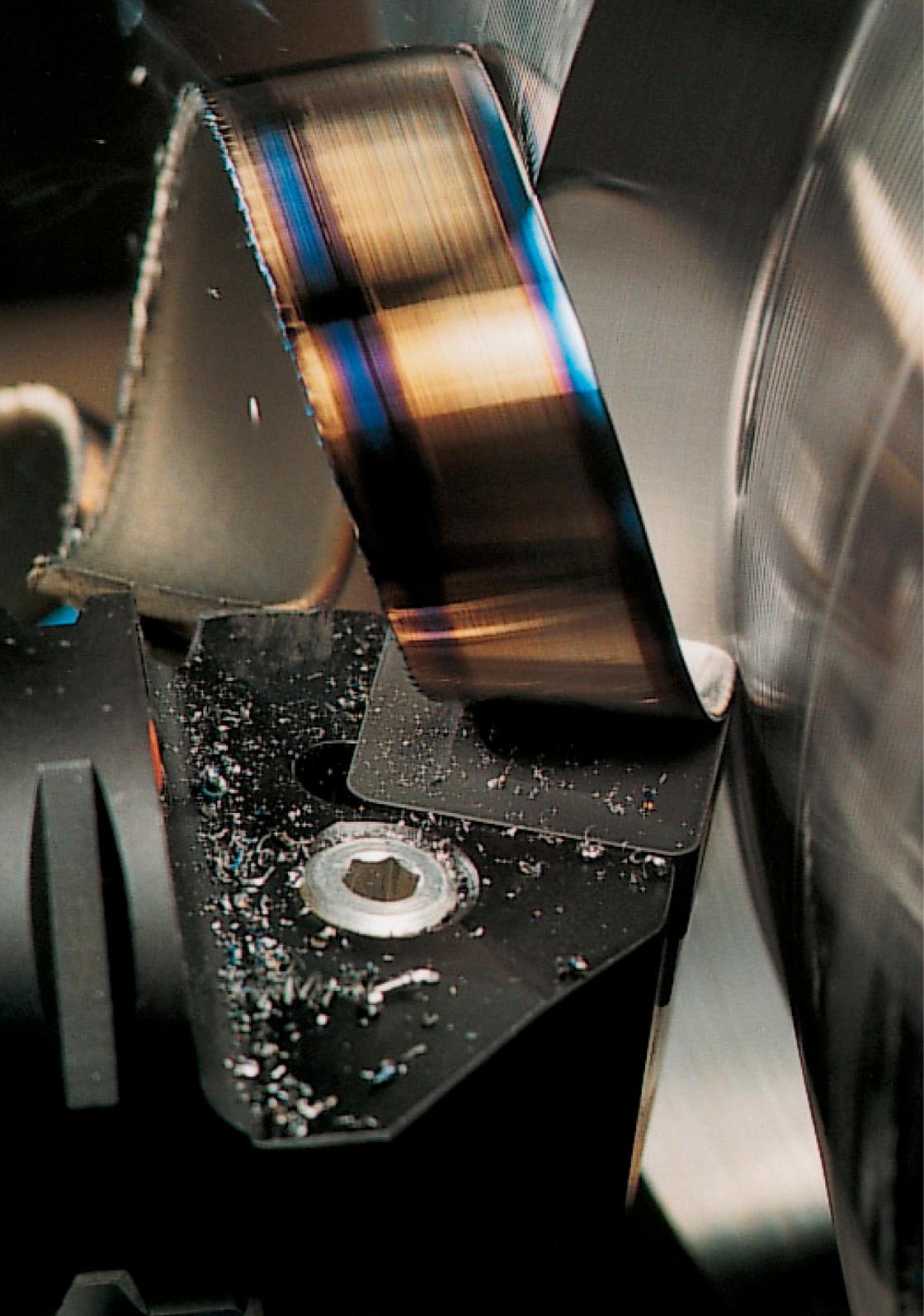
F

Mandrinado

Portaherramientas G

H

Maquinabilidad
Otros datos



Maquinabilidad

Una buena correspondencia del material de la herramienta de corte (calidad) y la geometría de plaquita, con el material de la pieza que se debe mecanizar es muy importante para que el proceso de mecanizado resulte productivo y no se produzcan contratiempos.

- Material de la pieza H 4
- Fabricación de metal duro H 18
- Filo H 29
- Material de la herramienta de corte H 40
- Mantenimiento y desgaste de la herramienta H 52

Otros datos

- Economía de mecanizado H 63
- ISO 13399: la norma de la industria H 78
- Fórmulas y definiciones H 81
- Aprendizaje electrónico H 92

Material de la pieza

Los grupos de materiales ISO están divididos en seis tipos diferentes. Cada tipo tiene propiedades únicas en cuanto a maquinabilidad y reglaje, que suponen diferentes exigencias para la herramienta.

ISO P	Acero	ISO M	Acero inoxidable	ISO K	Fundición
					
ISO N	No ferrosos	ISO S	Superalcaciones termorresistentes	ISO H	Acero templado
					

P La mayor variedad de distintos tipos de piezas se encuentra probablemente en el área P, que abarca distintos sectores industriales.

N El sector de la aviación y los fabricantes de llantas de aluminio para el sector de la automoción dominan el área N.

M En el área M, una gran parte de las aplicaciones son del petróleo y gas, tubos, bridas, procesos industriales y farmacéuticas.

S Los materiales de difícil mecanización del área S se pueden encontrar en los sectores aeroespacial, de turbinas de gas y de generación de energía.

K El área K está dominada por las piezas para automoción, la fabricación de maquinaria y la producción con acero.

H El acero templado del área H se puede encontrar en gran variedad de sectores, como automoción y subcontratistas, así como en la fabricación de maquinaria y los moldes y matrices.

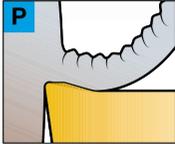
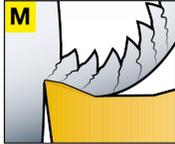
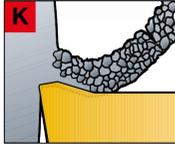
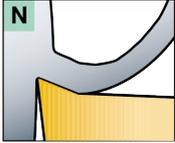
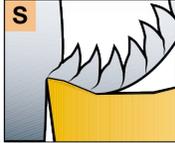
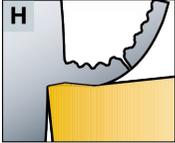
Características de formación y eliminación de la viruta

Factores que es preciso identificar para determinar la maquinabilidad de un material:

- Clasificación metalúrgica/mecánica del material de la pieza.
- La geometría del filo que se vaya a utilizar, a nivel micro y macro.

- El material de la herramienta de corte (calidad) por ejemplo, metal duro con recubrimiento, cerámica, CBN, PCD, etc.

Estas selecciones influirán más que cualquier otro factor en la maquinabilidad del material.

ISO P	Acero	ISO M	Acero inoxidable	ISO K	Fundición
					
ISO N	No ferrosos	ISO S	Superaleaciones termo-resistentes	ISO H	Acero templado
					

P Los materiales ISO-P generalmente son materiales de viruta larga y ofrecen un caudal de formación de viruta continuo y con virutas largas. La variación suele depender del contenido en carbono.

- Material de bajo contenido en carbono = material pastoso tenaz.
- Material de alto contenido en carbono = material quebradizo.

La fuerza de corte y la potencia necesaria varían muy poco.

M ISO-M forma una viruta laminar e irregular porque las fuerzas de corte son más altas que en el acero normal. Existen diversos tipos de acero inoxidable. La rotura de la viruta varía en función de las propiedades de aleación y del tratamiento térmico, desde virutas fáciles hasta otras que es imposible romper.

K La formación de viruta de los materiales ISO-K abarca desde virutas casi pulverizadas hasta virutas largas. La potencia necesaria para mecanizar este grupo de materiales suele ser reducida. Tenga en cuenta que hay una gran diferencia entre la fundición gris (casi polvo) y el acero dúctil, que a menudo presenta una rotura de la viruta similar a la del acero.

N A pesar de que necesitan menos potencia por mm^3 (in^3), debido al elevado régimen de arranque de metal, sigue siendo recomendable calcular la potencia máxima necesaria.

S Aunque la gama es amplia, por lo general están presentes fuerzas de corte elevadas.

H A menudo presentan una viruta continua, rojo incandescente. Esta alta temperatura ayuda a reducir el valor de K_{c1} y es importante para la aplicación.

El complejo mundo del mecanizado

Distintos parámetros influyen en el proceso de mecanizado



Material de la pieza

P Acero

M Acero inoxidable

K Fundición

N No ferrosos

S Aleaciones termorresistentes

H Acero templado

Los grupos de materiales ISO se dividen en seis tipos distintos, con propiedades únicas en cuanto a maquinabilidad.

Dureza

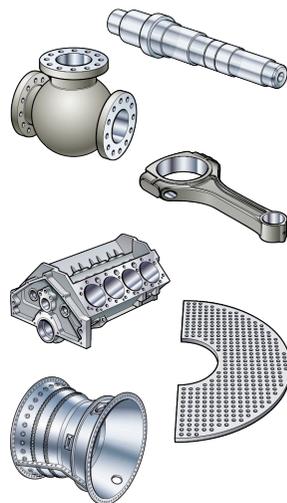


Dureza Brinell



Lo habitual es que exista una relación entre la dureza del material y la vida útil de la herramienta, así como entre los datos de mecanizado y el tipo de geometría y de calidad. A mayor dureza, menor vida útil de la herramienta, con un desgaste más rápido del filo.

Pieza



Según el tipo de material, la preparación y la forma de mecanizado, será necesario elegir un sistema de herramientas distinto según cada aplicación (torneado, fresado, taladrado, etc.).



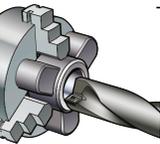
Aplicación



Torneado



Fresado



Taladrado

R **H** Desbaste/
pesado

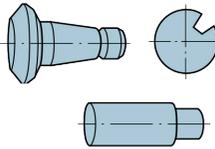
M Medio

L Acabado/
ligero

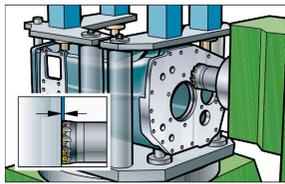
Existen tres tipos principales de aplicaciones que requieren distintas herramientas, plaquitas y calidades. Esto también depende de las tensiones del filo, del acabado al desbaste.

Condición

Condiciones de corte



Condiciones de sujeción

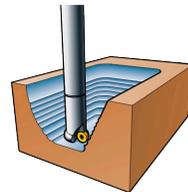


Todas las piezas tienen distinto aspecto, forma y tamaño. Algunas necesitan varias preparaciones y requieren atención especial en relación con las condiciones de sujeción de la herramienta y la herramienta de corte.

Entorno de mecanizado



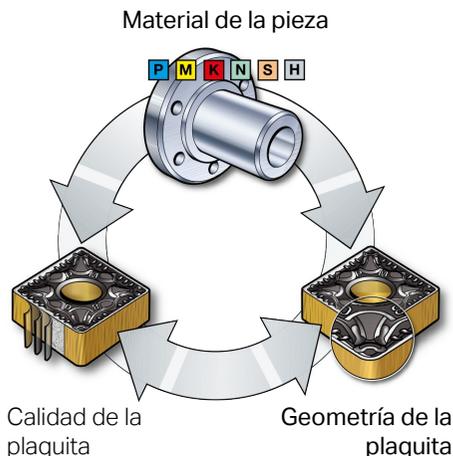
Refrigerante



Mecanizado sin refrigerante

El metal duro es la mejor opción cuando se mecaniza a temperatura elevada, pero debe ser constante. Por ello, el mecanizado sin refrigerante debería ser la primera elección, según los requisitos de la pieza y las condiciones de mecanizado. Algunas calidades, no obstante, están desarrolladas para mecanizado con y sin refrigerante, y se usan según el material de la pieza y los requisitos de calidad.

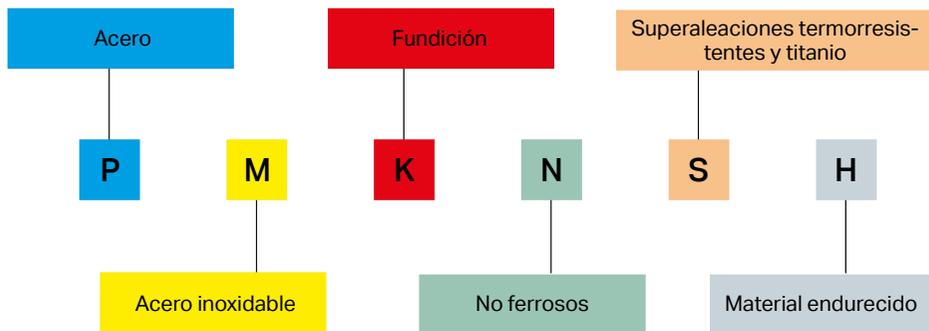
Interacción entre material de la pieza y geometría y calidad



- La interacción entre una calidad y geometría optimizadas y un determinado material de trabajo es la clave para un buen proceso de mecanizado.
- Deben tenerse en cuenta estos tres factores básicos y adaptarlos a cada operación de mecanizado.
- Saber y entender cómo se ajustan estos factores es de una importancia vital.

Material de la pieza, grupos principales

Los materiales se clasifican mediante códigos MC



Dentro de cada grupo de materiales existen subgrupos en función de la dureza de cada material, k_{c1} y sus propiedades metalúrgicas y mecánicas.

* MC = Nueva clasificación de los materiales que sustituye los códigos CMC (clasificación de materiales Coromant).

Estructura de los códigos MC

La estructura permite que el código MC represente una variedad de propiedades y características del material de la pieza de trabajo mediante una combinación de letras y números.

Ejemplo 1:

El código **P1.2.Z.AN** debe interpretarse de la siguiente manera:

P = código ISO del acero

1 = grupo de materiales: acero no aleado

2 = subgrupo de materiales: ¿Contenido de carbono? 0,25 %
≤0,55 % C

Z = proceso de fabricación: forjado/laminado/estirado en frío

AN = tratamiento térmico: recocido, con valores de dureza

Ejemplo 2:

El código **N1.3.C.UT** debe interpretarse de la siguiente manera:

N = código ISO para metales no ferrosos

1 = grupo de materiales: aleaciones de aluminio

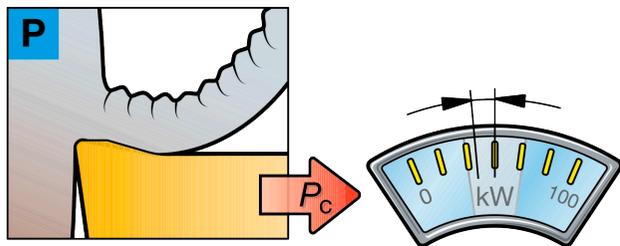
3 = subgrupo de materiales: no ferroso con contenido de Si 1-13 %

C = proceso de fabricación: fundición

UT = sin tratar

Al describir no solo la composición del material, sino también el proceso de fabricación y el tratamiento térmico (que influye en las propiedades mecánicas), hay disponible una descripción más precisa que puede usarse para obtener mejores recomendaciones de datos de corte.

Acero ISO P, características principales



Características de mecanizado:

- material de viruta larga;
- control de la viruta relativamente fácil y uniforme;
- el acero de bajo contenido en carbono es pastoso y requiere filos agudos;
- fuerza de corte específica k_c :
1500–3100 N/mm²
(217,500–449,500 libras/pulg.²);
- la fuerza de corte y la potencia requerida para mecanizar materiales ISO P permanecen dentro de un margen limitado.

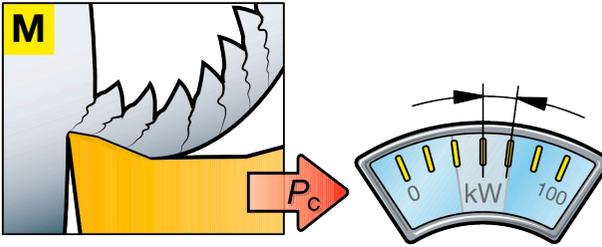
¿Qué es el acero?

- El acero es el grupo más amplio del área de mecanizado.
- El acero puede ser no templado o templado y revenido con una dureza de hasta 400 HB.
- El acero es una aleación con hierro (Fe) como componente principal. Se produce a través del proceso de fundición.
- Los aceros no aleados tienen un contenido de carbono inferior al 0,8 % y solo contienen Fe, pero no otros elementos de aleación.
- Los aceros aleados tienen un contenido de carbono inferior al 1,7 % y elementos de aleación como Ni, Cr, Mo, V, W.

Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

ISO	MC	Material
P	P1	Acero no aleado
	P2	Acero de baja aleación (elementos de aleación ≤5 %)
	P3	Acero de alta aleación (elementos de aleación >5 %)
	P4	Aceros sinterizados

Acero inoxidable ISO M, características principales



Características de mecanizado:

- material de viruta larga;
- el control de la viruta es regular en el ferrítico y llega a ser difícil en el austenítico y el dúplex;
- fuerza de corte específica:
1800–2850 N/mm²
(261,000–413,250 libras/pulg.²);
- el mecanizado genera elevadas fuerzas de corte, filo de aportación y superficies con endurecimiento térmico y mecánico.

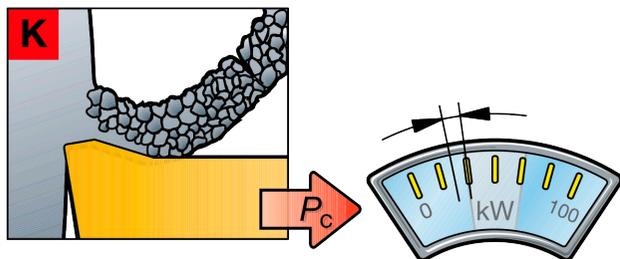
¿Qué es el acero inoxidable?

- Los aceros inoxidables son materiales aleados con un mínimo de un 11–12 % de cromo.
- El contenido de carbono suele ser reducido (puede bajar hasta 0,01 %).
- Las aleaciones son principalmente de Ni (níquel), Mo (molibdeno) y Ti (titanio).
- La capa de Cr₂O₃ que se forma en la superficie del acero lo hace resistente a la corrosión.

Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

ISO	MC	Material
M	P5	Acero inoxidable ferrítico/martensítico
	M1	Acero inoxidable austenítico
	M2	Superaustenítico, Ni ≥ 20 %
	M3	Dúplex (austenítico/ferrítico)

Fundición ISO K, características principales



Características de mecanizado:

- material de viruta corta;
- buen control de la viruta en todas las condiciones;
- fuerza de corte específica: 790–1350 N/mm² (114,550–195,750 libras/pulg.²);
- el mecanizado a alta velocidad genera desgaste por abrasión;
- fuerzas de corte moderadas.

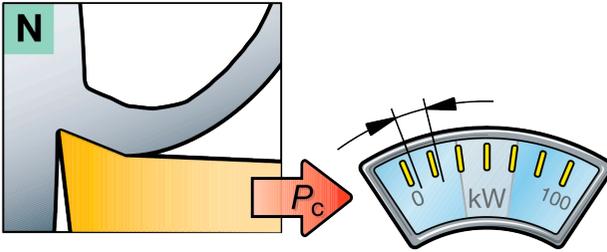
Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

¿Qué es la fundición?

- Existen tres tipos principales de fundición: gris (GCI), nodular (NCI) y de grafito compacto (CGI).
- Se denomina fundición a los compuestos de Fe-C con un contenido relativamente elevado de Si (1-3 %).
- El contenido de carbono es superior al 2 %, que es la máxima solubilidad del C en la fase austenítica.
- El Cr (cromo), el Mo (molibdeno) y el V (vanadio) forman carburos que incrementan la resistencia y dureza, pero reducen la maquinabilidad.

ISO	MC	Material
K	K1	Fundición maleable
	K2	Fundición gris
	K3	Fundición Nodular SG
	K4	Fundición de grafito compactada
	K5	Fundición dúctil austemperizada

Materiales no ferrosos ISO N, características principales



Características de mecanizado:

- material de viruta larga;
- control de la viruta relativamente fácil, si está aleado;
- las aleaciones no ferrosas (Al) son pastosas y requieren filos agudos;
- fuerza de corte específica:
350–700 N/mm²
(50,750–101,500 libras/pulg.²);
- la fuerza de corte y la potencia requerida para mecanizar materiales ISO N permanecen dentro de un margen limitado.

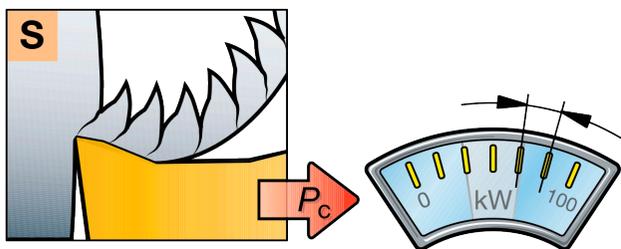
¿Qué es un material no ferroso?

- Este grupo contiene metales blandos no ferrosos, con una dureza inferior a 130 HB.
- Las aleaciones no ferrosas (Al) con menos de un 22 % de silicio (Si) representan la parte más amplia.
- Cobre, bronce, latón.
- Plástico.
- Composites (Kevlar).

Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

ISO	MC	Material
N	N1	Aleaciones con base no ferrosa
	N2	Aleaciones con base de magnesio
	N3	Aleaciones con base de cobre
	N4	Aleaciones con base de cinc

Superaleaciones termorresistentes y titanio ISO S, características principales



Características de mecanizado:

- Material de viruta larga.
- Control de la viruta difícil (viruta segmentada).
- Se requiere un ángulo de desprendimiento negativo si se utiliza cerámica y positivo si se utiliza metal duro.
- Fuerza de corte específica: para superaaleaciones termorresistentes: 2400–3100 N/mm² (348,000–449,500 libras/pulg.²);

para titanio:
1300–1400 N/mm²
(188,500–203,000 libras/pulg.²).

- Las fuerzas de corte y la potencia requerida son bastante elevadas.

Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

¿Qué son las superaaleaciones termorresistentes?

- Entre las superaaleaciones termorresistentes (HRSA) se incluye un gran número de materiales con base de níquel, cobalto y titanio, y de fundición de hierro de alta aleación.

Grupos: base de Fe, base de Ni, base de Co

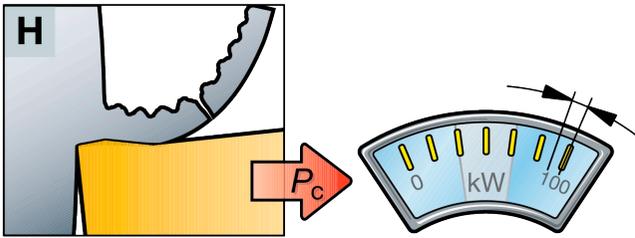
Condiciones: recocido, con solución de tratamiento térmico, laminado envejecido, forja, fundición.

Propiedades:

- un contenido de aleación incrementado (Co más que Ni), resulta en una mayor resistencia al calor, a la tracción y a la corrosión.

ISO	MC	Material
S	S1	Aleaciones con base de hierro
	S2	Aleaciones con base de níquel
	S3	Aleaciones con base de cobalto
	S4	Aleaciones con base de titanio
	S5	Aleaciones con base de tungsteno
	S6	Aleaciones con base de molibdeno

Acero templado ISO H, características principales



Características de mecanizado:

- material de viruta larga;
- control de la viruta regular;
- se requiere un ángulo de desprendimiento negativo;
- fuerza de corte específica:
2550–4870 N/mm²
(369,750–706,150 libras/pulg.²);
- las fuerzas de corte y la potencia requerida son bastante elevadas.

¿Qué es el acero templado?

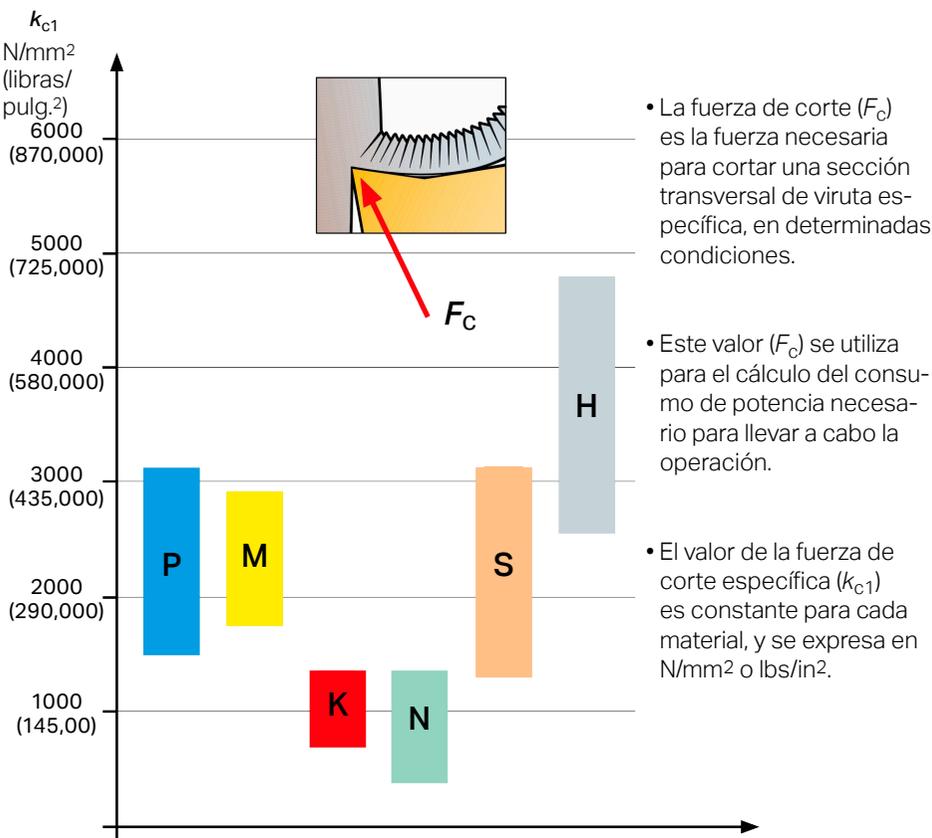
- El acero templado es el grupo más reducido desde el punto de vista del mecanizado.
- Este grupo incluye acero templado y revenido con una dureza >45–65 HRC.
- Sin embargo, el torneado de piezas duras habitual se encuentra dentro del rango 55–68 HRC.

Consulte los catálogos de productos para obtener más detalles sobre los códigos MC.

ISO	MC	Material
H	H1	Aceros (45-65 HRC)
	H2	Fundición en coquilla
	H3	Estelites
	H4	Ferro-TiC

La fuerza de corte específica k_{c1}

k_{c1} : el valor tabulado de k_c para un grosor de viruta de 1 mm (.0394").



Consulte la sección de fórmulas para ver los cálculos específicos.

Valores k_{c1} en N/mm² (libras/pulg.²)

P 1500 – 3100
(217,500 – 449,500)

N 350 – 1350
(50,750 – 195,750)

M 1800 – 2850
(261,000 – 413,250)

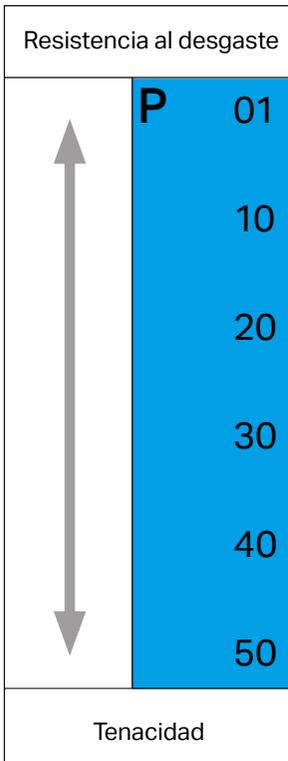
S 1300 – 3100
(188,500 – 449,500)

K 790 – 1350
(114,550 – 195,750)

H 2550 – 4870
(369,750 – 706,150)

Nomenclatura ISO en el área ISO-P

Operaciones y condiciones de trabajo



P01: torneado en acabado interior y exterior; velocidad de corte elevada; sección de viruta pequeña; buen acabado superficial; tolerancias estrechas; sin vibraciones.

P10: torneado; copiado; roscado; fresado; velocidad de corte elevada; sección de viruta pequeña y media.

P20: torneado; copiado; velocidad de corte media; refrentado con sección de viruta pequeña; condiciones medias y difíciles.

P30: torneado; fresado; refrentado; velocidad de corte media y alta; sección de viruta media y grande; incluye operaciones en condiciones de tenacidad.

P40: torneado; refrentado; fresado; corte; ranurado; velocidad de corte baja; sección de viruta grande; ángulo de posición grande; condiciones de gran tenacidad.

P50: siempre que se necesite una gran tenacidad en la herramienta de torneado; refrentado; ranurado; corte; velocidad de corte reducida; sección de viruta grande; ángulo de posición grande; condiciones extremadamente tenaces.

El diagrama de más arriba está relacionado con el área ISO P. Estos requisitos también son aplicables al resto de tipos de materiales ISO, como M, K, N, S y H.

A

Fabricación de metal duro

Torneado

B

Tronzado y
ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

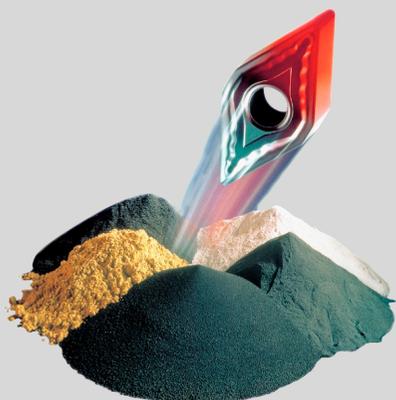
Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

Fabricación de metal duro

La fabricación de plaquitas de metal duro es un proceso diseñado cuidadosamente en el que se equilibran geometría y calidad para ofrecer un producto que se ajuste perfectamente a la aplicación.



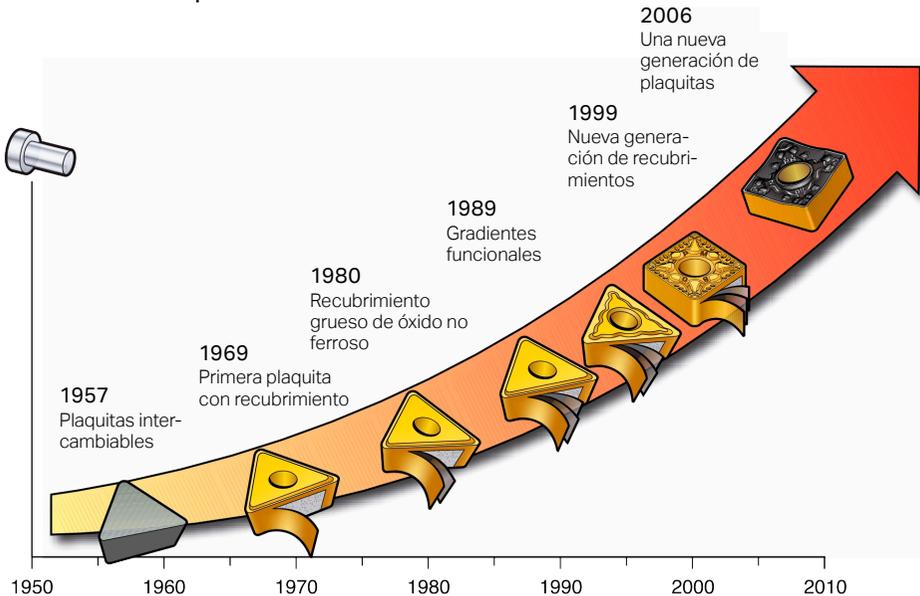
Desarrollo del material de la herramienta de corte

El desarrollo de sustratos de carburo, recubrimientos y geometrías optimizados ha mejorado la productividad y el ahorro para el usuario final.

En la década de los 60 y 70, con el desarrollo de los primeros recubrimientos, se produjeron importantes mejoras en la productividad.

En los años siguientes, se han seguido produciendo desarrollos: diseño avanzado de sustratos, nuevas geometrías, diseños del filo, nuevas técnicas avanzadas de recubrimiento y tratamientos posteriores de los filos recubiertos.

Efecto sobre la productividad del usuario final



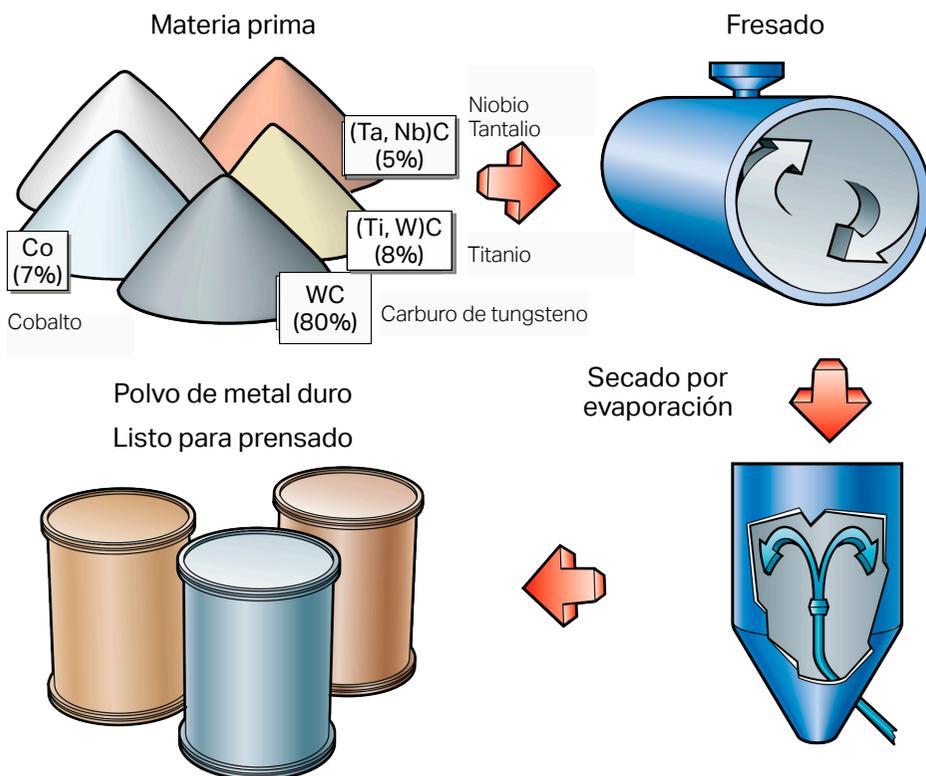
Proceso de pulverización

Dos son los elementos principales de una plaquita de metal duro:

- carburo de tungsteno (WC);
- cobalto (Co).

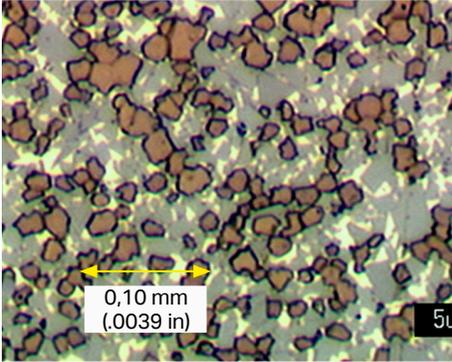
Otros elementos de uso habitual son los carburos de titanio, tantalio y niobio. El diseño de los distintos tipos de pulverización y diferentes porcentajes de cada elemento es lo que diferencia a las calidades.

El polvo se tritura y deshidrata por aspersion, se tamiza y se vierte en contenedores.



Polvo de tungsteno

Tamaño de los granos de carburo de tungsteno

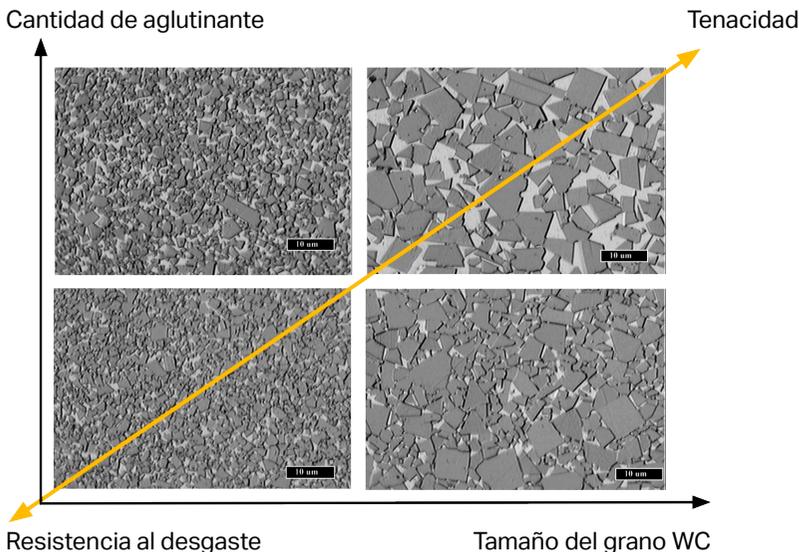


La principal materia prima para la fabricación de metal duro es el concentrado del mineral de tungsteno. El polvo de tungsteno se produce a partir de óxido tungstíco derivado químicamente de la materia prima. Modificando las condiciones de reducción es posible preparar polvo de tungsteno con distinto tamaño de grano. El granulado de carburo después del secado por evaporación es de tamaño reducido y varía en tamaño según la calidad.

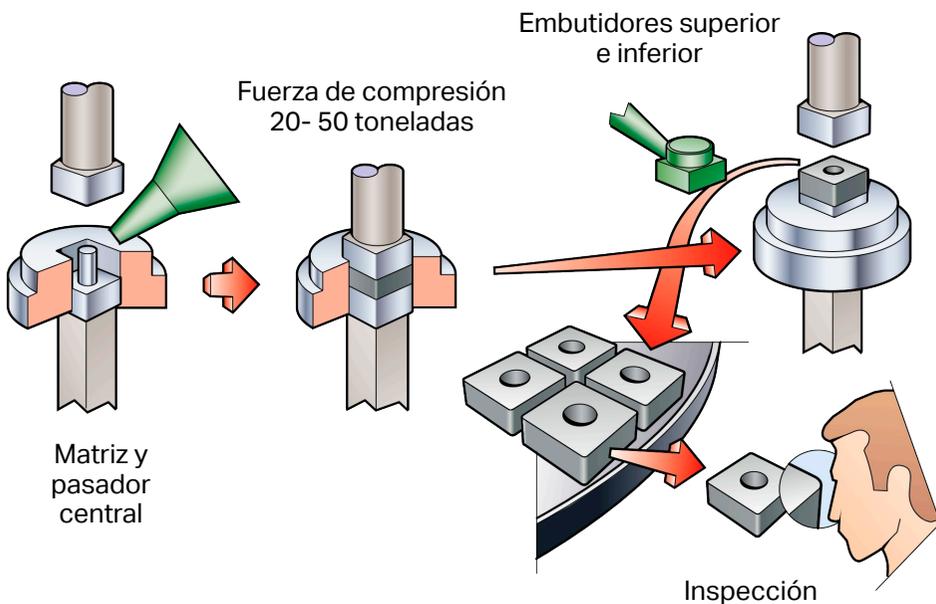
Propiedades básicas del metal duro

Además del tamaño del grano del carburo de tungsteno (WC), la cantidad de la fase aglomerante es un factor importante que determinará las características del carburo. Aumentar el contenido de cobalto con un tamaño de grano WC creciente

contribuye a aumentar la tenacidad, pero también a reducir la dureza, lo cual reduce a su vez la resistencia al desgaste del sustrato.



Prensado de polvo compactado



La operación de prensado cuenta con varias herramientas:

- embudidores superior e inferior;
- pasador central;
- cavidad.

Procedimiento de prensado:

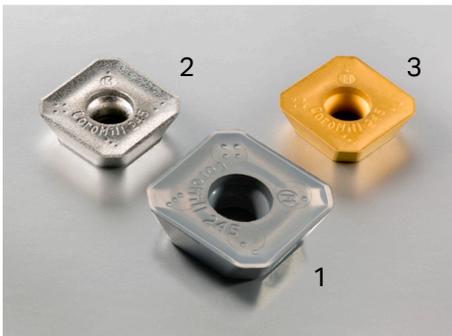
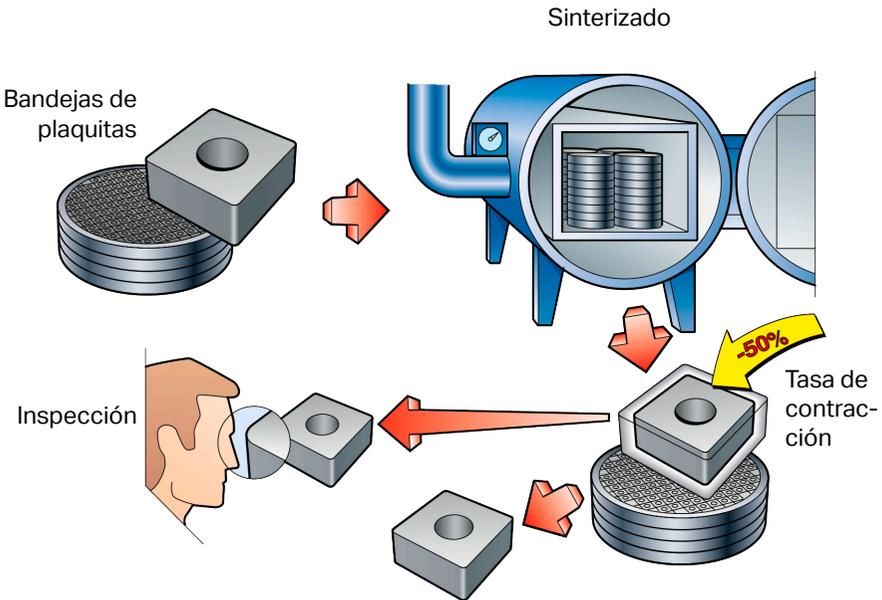
- Se vierte el polvo en la cavidad.
- Los embudidores superior e inferior se unen (20-50 toneladas).
- Un robot recoge la plaqueta y la deposita sobre una bandeja de grafito.
- Se realiza un control SPC aleatorio, para comprobar el peso.

La plaqueta presenta en esta fase una porosidad del 50 %.

Sinterizado de las plaquitas prensadas

El sinterizado consiste en lo siguiente:

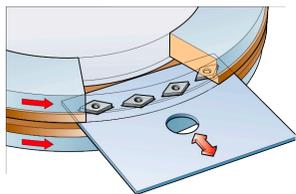
- Carga de las bandejas de plaquitas en un horno de sinterizado.
- La temperatura se eleva hasta $\sim 1400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($\sim 2550\text{ }^{\circ}\text{F}$).
- Este proceso funde el cobalto, que actúa como aglutinante.
- La plaquita se contrae un 18 % en todas las direcciones durante el sinterizado, lo que supone una reducción de volumen del 50 %.



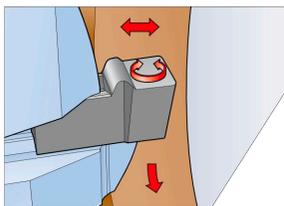
1. Plaquita no sinterizada
2. Plaquita sinterizada
3. Plaquita con recubrimiento

Tipos de operaciones de rectificado

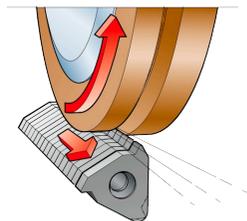
Parte superior y base



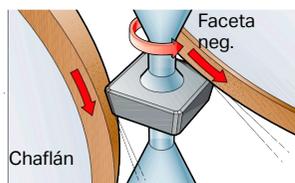
Perfilado libre



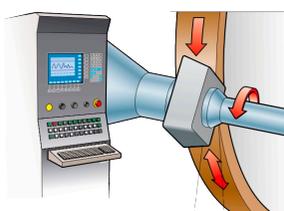
Perfilado



Chaflán, faceta negativa

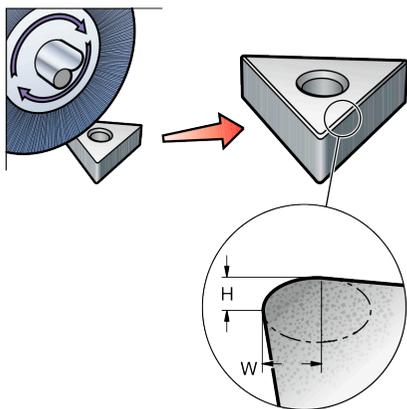


Periferia



Refuerzo del filo

El tratamiento de redondeado ER confiere al filo su microgeometría final.

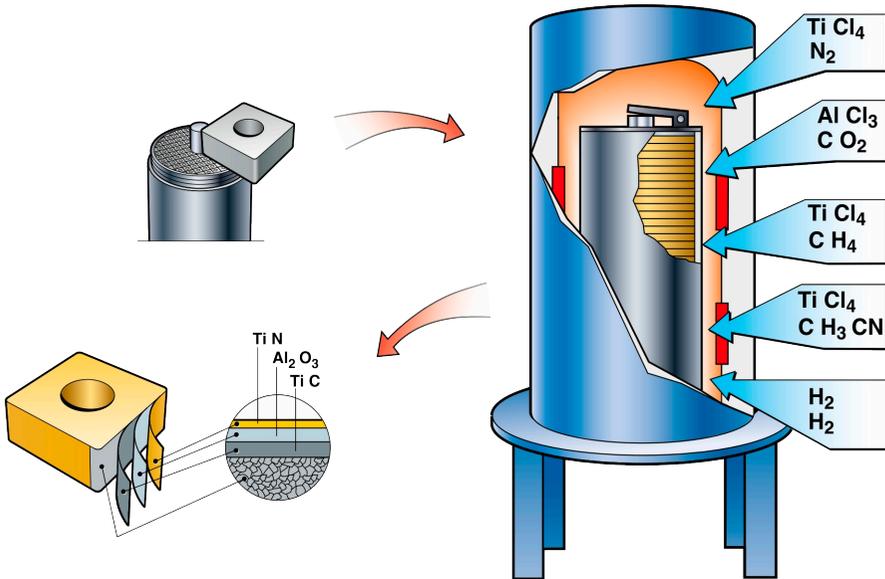


- El tratamiento ER (del inglés Edge Roundness) se realiza antes de aplicar el recubrimiento.
- La relación W/H depende de la aplicación.

Generalmente, el valor de ER corresponde al grosor de un pelo, diámetro: $\sim 80 \mu\text{m}$ ($\sim .0031 \text{ in.}$).

CVD: deposición química en fase de vapor

Las plaquitas se apilan dentro de un horno, se introduce una serie de gases en la cámara, se purgan las tuberías y se introduce otra serie de gases. Esta secuencia se repite hasta completar las capas de recubrimiento. El proceso se lleva a cabo a unos 900 °C (1650 °F) durante 30 horas. El grosor aproximado es de 2-20 micras (.00008-.0008 in).



Ventajas de los recubrimientos de CVD

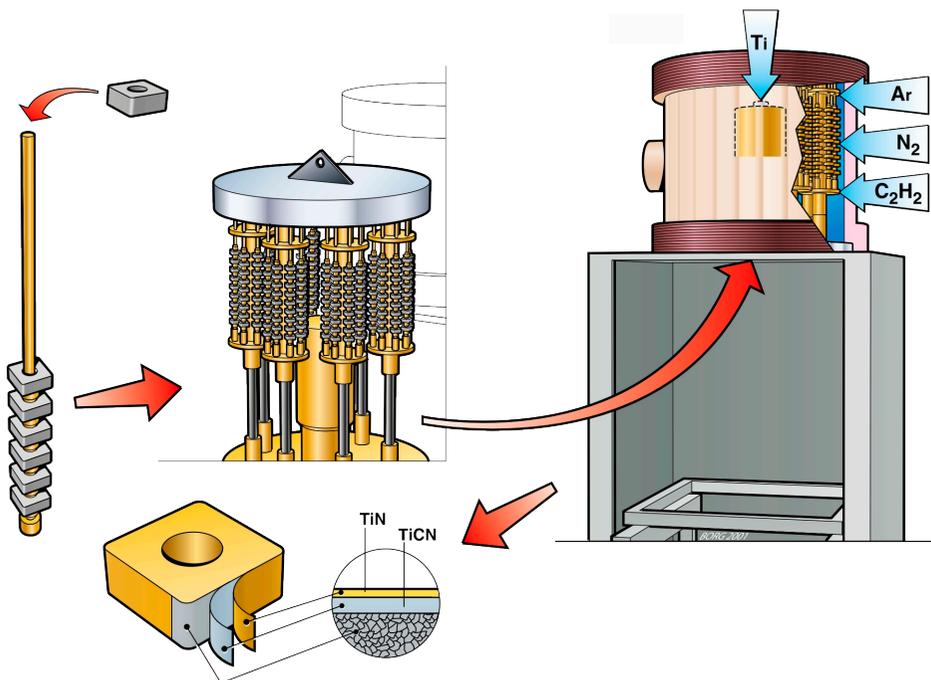


- Permiten aplicar recubrimientos gruesos.
- Permiten que el grosor del recubrimiento sea uniforme.
- Muy buena adherencia al sustrato de metal duro.
- Muy buena resistencia al desgaste.
- - Permiten aplicar recubrimientos de óxido.

PVD: deposición física en fase de vapor

Las plaquitas se cargan en varillas dentro del horno de recubrimiento. Las varillas se colocan en las paredes de la cámara reactiva. El gas más habitual es el titanio (Ti). Los gases se calientan a una temperatura a la que el metal sólido se ioniza.

A través del gas como portador, los iones pueden transportarse a las plaquitas. Como las plaquitas están más frías, los iones se condensan en la superficie de la plaquita para formar un recubrimiento.



El grosor del recubrimiento está en el rango de 2-6 micras (.00008-.0002 in) en función del área de aplicación de la plaquita.

Los recubrimientos de PVD más habituales son TiN, Ti(C,N), (Ti,Al)N, (Ti,Al,Cr)N y ahora también óxidos no ferrosos.

Ventajas de los recubrimientos de PVD

- La PVD aporta buena tenacidad del filo.
- Los recubrimientos de PVD pueden mantener la "agudeza" del filo.
- Es posible utilizar la PVD sobre puntas soldadas.
- Es posible utilizar PVD sobre herramientas de metal duro enterizo.

Proceso de recubrimiento de PVD frente a CVD

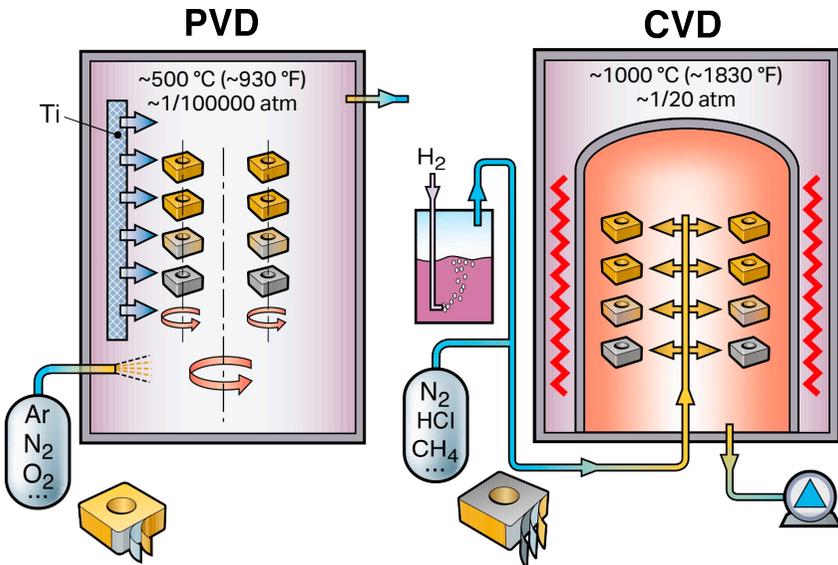
PVD (deposición física en fase de vapor)

En un proceso de recubrimiento de PVD, el recubrimiento se forma por condensación del metal vaporizado sobre las superficies de la plaquita. El proceso de PVD actúa del mismo modo que cuando el aire húmedo se condensa sobre una carretera fría y forma una capa de hielo.

La PVD se forma a una temperatura mucho más baja que la CVD. La temperatura normal del proceso de PVD se aproxima a 500 °C (930 °F). El grosor del recubrimiento está en el rango de 2-6 micras (.00008-.0002 in) en función del área de aplicación de la plaquita.

CVD (deposición química en fase de vapor)

En un proceso de recubrimiento de CVD, el recubrimiento se forma por una reacción química de distintos gases. Factores como la temperatura, el tiempo, el caudal de gas, la atmósfera de gas, etc. se supervisan cuidadosamente para conducir la deposición de las capas de recubrimiento. Según el tipo de recubrimiento, la temperatura en el reactor está entre 800-1100 °C (1470 - 2000 °F). Cuanto más grueso sea el recubrimiento, más largo será el proceso. El recubrimiento de CVD actual más delgado está por debajo de 4 micras (.00016 in) y el más grueso, por encima de 20 micras (.0008 in).

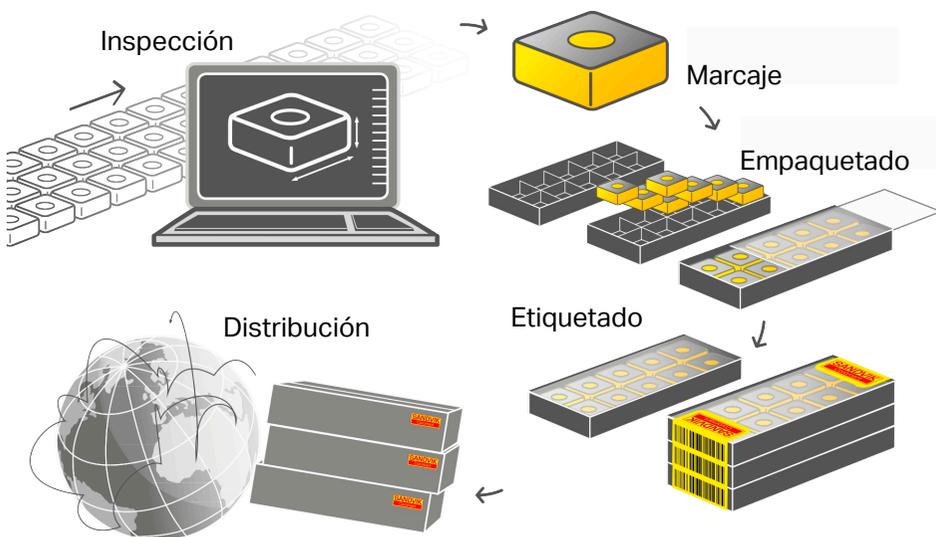


- Recubrimiento más delgado
- Filos más agudos
- Mayor tenacidad

- Recubrimiento más grueso
- Mayor resistencia al desgaste
- Resistencia térmica

Control visual, marcaje y empaquetado

Antes de embalarlas, cada plaquita se inspecciona de nuevo y se compara con los planos y el lote del pedido. Un láser marca la plaquita con la calidad correcta y se coloca en una caja gris con una etiqueta impresa. Ya están listas para ser enviadas a los clientes.



Filo

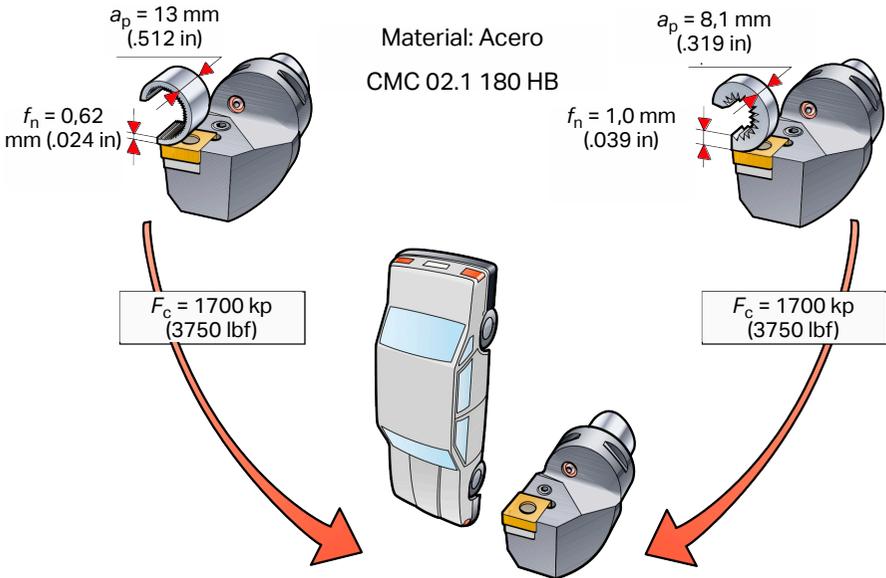
El diseño del filo y la geometría de plaquita son esenciales para el proceso de formación de la viruta, la vida útil de la herramienta y los datos de velocidad de avance en operaciones de mecanizado.



La elevada fuerza de corte sobre un filo

El metal duro es muy resistente a las fuerzas de compresión y también puede soportar altas temperaturas sin deformación plástica. También resiste altas fuerzas de corte (F_c) sin rotura, siempre y cuando la plaquita esté bien apoyada.

Para comprender el exigente entorno al que es sometido el filo, a continuación hay dos condiciones con datos de corte diferentes para una unidad de corte. Generan aproximadamente la misma fuerza de corte (F_c) en el filo.



La fuerza de corte en estos dos casos equivale al peso de un turismo.

Cálculo de la F_c Material: MC P2 (acero de baja aleación) 180 HB
Fuerzas de corte específicas $k_{c1} = 2100 \text{ N/mm}^2$ (304,563 libras/pulg.²)

$$F_c = k_{c1} \times a_p \times f_n$$

$$F_c = 2100 \text{ N/mm}^2 \times 13 \text{ mm} \times 0.62 \text{ mm} = 16926 \text{ Newton (N)} = 1700 \text{ kp}$$

$$F_c = 304,563 \text{ libras/pulg.}^2 \times .512" \times .024" = 3742 \text{ libras-fuerza (lbf)} = 1700 \text{ kp}$$

1lbf = 0.4535 kilogramo-fuerza (kg),

1N = 0.101 kg

kp = kilopondio o kilogramo-fuerza

El mecanizado empieza en el filo

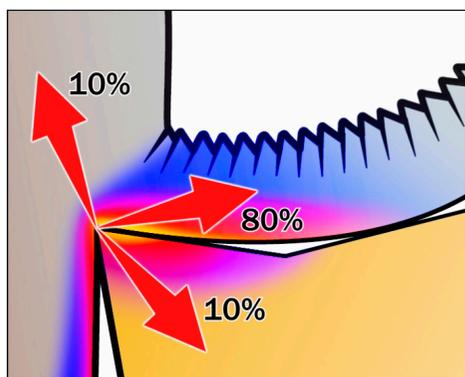


Secuencia de rotura de la viruta típica en una toma de alta velocidad.

Temperaturas en la zona de corte

El máximo calor generado durante el corte está en la parte superior de la plaquita, 1000 °C (1832 °F), en el rompevirutas, y cerca del filo.

Aquí es donde se encuentra la máxima presión del material y la fricción entre la viruta y el metal duro provocan estas altas temperaturas.



- El ángulo de desprendimiento de la plaquita, su geometría y el avance representan un papel importante en el proceso de formación de la viruta.
- La disipación del calor de la zona de corte a través de la viruta (80 %) es un factor clave.
- El resto del calor se suele distribuir uniformemente entre la pieza y la herramienta.

A

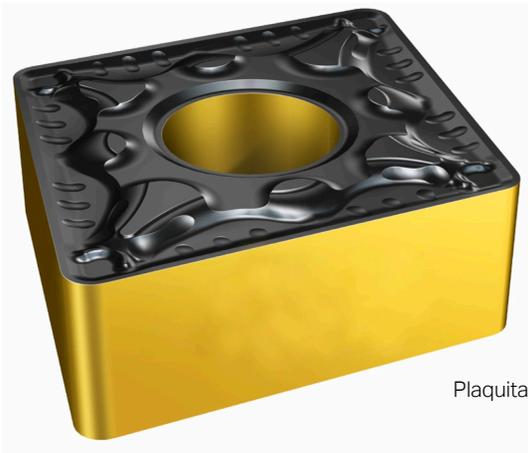
Filo

Torneado

El diseño de una plaquita moderna

B

Tronzado y ranurado



C

Roscado

Plaquita de torneado medio en acero

D

Fresado

Definiciones y diseño de la geometría

E

Diseño del filo de la punta

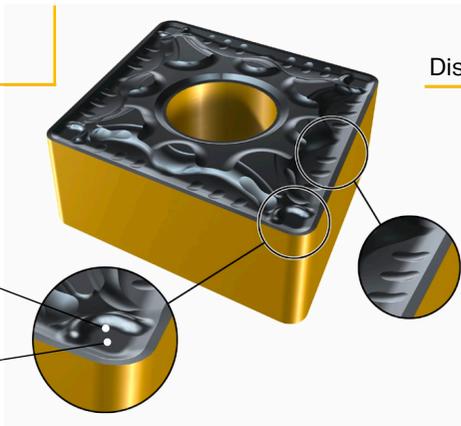
Taladrado

F

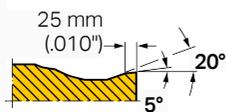
Mandrinado

Macrogeometría con rompevirutas

Geometría para profundidad de corte reducida



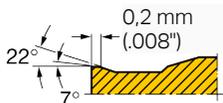
Diseño del filo principal



- Refuerzo del filo: 0,25 mm (.010")
- Ángulo de desprendimiento: 20°
- Faceta primaria: 5°

G

Portaherramientas



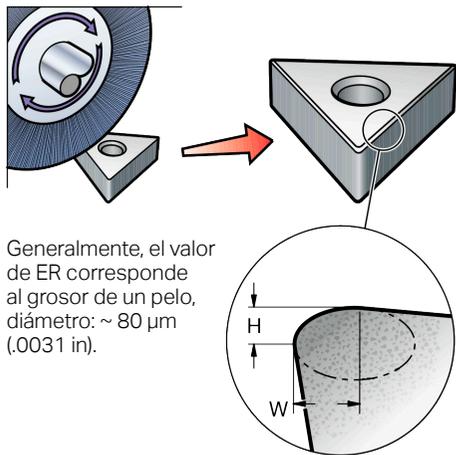
H

Maquinabilidad
Otros datos

H 32

Refuerzo del filo

El tratamiento de redondeado ER confiere al filo su microgeometría final

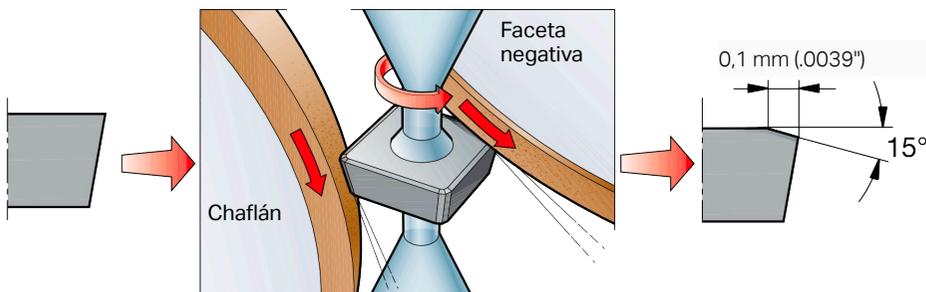


Generalmente, el valor de ER corresponde al grosor de un pelo, diámetro: $\sim 80 \mu\text{m}$ (.0031 in).

- El tratamiento ER (del inglés Edge Roundness) se realiza antes de aplicar el recubrimiento y confiere al filo su forma final (microgeometría).
- La relación W/H depende de la aplicación.

Una faceta negativa incrementa la resistencia del filo

En algunos casos, las plaquitas tienen una faceta negativa y vértices de plaquita reforzados para que resulten más resistentes y más seguras en una acción de corte intermitente.

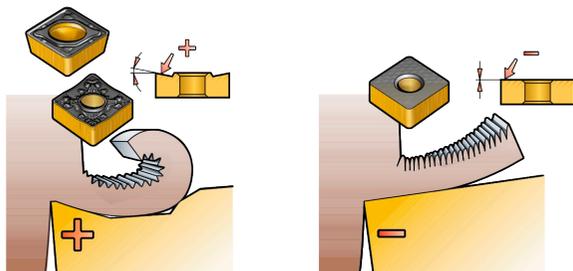


- Una faceta negativa incrementa la resistencia del filo, pero crea también mayores fuerzas de corte.

Ángulo de desprendimiento de la plaquita

El ángulo de desprendimiento puede ser negativo o positivo.

Según esto, hay plaquitas negativas y positivas, en las que los ángulos de incidencia equivalen a cero o a varios grados por encima de cero. Esto determina las posibilidades de inclinación de la plaquita en el portaherramientas y genera una acción de corte negativa o positiva.



- El ángulo de desprendimiento de la plaquita es el ángulo formado por la cara superior de la plaquita y el eje horizontal de la pieza.

Acción de corte positiva y negativa

El torneado necesita un filo duradero que pueda trabajar durante largos periodos, a menudo en cortes continuos a alta temperatura. Esta condición requiere un filo con, entre otras características, una capacidad adecuada de rotura de viruta, así como una buena resistencia frente a los distintos tipos de desgaste y la deformación plástica.

debe ser lo suficientemente robusto como para soportar velocidades de corte muy bajas, e incluso velocidad cero en el centro de la broca.

En el fresado la acción de corte siempre es intermitente, por lo que el filo tiene que tener buena resistencia en el núcleo para no romperse. La gran variación de temperatura en el filo debida a los cortes intermitentes también hace que la resistencia a las fisuras térmicas tenga una importancia vital.

En la mayoría de aplicaciones de taladrado, hay presencia de refrigerante, sobre todo para ayudar al transporte de la viruta, lo que incrementa la tensión en el filo debido a la variación de temperatura. Para que la viruta pueda salir del agujero por las estrechas ranuras, la adecuada rotura de la viruta en viruta corta es un factor importante.

En las aplicaciones de taladrado, el filo

Rendimiento máximo en mecanizado

Plaquitas específicas para distintas aplicaciones

Existen diferencias importantes en cuanto a los requisitos de geometría y calidad de la plaquita que presentan las aplicaciones de torneado, fresado y taladrado.

P

M

K

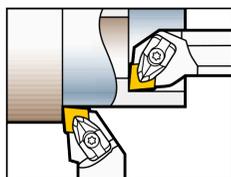
N

S

H

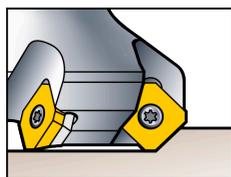


Torneado



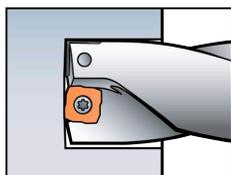
- Necesita un filo duradero que pueda trabajar durante largos periodos, a menudo en cortes continuos a alta temperatura.
- Buena capacidad de rotura de la viruta.
- Buena resistencia frente a los distintos tipos de desgaste y frente a la deformación plástica.

Fresado



- La acción de corte siempre es intermitente y el filo tiene que tener buena resistencia en el núcleo para no romperse.
- La variación de temperatura en el filo debida a los cortes intermitentes también hace que la resistencia a las fisuras térmicas tenga una importancia vital.

Taladrado

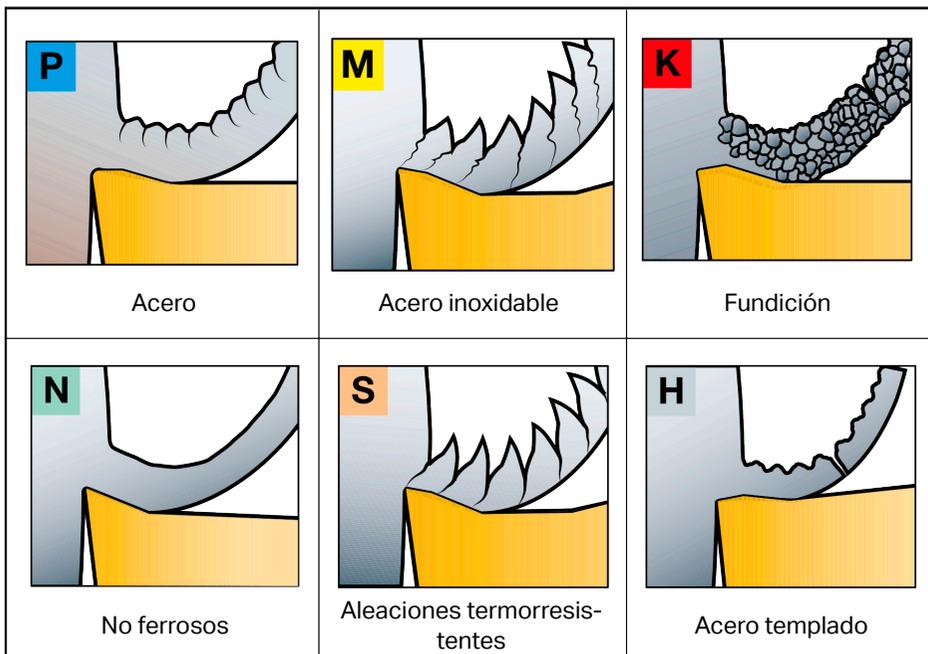


- El filo debe ser lo suficientemente robusto como para soportar velocidades de corte muy bajas, e incluso velocidad cero en el centro de la broca.
- Presencia de refrigerante, sobre todo para ayudar al transporte de la viruta, lo que incrementa la tensión en el filo debido a la variación de temperatura.
- Para que la viruta pueda salir del agujero por las estrechas ranuras, una buena rotura de la viruta es un factor importante.

Seis grupos principales de materiales para piezas

Distintas características para eliminar viruta

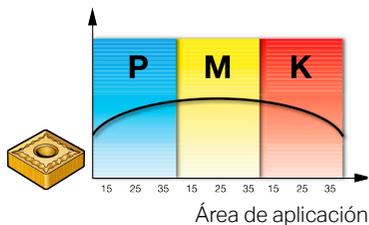
Una buena formación de viruta suele producir una elevada fuerza de corte y un excesivo calor, en función del material. Esto puede ocasionar velocidades de corte bajas con tensiones de adherencia. Por otro lado, los materiales como el acero no aleado y no ferroso y la fundición de baja tenacidad producen una fuerza de corte menor.



Plaquitas para torneado universales y optimizadas

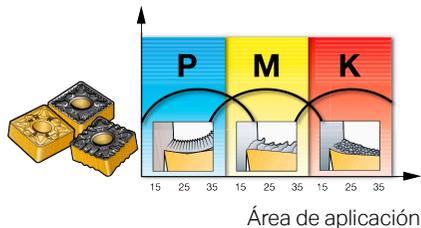
Plaquitas generales

- Geometría universal
- Se optimizan con calidades
- Rendimiento limitado



Plaquitas específicas

- Calidades y geometrías específicas
- Rendimiento optimizado en función de la maquinabilidad de la pieza

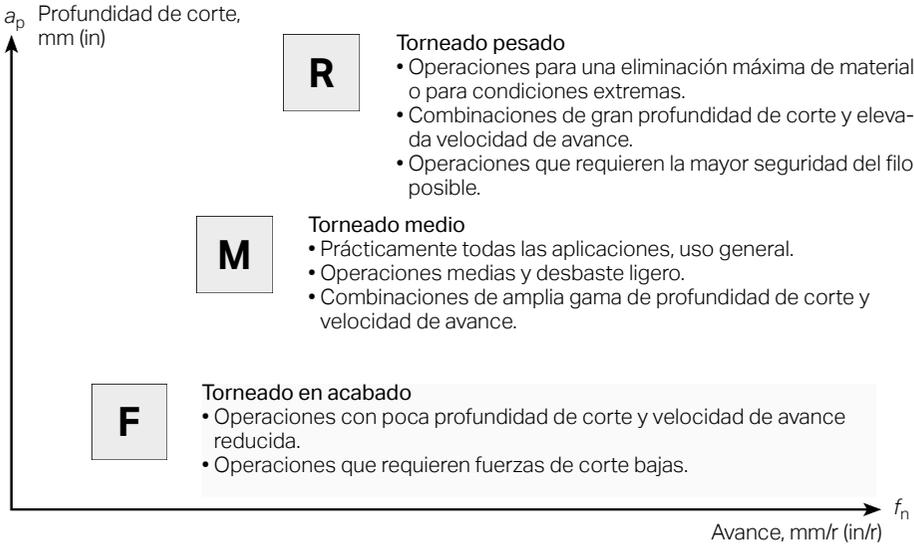


Plaquitas específicas para las áreas ISO P, M, K y S

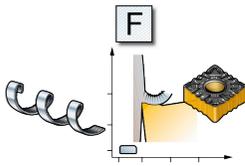
Las distintas micro y macrogeometrías están adaptadas a los diferentes requisitos de las aplicaciones y los materiales.

Material de la pieza	Acabado	Medio	Desbaste
P 			
M 			
K 			
S 			

Tipo de aplicación: torneado

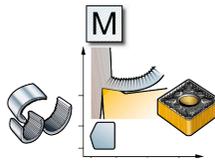


Selección de la geometría de la plaqueta en torneado



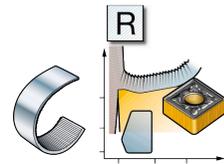
Acabado (F)

- Extra positiva
- Mecanizado en acabado
- Fuerzas de corte reducidas
- Velocidad de avance reducida



Medio (M)

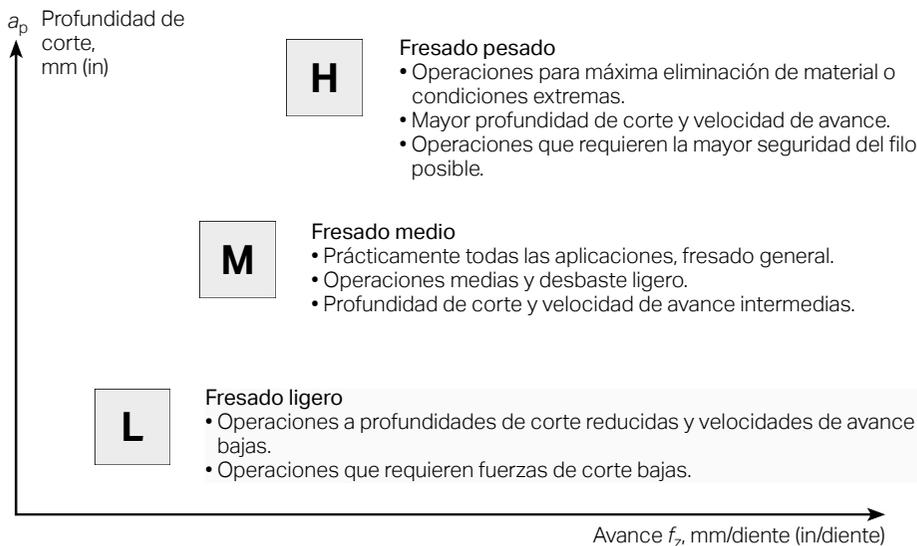
- Geometría de uso general
- Velocidad de avance media
- Operaciones medias y desbaste ligero



Desbaste (R)

- Filo reforzado
- Mecanizado de desbaste
- Seguridad del filo superior
- Velocidad de avance elevada

Tipo de aplicación: fresado



Selección de la geometría de la plaquita en fresado



Ligero (L)

- Extra positiva
- Mecanizado ligero
- Fuerzas de corte reducidas
- Velocidad de avance reducida



Medio (M)

- Geometría de uso general
- Velocidad de avance media
- Operaciones medias y desbaste ligero



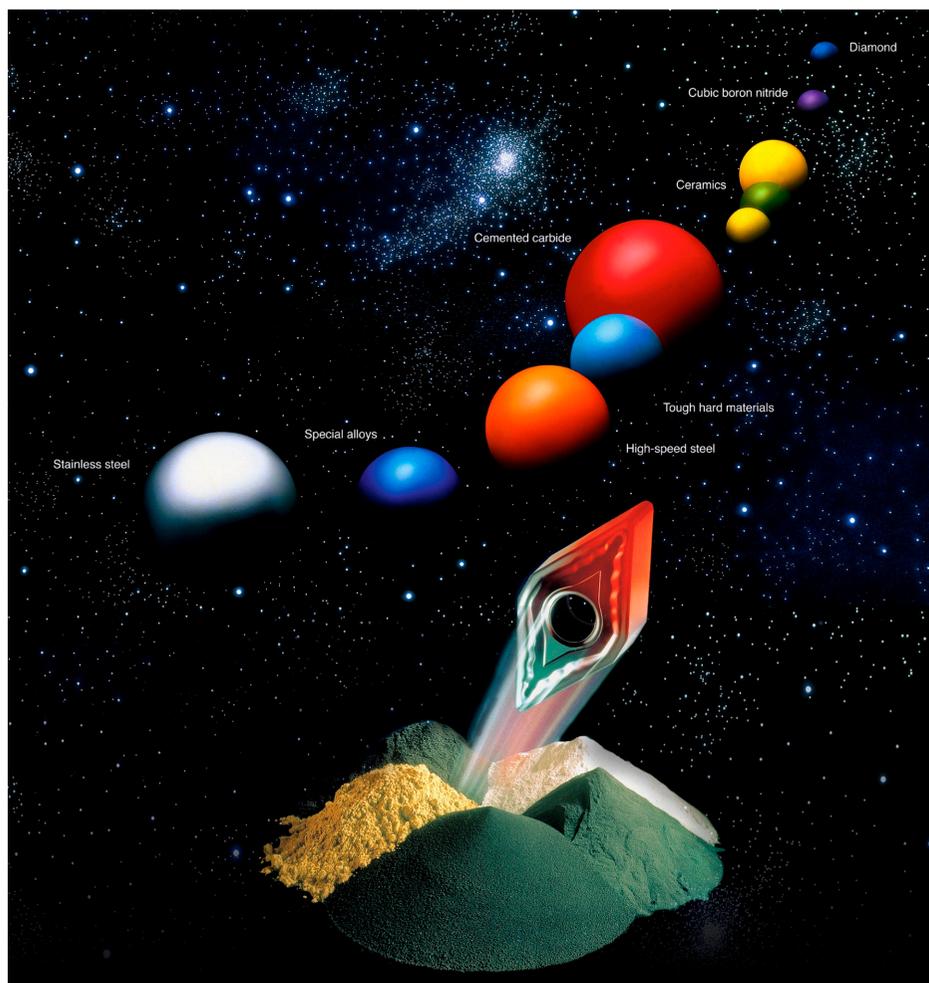
Pesado (H)

- Filo reforzado
- Mecanizado pesado
- Seguridad del filo superior
- Velocidad de avance elevada

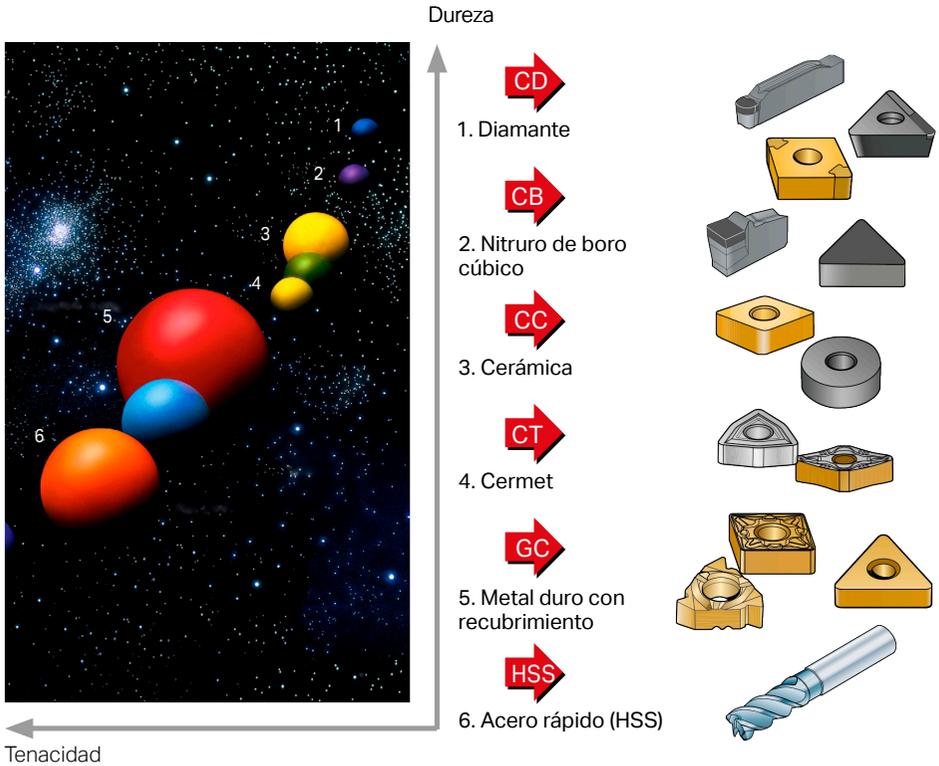
Material de la herramienta de corte

La selección de la calidad y el material de la herramienta es un factor importante que se debe tener en cuenta a la hora de planificar una operación de mecanizado productiva.

Tener un conocimiento básico de cada uno de los materiales de las herramientas de corte y su rendimiento es importante para poder hacer una selección adecuada para cada aplicación. Debe tenerse en cuenta el material de la pieza que se va a mecanizar, el tipo y la forma de la pieza, las condiciones de mecanizado y el nivel de calidad superficial necesario para cada operación.



Diferentes tipos de materiales de herramienta de corte



El material ideal para la herramienta de corte debería:

- ser lo bastante duro para resistir el desgaste en incidencia y la deformación;
- ser tenaz para resistir la rotura del núcleo;
- no reaccionar químicamente con el material de la pieza;
- ser químicamente estable para resistir frente a la oxidación y la difusión;
- ser resistente a los cambios repentinos de temperatura.

A

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

La principal gama de materiales para herramientas de corte



- Metal duro sin recubrimiento (HW)
- Metal duro con recubrimiento (HC)
- Cermet (HT, HC)
- Cerámica (CA, CN, CC)
- Nitruro de boro cúbico (BN)
- Diamante policristalino (DP, HC)

- (HW) Metal duro sin recubrimiento que contiene principalmente carburo de tungsteno (WC).
- (HT) Metal duro sin recubrimiento, también denominado cermet, compuesto principalmente por carburo de titanio (TiC), nitruros de titanio (TiN), o ambos.
- (HC) como los anteriores, pero con recubrimiento.
- (CA) Cerámica de óxido que

contiene principalmente óxido de aluminio (Al_2O_3).

- (CM) Cerámica mixta que contiene principalmente óxido de aluminio (Al_2O_3) y también otros componentes no óxidos.
- (CN) Cerámica de nitruro que contiene principalmente nitruro de silicio (Si_3N_4).
- (CC) Cerámicas iguales a las anteriores, pero con recubrimiento.

- (DP) Diamante policristalino ¹
- (BN) Nitruro de boro cúbico ¹

¹) El diamante policristalino y el nitruro de boro cúbico también se denominan materiales de corte superduro.

Metal duro sin recubrimiento

Características y ventajas



- Se utiliza en aplicaciones moderadas y difíciles sobre acero, HRSA, titanio, fundición y materiales no ferrosos en torneado, fresado y taladrado.
- Buena combinación de resistencia al desgaste por abrasión y tenacidad.
- Presenta filos agudos.
- Buena seguridad del filo, pero limitada resistencia al desgaste con una velocidad elevada.
- Representa una parte reducida del programa completo de calidades.



► Metal duro con recubrimiento

Características y ventajas



- Uso general para todo tipo de piezas y materiales en aplicaciones de torneado, fresado y taladrado.
- Muy buena combinación de resistencia al desgaste y tenacidad en distintas tareas.
- Consta de una gran variedad de calidades con sustratos de duros a tenaces, normalmente con gradiente sinterizado y distintos recubrimientos de tipo CVD y PVD.
- Presenta muy buenas características de desgaste y una vida útil de la herramienta prolongada.
- Domina el programa de plaquitas cada vez más.

Cermet



- Se utiliza en aplicaciones de acabado y semiacabado donde se requiere una tolerancia estrecha y buen acabado superficial.
- Químicamente estable con un sustrato duro y resistente al desgaste.
- Consta de metal duro con base de titanio (TiC, TiCN) y cobalto como aglutinante.
- El recubrimiento de PVD aporta resistencia al desgaste y una mayor vida útil a la herramienta. Propiedades autoafilantes. Comportamiento de tenacidad limitada.
- Cuota muy reducida del programa total de plaquitas.

Cerámica



- En función del tipo de cerámica, las calidades se utilizan sobre todo en fundición y acero, materiales endurecidos y HRSA.
- Las calidades cerámicas suelen ser resistentes al desgaste y resistentes al calor. Amplia área de aplicación con diferentes tipos de materiales y piezas.
- - Las cerámicas son quebradizas y requieren condiciones estables. Con adiciones a la mezcla y cerámica reforzada con filamentos, se mejora la tenacidad.
- Cuota bastante baja de uso de plaquitas, pero su utilización se está extendiendo en los sectores aeroespacial y del acero templado-fundición.

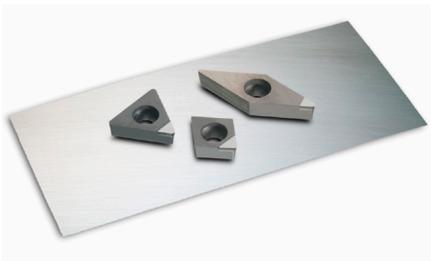
Nitruro de boro cúbico

Características y ventajas



- - Para torneado-acabado de acero templado. Desbaste de fundición gris con velocidades de corte altas. Torneado en desbaste de rodillos en fundición blanca/en coquilla.
- Aplicaciones que requieran valores extremos de resistencia al desgaste y tenacidad.
- El CBN está formado por nitruro de boro con aglutinante de cerámica o nitruro de titanio.
- Resiste alta temperatura de corte con una velocidad de corte elevada.
- - Área de aplicación especial con un volumen de plaquitas reducido. La tendencia es el corte de un mayor volumen de materiales duros.

Diamante policristalino



- Torneado de materiales no ferrosos normales a bajas temperaturas y aluminio hipereutéctico muy abrasivo. Usado en materiales no metálicos y no ferrosos.
- Calidades extremadamente resistentes al desgaste. Sensible a la viruta.
- Plaquita de esquinas soldadas de diamante policristalino (punta de PCD) o con recubrimiento delgado de diamante sobre un sustrato.
- Vida útil de la herramienta prolongada y excelente resistencia al desgaste. Descomposición a altas temperaturas. Se disuelve fácilmente en el hierro.
- Porción bastante reducida del programa de plaquitas, con aplicaciones limitadas especiales.

Desarrollo del material de la herramienta de corte

El desarrollo del material de las herramientas de corte con el paso de los años se puede ver reflejado en la reducción del tiempo empleado para mecanizar una pieza: de 500 mm de largo, con 100 mm de diámetro (19.685 pulgadas de largo, con 3.937 in de diámetro) desde 1900 hasta hoy.

A principios del siglo pasado, el material de la herramienta solo era ligeramente más duro que el material que debía mecanizar. Por eso la vida útil de la herramienta era escasa y era necesario mantener los valores de velocidad de corte y avance muy bajos.

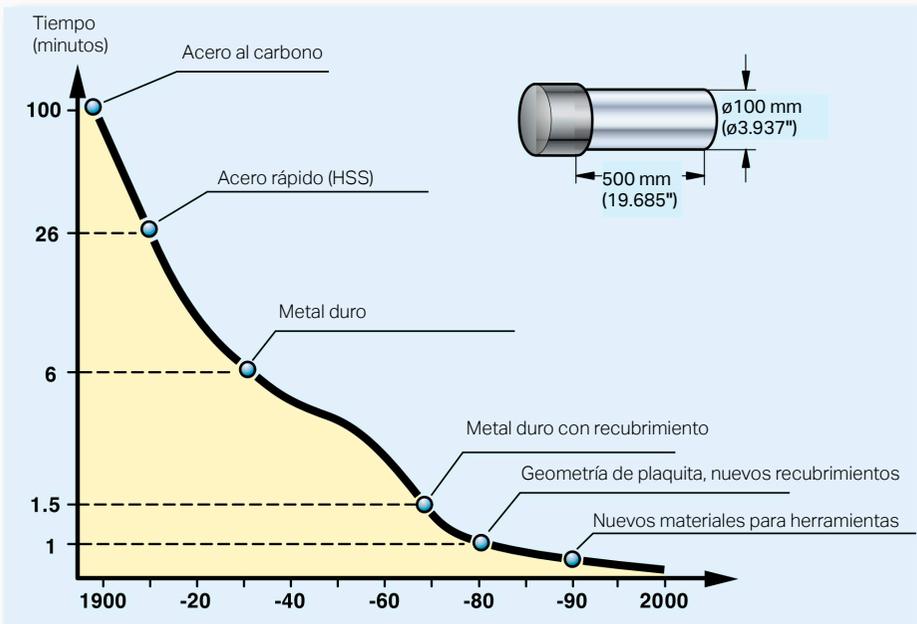
La introducción de acero rápido supuso una importante mejora de cara a reducir el tiempo de mecanizado.

20 años más tarde, el metal duro sin recubrimiento rebajó el tiempo necesario a unos asombrosos seis minutos.

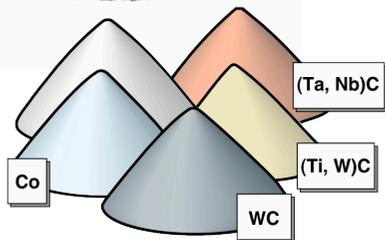
La introducción de metal duro con recubrimiento volvió a reducir el tiempo de mecanizado a 1.5 minutos.

Hoy en día, gracias a geometrías optimizadas y a nuevas técnicas de recubrimiento, hemos alcanzado cifras inferiores a un minuto en el tiempo de mecanizado de una barra de acero de 500 mm (19.685 in).

Además del tradicional metal duro con y sin recubrimiento, los nuevos materiales como el cermet, la cerámica, el nitruro de boro cúbico y el diamante, han contribuido a optimizar y mejorar la productividad.

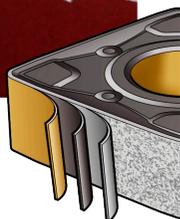
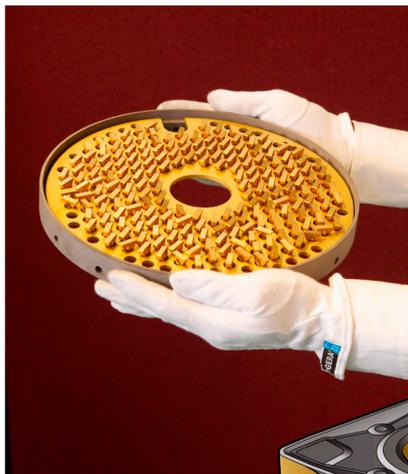


¿Qué es metal duro y qué es calidad?



- El metal duro es un material metalúrgico en polvo que consta de:
 - partículas duras de carburo de tungsteno (WC);
 - un metal aglutinante, cobalto (Co);
 - partículas duras de Ti, Ta, Nb (carburos de titanio, tantalio, niobio).
- Una calidad representa la dureza o tenacidad de la plaquita y está determinada por la mezcla de ingredientes que forman el sustrato.

Recubrimiento del metal duro



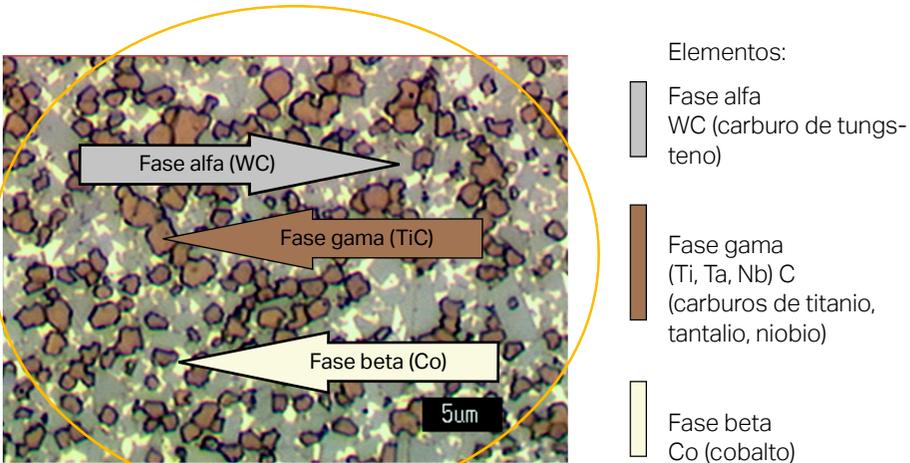
- El recubrimiento del metal duro fue desarrollado en la década de los sesenta.
- - Se añadió una fina capa de nitruro de titanio, de solo un grosor de micras. Esto mejoró el rendimiento del metal duro de la noche a la mañana.
- El recubrimiento aporta mejor resistencia al desgaste y mayor vida útil de la herramienta, y también hace posible el incremento de los datos de corte.
- Las modernas calidades que se utilizan en la actualidad están recubiertas con distintas capas de carburos, nitruros y óxidos.

Microestructura del metal duro

El metal duro se compone de partículas duras (carburos) en una matriz de aglomerante.

El aglomerante suele ser, en mayor o menor cantidad, en todos los casos cobalto (Co) pero también puede ser níquel (Ni). Las partículas duras se componen principalmente de carburo de tungsteno (WC) con una posible adición de una fase gamma (nitruros y carburos de Ti, Ta y Nb).

La fase gamma tiene una mayor resistencia al calor y es menos reactiva a alta temperatura, por ello se suele utilizar en calidades donde la temperatura de corte puede ser alta. El WC tiene mejor resistencia al desgaste por abrasión.

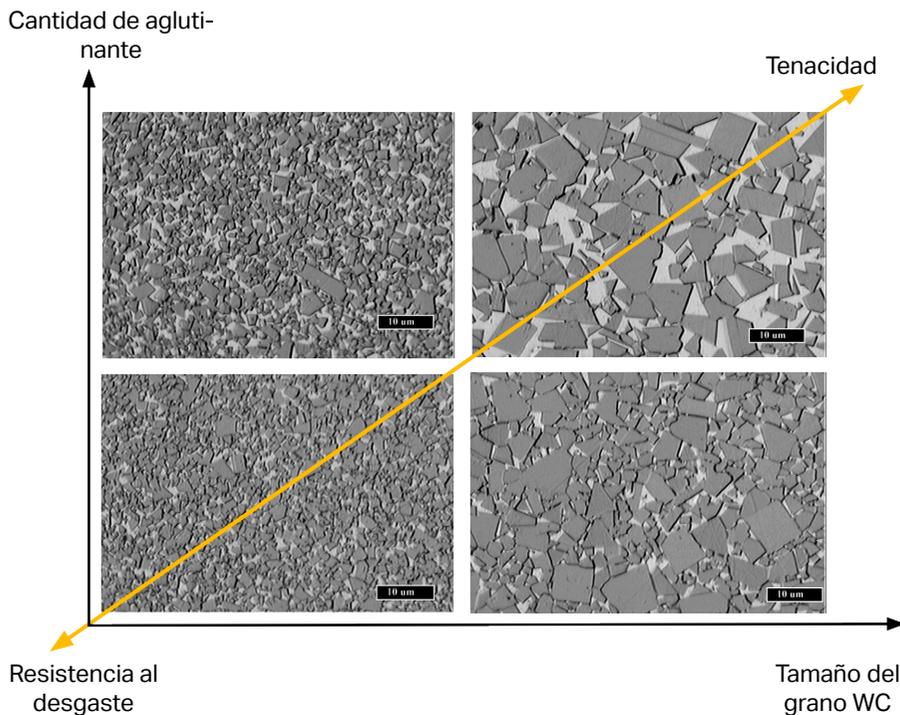


Diámetro de un pelo
= 50-70 μm (.0020-.0028")

Características fundamentales

Además del tamaño del grano del carburo de tungsteno (WC), la cantidad de fase aglutinante (cobalto, Co) es un factor importante para determinar las características del carburo. El contenido de Co en las calidades de Sandvik Coromant suele representar un 4–15 % del peso total.

Un aumento en el contenido de Co y el tamaño del grano WC contribuye al aumento de la tenacidad del núcleo, pero también reduce la dureza. Como resultado, el sustrato ofrece una menor resistencia a la deformación plástica, lo que implica una menor resistencia al desgaste/vida útil de la herramienta práctica.



Diseño del recubrimiento

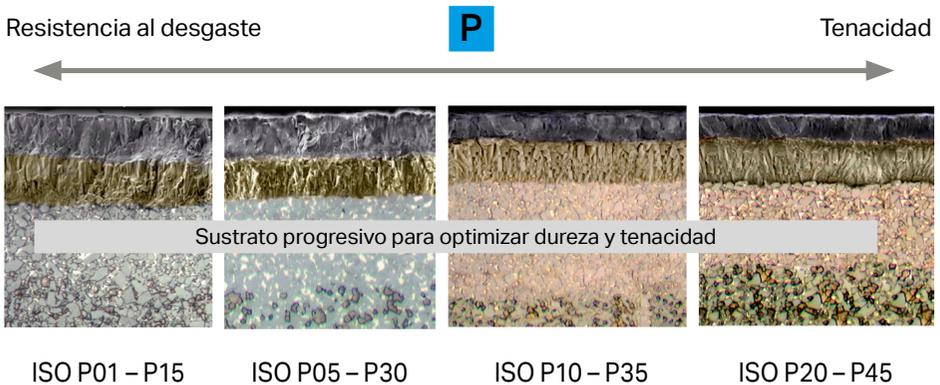


Hay muchos factores que influyen en el comportamiento de la plaquita:

- proceso de recubrimiento;
- material del recubrimiento;
- grosor del recubrimiento;
- tratamiento posterior;
- morfología de la superficie.

Ejemplo de calidades modernas para torneado acero

Estructura y acumulación de las capas de recubrimiento



Los recubrimientos más gruesos suponen una mayor resistencia al desgaste.

Los sustratos de mayor dureza suponen una mayor resistencia frente a la deformación.

A

Material de la herramienta de corte

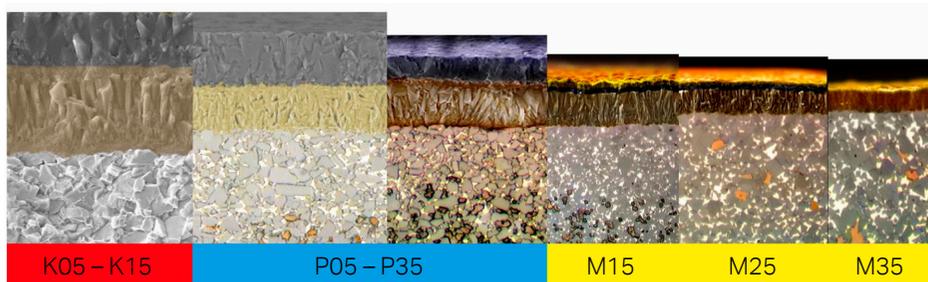
Torneado

Diseño de la calidad

Los recubrimientos y sustratos varían en función del tipo de aplicación

B

Tronzado y ranurado



C

Roscado

Los recubrimientos más gruesos suponen una mayor resistencia al desgaste.

D

Los sustratos de mayor dureza suponen una mayor resistencia frente a la deformación.

Fresado

El recubrimiento de una calidad moderna para torneado

E

La calidad juega un papel muy importante en el rendimiento

Taladrado

F

Mandrinado

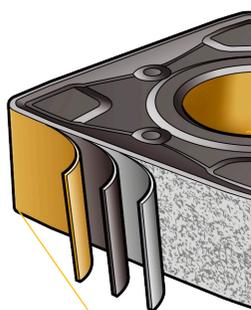
G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

H 50



Al_2O_3

– Recubrimiento que proporciona resistencia al desgaste químico y térmico

TiCN

– Recubrimiento de MTCVD que proporciona resistencia al desgaste mecánico

Gradiente funcional

– Dureza y tenacidad optimizadas

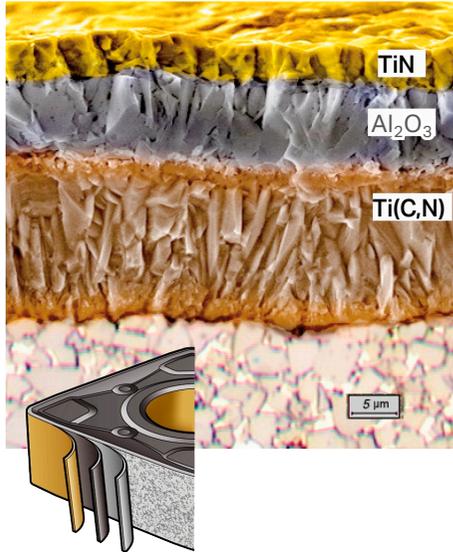
Metal duro

– Resistencia a la deformación plástica

Propiedades de los distintos materiales de recubrimiento

Plaquetas con recubrimiento de CVD

Deposición química en fase de vapor



- Los recubrimientos de CVD más habituales hoy son TiN, Ti(C,N) y Al_2O_3 .
- El TiCN aporta resistencia al desgaste en incidencia.
- Al_2O_3 ofrece protección frente a la temperatura (resistencia a la deformación plástica).
- El TiN permite detectar el desgaste fácilmente.

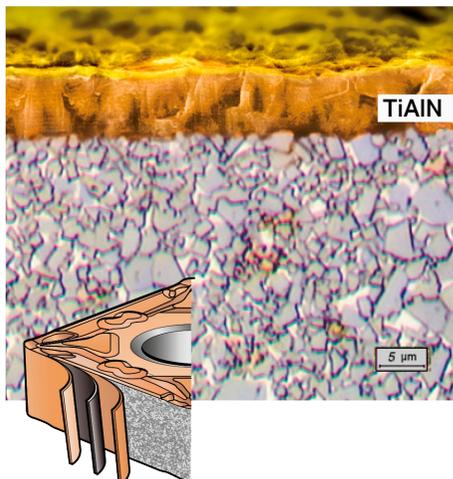
TiN = nitruro de titanio

Ti(C,N) = carbonitruro de titanio

Al_2O_3 = óxido no ferroso

Plaquetas con recubrimiento de PVD

Deposición física en fase de vapor



- Los recubrimientos de PVD suelen ser más tenaces que los recubrimientos de CVD.
- Los recubrimientos de PVD se suelen utilizar en combinación con sustratos de grano fino para cubrir filos "agudos".
- El grosor total de las capas de PVD suele ser de entre 3 – 6 μm (.0001 – .0002 in).
- El recubrimiento se realiza a aprox. 500 °C (932 °F).

TiAlN = Nitruro de titanio aluminio

A

Mantenimiento y desgaste de la herramienta

Torneado

B

Tronzado y
ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

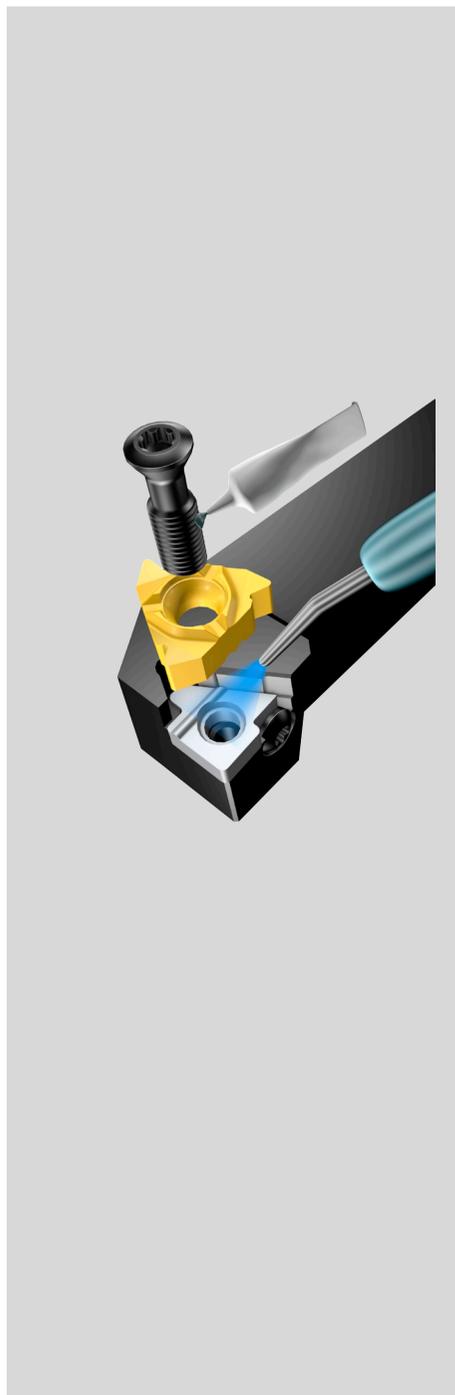
F

Mandrinado

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

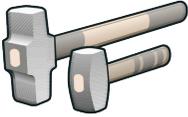
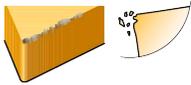
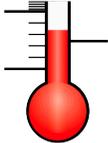
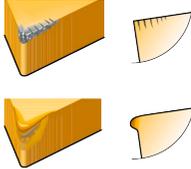
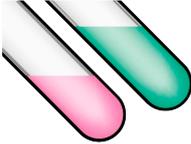
Mantenimiento y desgaste de la herramienta

- Desgaste de la herramienta H 53
- Mantenimiento H 61

H 52

El exigente entorno del mecanizado

Distintos mecanismos de desgaste de la plaquita

Tipo de carga	Símbolo	Imagen del desgaste	Causa
Mecánica			<p>Los esfuerzos mecánicos sobre el filo de la plaquita hacen que se rompa.</p>
Térmica			<p>Las variaciones de temperatura provocan fisuras y el calor genera deformación plástica (PD) en el filo de la plaquita.</p>
Química			<p>La reacción química entre el carburo y el material de la pieza produce desgaste.</p>
Abrasiva			<p>En fundición, las incrustaciones de SiC pueden desgastar el filo de la plaquita.</p>
Adhesiva			<p>Con materiales pastosos se forman capas/ fillos de aportación.</p>

BUE = filo de aportación

PD = deformación plástica

Imágenes del desgaste, causa y solución

Patrones de desgaste más habituales

Desgaste en incidencia (abrasivo)

El desgaste en incidencia es uno de los tipos más comunes de desgaste; tiene lugar en la cara del flanco de la plaquita (herramienta). Este es el patrón preferido de desgaste.



Causa

Durante el corte, se pierde material de la herramienta en la cara del flanco debido a la fricción contra la superficie del material de la pieza de trabajo. El desgaste suele comenzar en la línea del filo y avanzar en sentido descendente de forma gradual.

Solución

Al reducir la velocidad de corte y aumentar el avance simultáneamente, se aumentará la vida útil de la herramienta y se conservará la productividad.

Cráteres de desgaste (químico)



Causa

Los cráteres de desgaste son consecuencia del contacto de la viruta con la cara de desprendimiento de la plaquita (herramienta).

Solución

Al reducir la velocidad de corte y seleccionar una plaquita (herramienta) con la geometría adecuada y un recubrimiento más resistente al desgaste, aumentará la vida útil de la herramienta.

Deformación plástica (térmica)

La deformación plástica es un cambio permanente de la forma del filo que consiste en que este experimenta una deformación hacia dentro (impresión del filo) o hacia abajo (depresión del filo).



Depresión del filo

Causa

El filo experimenta fuerzas de corte y temperaturas altas, lo que provoca un estado de tensión que supera el límite elástico y de temperatura de los materiales de la herramienta.

Solución

Puede evitarse la deformación plástica usando calidades con mayor resistencia al calor. Los recubrimientos aumentan la resistencia a la deformación plástica de la plaquita (herramienta).



Impresión del filo

Formación de escamas

La formación de escamas suele ocurrir cuando se mecanizan materiales con propiedades de empastamiento.



Causa

Puede desarrollarse una carga adhesiva, lo que provoca que el filo experimente tensiones de tracción. Esto puede provocar que el recubrimiento se desprenda y queden expuestos el sustrato o las subcapas.

Solución

Al aumentar la velocidad de corte y seleccionar una plaquita con un recubrimiento más fino se reducirá la formación de escamas en la herramienta.

Fisuras (térmicas)

Las fisuras son aberturas estrechas en las que se han formado nuevas superficies límite mediante rotura. Algunas fisuras se limitan al recubrimiento, mientras que otras se extienden al sustrato. Las fisuras tipo peine son prácticamente perpendiculares a la línea del filo y suelen ser de tipo térmico.



Causa

Las fisuras tipo peine se forman como consecuencia de fluctuaciones rápidas de temperatura.

Solución

Para evitar su aparición, puede usarse una calidad de plaquita más tenaz y aplicar una gran cantidad de refrigerante, o ninguno.

Astillamiento (mecánico)

El astillamiento consiste en daños leves en la línea del filo. La diferencia entre el astillamiento y la rotura es que la plaquita puede seguir usándose en el caso del primero.



Causa

Hay muchas combinaciones de mecanismos de desgaste que pueden provocar astillamiento. Sin embargo, los más comunes son el desgaste termodinámico y por adherencia.

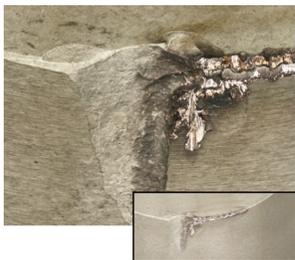
Solución

Pueden tomarse varias medidas preventivas para minimizar el astillamiento, según qué mecanismos de desgaste lo provocaron.



Desgaste en entalla

El desgaste en entalla se caracteriza por daños excesivos y localizados a profundidad máxima de corte, pero también puede aparecer en el filo secundario.



Causa

Depende de si el desgaste químico es superior al desgaste en entalla, lo que suele suceder más a menudo (tal como muestra la fotografía) en comparación con el aumento irregular de desgaste por adherencia o térmico. En este último caso, los materiales que se endurecen al ser mecanizados y la formación de rebabas son factores importantes en relación con el desgaste en entalla.

Solución

Para materiales que se endurecen al ser mecanizados, seleccionar un ángulo de posición más pequeño o variar la profundidad de corte.

Rotura

La rotura se define como la fractura de una parte considerable del filo que provoca que la plaquita no pueda seguir usándose.



Causa

El filo se ha expuesto a una carga superior a la que puede resistir. Esto podría ser consecuencia de haber permitido que el desgaste se desarrollara excesivamente, lo que resulta en fuerzas de corte mayores. También puede suceder prematuramente debido a datos de corte erróneos o a problemas de estabilidad en la configuración.

Solución

Identificar y evitar el tipo de desgaste original; seleccionar los datos de corte correctos y comprobar la estabilidad de la configuración.

Filo de aportación (adherencia)

El filo de aportación (BUE, por su sigla en inglés) es una acumulación de material contra la cara de desprendimiento.



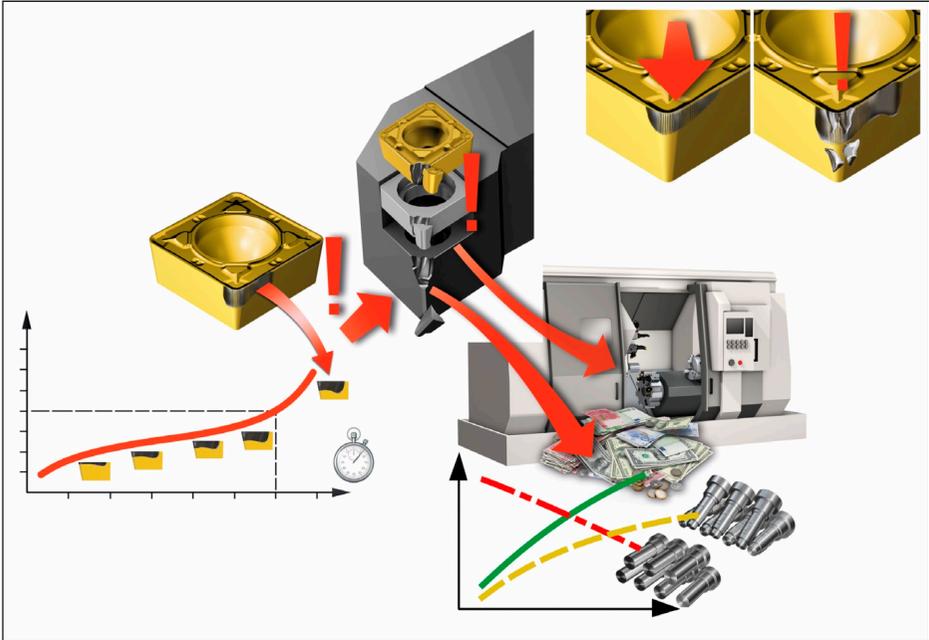
Causa

Puede formarse una acumulación de material sobre el filo que separe el filo del material. Esto tiene como consecuencia una mayor fuerza de corte, lo que provocaría fallos o una liberación y eliminaría partes del recubrimiento e incluso capas del sustrato.

Solución

Aumentar la velocidad de corte puede evitar que se forme filo de aportación. En los materiales blandos y pastosos, puede ayudar un filo más agudo.

Consecuencias de un mantenimiento inadecuado de las herramientas



- Daños en la plaqueta
- Daños en la placa de apoyo
- Daños en el portaherramientas
 - Daños en la pieza
- Daños en la máquina

Resultado:

- Menor producción
- Aumento de costes de producción

A

Torneado

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

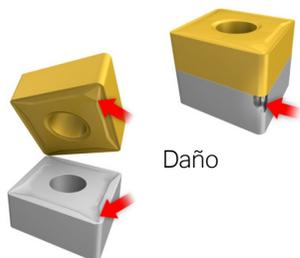
G

Portaherramientas

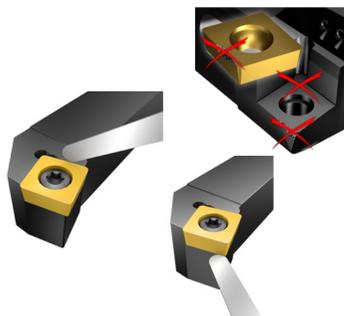
H

Maquinabilidad
Otros datos

Inspección de la herramienta



Marcas de rotura de la viruta



Inspeccione visualmente la placa de apoyo y el alojamiento de la misma

- Compruebe si hay daños en la placa de apoyo.
- Limpie el alojamiento de plaquita, la ubicación dañada y el apoyo del filo.
- Si es necesario, cambie la posición o sustituya la placa de apoyo.
- Compruebe la ubicación correcta de la plaquita contra los puntos de apoyo.
- Es importante comprobar que los ángulos de la placa de apoyo no hayan sufrido golpes durante el mecanizado o la manipulación.

Inspeccione el alojamiento

- Cavidades dañadas o deformación plástica.
- Cavidades sobredimensionadas debido al desgaste. La plaquita no se asienta correctamente en los laterales de la cavidad. Utilice una placa de apoyo de 0,02 mm (.0008 in) para comprobar el espacio.
- Pequeñas separaciones en las esquinas, entre la placa de apoyo y la base del alojamiento.

La importancia de utilizar una llave correcta

¿Por qué se deben utilizar las llaves indicadas?

- Prolonga la vida útil del tornillo y de la llave.
- Reduce el riesgo de pasar la rosca del tornillo.

¿Cuál es el modo correcto de apretar el tornillo de la plaquita?

- Es importante utilizar la llave adecuada.
- Siempre use el par de apriete correcto. Los valores están marcados en la herramienta y aparecen en el catálogo del producto.
- Utilice el sentido común.



Llaves Torx Plus®

Torx Plus de Sandvik Coromant

Nm (lbs-in)

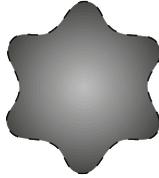
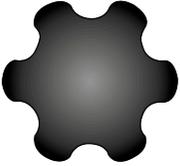


Torx Plus® frente a Torx

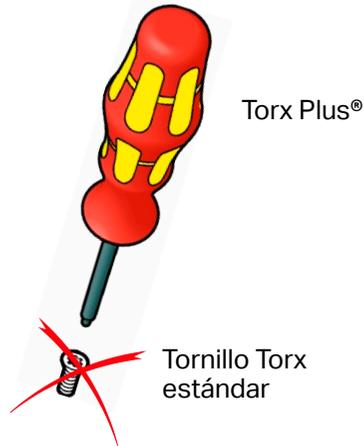
Sección transversal

Torx Plus®

Torx

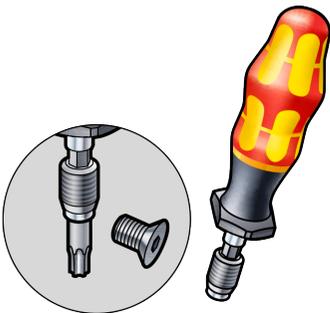


Torx Plus es una marca registrada de Camcar-Textron (EE. UU.)



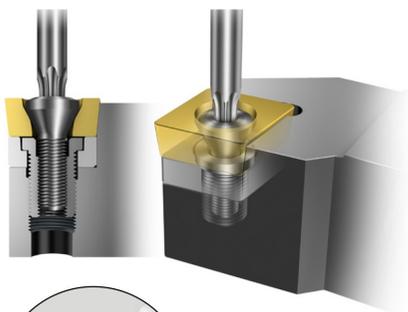
Tornillo Torx estándar

Llaves Torx Plus® con par ajustable



- Las herramientas de tronzado y ranurado requieren una llave dinamométrica ajustable, ya que el par no depende del tamaño del tornillo.
- Se debe utilizar en todos los productos con sujeción por tornillo.

Tornillos de plaqueta/tornillos de sujeción



Importante:

Utilice antiagarrotamiento en la cabeza y en la rosca del tornillo.

- La rosca, la cabeza y la cavidad Torx del tornillo deben estar siempre en buen estado.
- Utilice la llave correcta.
- Compruebe el par de apriete correcto para cada tornillo.
- Aplique suficiente lubricación al tornillo para evitar el agarrotamiento. Debe aplicarse lubricante a la rosca del tornillo, así como a la cara de la cabeza del tornillo.
- Cambie los tornillos que estén desgastados.

Mantenimiento de la herramienta



Caras de contacto

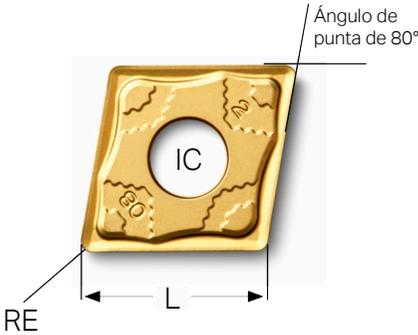
- Compruebe siempre las caras de contacto y apoyo de portaherramientas, fresas y brocas; compruebe que no presenten daños ni suciedad.
- En operaciones de mandrinado es especialmente importante contar con la mejor sujeción posible. Si la barra no está sujeta hasta el extremo del soporte, el voladizo aumentará y se creará vibración.

Seguridad de producción

- Es importante seleccionar el tamaño, la forma, la geometría y el radio de punta de plaquita correctos para conseguir un buen flujo de viruta.
 - Seleccione la plaquita con el ángulo de punta más grande posible para obtener la mayor resistencia y economía.
 - Seleccione el radio de punta más grande posible para que la plaquita tenga mayor resistencia.
 - Seleccione un radio de punta más pequeño si existe tendencia a la vibración.

Estabilidad

- La estabilidad es el factor clave para un mecanizado productivo, ya que afecta al coste de mecanizado y a la productividad.
- Compruebe que se haya eliminado cualquier holgura, voladizo, debilidad, etc. que no se necesite, y que se estén utilizando unas herramientas de tipo y tamaño adecuados para la tarea.



L = longitud del filo de corte (tamaño de plaquita)

RE = radio de punta



Manejo de las plaquitas



Las plaquitas se colocan en compartimentos separados para evitar que haya contacto entre ellas, ya que este puede dañar el metal duro creando microrroturas o astillamiento; esto reduciría el rendimiento y la vida útil de las plaquitas. Se recomienda conservar las plaquitas en el embalaje original hasta que se usen en el proceso de mecanizado.

Resumen de la lista de comprobación de mantenimiento

- Compruebe el desgaste de la herramienta y que la placa de apoyo no esté dañada.
- Compruebe que el alojamiento de la plaquita esté limpio.
- Compruebe la ubicación correcta de la plaquita.
- Compruebe que se utilizan las llaves y los destornilladores correctos.
- Los tornillos de plaquita se deben apretar correctamente.
- Lubrique los tornillos antes de montar la herramienta.
- Compruebe que las caras de contacto estén limpias y sin daños tanto en herramientas como en portaherramientas y husillos de la máquina.
- Compruebe que las barras de mandrinar estén bien sujetas y que los soportes no presenten daños en el extremo.
- Contar con un inventario de herramientas bien organizado, mantenido y documentado también permite ahorrar costes de producción.
- La estabilidad siempre es un factor crítico en cualquier operación de mecanizado.



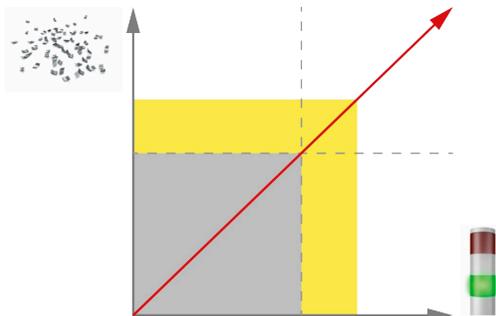
Economía de mecanizado

¿Cómo se puede mejorar la economía de mecanizado?

H 64

H 63

Realizando un mecanizado más productivo en el mismo tiempo de producción



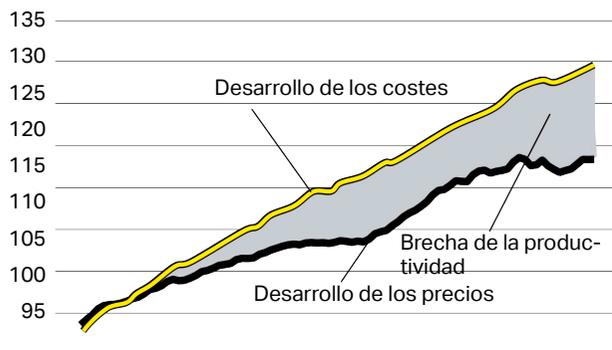
Definición de productividad

El valor del resultado producido dividido por el valor de la inversión o los recursos.

= Resultado/inversión

Ataque al margen de productividad

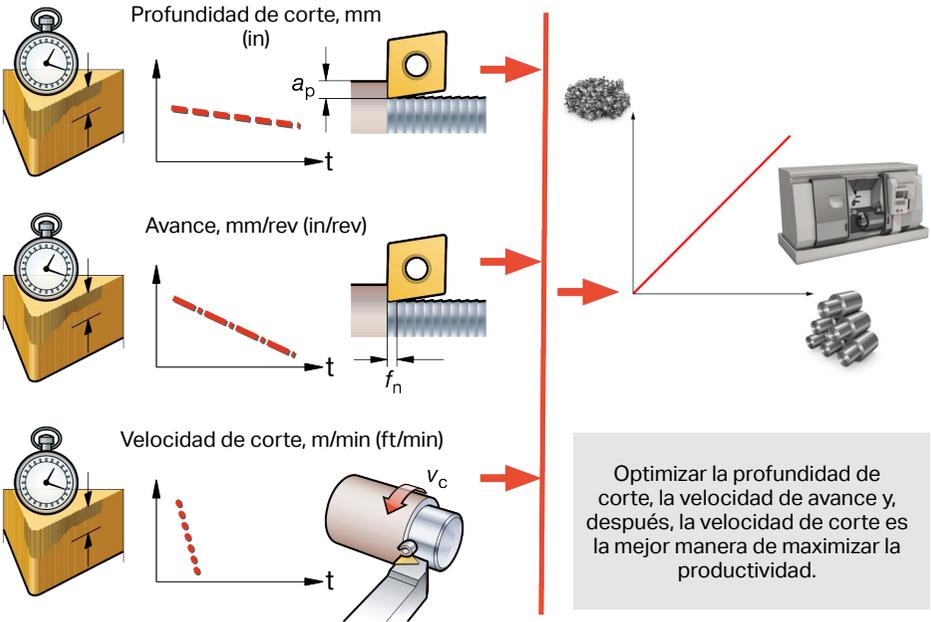
En todas las operaciones industriales, el coste de llevar a cabo la operación (p. ej. mano de obra, materias primas, equipamientos...) aumenta a una mayor velocidad que el precio de los bienes vendidos. Para salvar la brecha, uno necesita aumentar continuamente la eficiencia y conseguir una mayor productividad. Cubrir esta brecha es la única manera de conservar la competitividad y mantenerse en el negocio.



Fuente: industria mecánica en OECD.

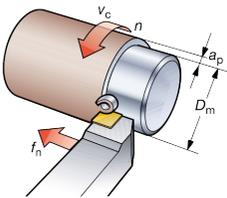
Maximizar la productividad

Los tres parámetros principales del mecanizado (velocidad, avance y profundidad de corte) tienen un efecto sobre la vida útil de la herramienta. La profundidad de corte tiene el efecto más reducido, seguido de la velocidad de avance. La velocidad de corte tiene el mayor efecto con diferencia en la vida útil de la plaquita.



La productividad Q se mide como la cantidad de material eliminado en un periodo de tiempo fijo, cm^3/min (in^3/min).

Torneado



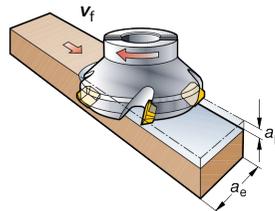
Sistema métrico

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

In

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Fresado



Sistema métrico

$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

In

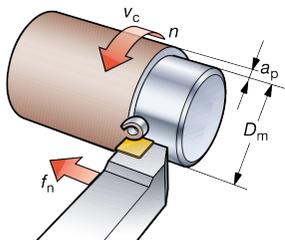
$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Maximizar la productividad, ejemplos

Régimen de arranque de metal para obtener una profundidad de corte fija de 3,0 mm (.118 in) utilizando:

P Acero de baja aleación, MC P2

Dureza, HB 180



Plaquita: CNMG 432-PM 4225 (CNMG 120408-PM 4225)

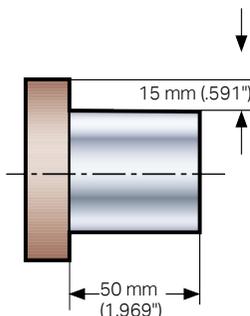
a_p , mm (in)	3.0 (.118)	3.0 (.118)	3.0 (.118)
f_n , mm/r (in/r)	0.15 (.006)	0.3 (.012)	0.5 (.020)
v_c , m/min (ft/min)	425 (1394)	345 (1132)	275 (902)
Q, cm ³ /min (in ³ /min)	191 (12)	310 (19)	412* (25)*

* La velocidad de corte más lenta con el mayor avance = productividad elevada

Uso de una plaquita tipo W trigonal frente a una plaquita de una cara o de dos caras de tipo C

P Acero de baja aleación, MC P2

Dureza, HB 180



Forma trigonal

Plaquita: de doble cara para mecanizado medio.



N.º pasadas/profundidad de corte, a_p 3/4 mm
(.118/.157 in)
Tiempo de mecanizado, T_c 1/3 mm
(.039/.118 in)
22 segundos

Forma rómbica

Plaquita: de doble cara para mecanizado medio.



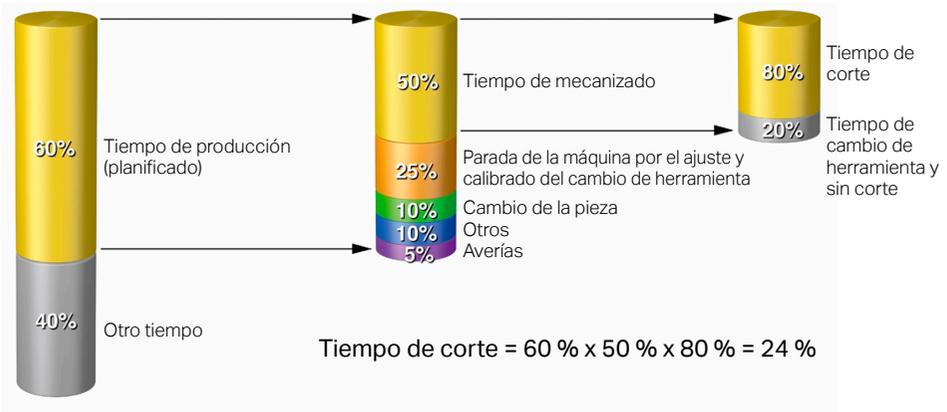
N.º pasadas/profundidad de corte, a_p 3/5 mm
(.118/.197 in)
Tiempo de mecanizado, T_c **16 segundos**

Plaquita: de una cara para mecanizado en desbaste.



N.º pasadas/profundidad de corte, a_p 2/7.5 mm
(.079/.295 in)
Tiempo de mecanizado, T_c **8 segundos**

Tiempo que aporta valor



Economía de mecanizado



• Costes variables

Generados únicamente durante la producción:

- herramientas de corte, consumibles (3 %);
- materiales de las piezas (17 %).

• Costes fijos

Costes existentes incluso si no hay producción:

- máquina y portaherramientas (27 %);
- mano de obra (31 %);
- instalaciones, administración, etc. (22 %).

Utilización de la máquina-herramienta

Coste, vida útil de la herramienta o productividad

El coste de la herramienta, un valor que se mide con facilidad, está siempre cuestionado respecto al precio o los descuentos, pero aunque el precio se redujera un 30 %, solo influiría en el coste de la pieza un 1 %.

Obtenemos un resultado similar de reducción de un 1 % de coste si se incrementa la vida útil de la herramienta un 50 %.

Si se incrementan los datos de corte solo un 20 %, la reducción del coste de la pieza será enorme y permitirá un ahorro de un 15 % de piezas.

• Reducción de costes:

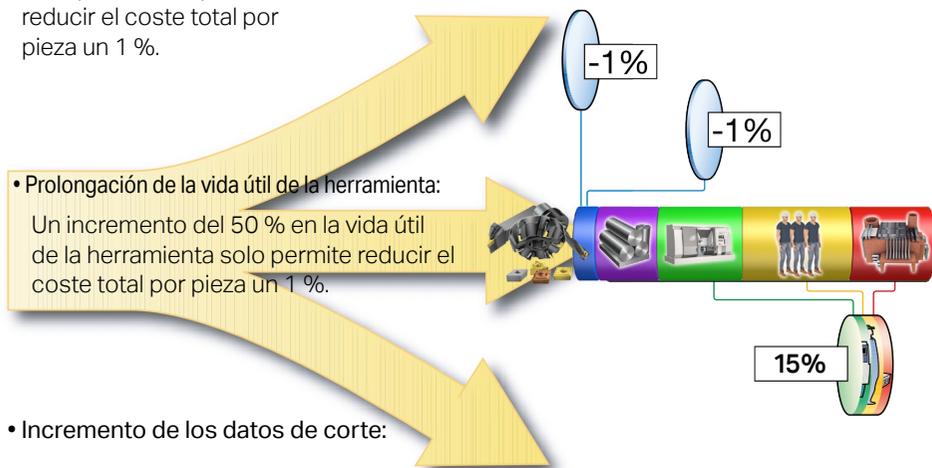
Una reducción del 30 % en el precio solo permite reducir el coste total por pieza un 1 %.

• Prolongación de la vida útil de la herramienta:

Un incremento del 50 % en la vida útil de la herramienta solo permite reducir el coste total por pieza un 1 %.

• Incremento de los datos de corte:

Un incremento del 20 % en los datos de corte permite reducir el coste total por pieza más de un 15 %.



Utilización de la máquina-herramienta

Coste, vida útil de la herramienta o productividad

Ejemplo:

El taller gasta 10.000 \$ en fabricar 1000 piezas.

El coste de la máquina es 10,00 \$ por pieza.



Variable	Hoy	Menor precio	Vida útil	Incremento datos de corte
- Herramientas	\$.30	\$.21	\$.20	\$.45
- Materiales	\$ 1.70	\$ 1.70	\$ 1.70	\$ 1.70
Fijos				
- Maquinaria	\$ 2.70	\$ 2.70	\$ 2.70	\$ 2.16
- Mano de obra	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 3.10	\$ 2.48
- Instalaciones	\$ 2.20	\$ 2.20	\$ 2.20	\$ 1.76
Coste por pieza	\$ 10.00	\$ 9.91	\$ 9.90	\$ 8.55

Ahorros

1%

1%

15%

Economía de mecanizado

Datos de corte y coste

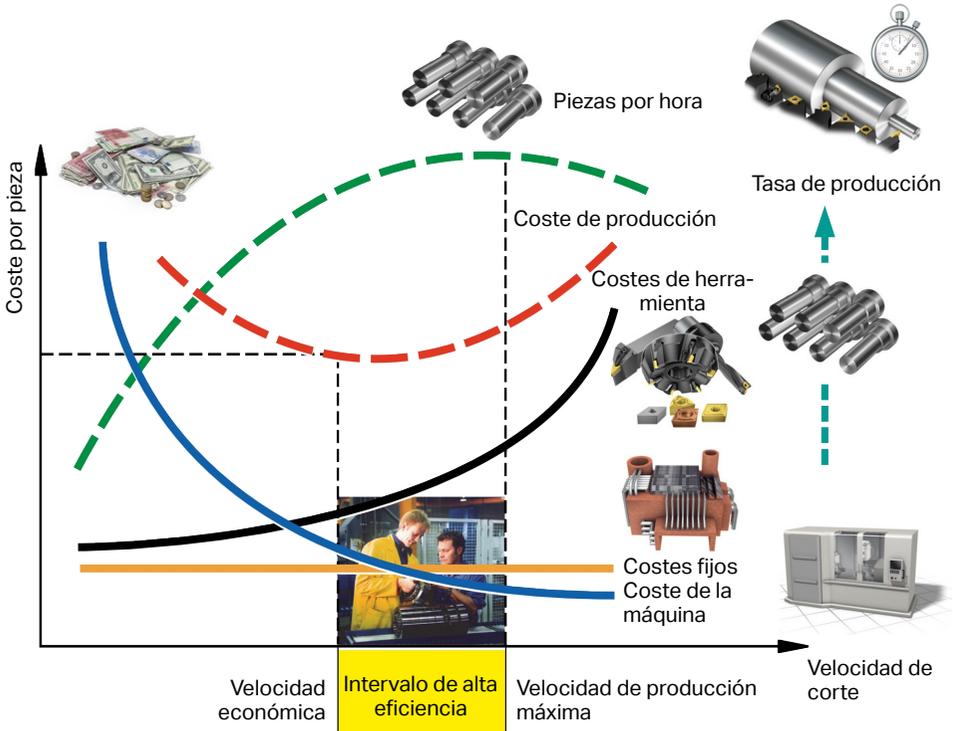
- La velocidad de corte no tiene ningún efecto sobre los costes fijos.
- A medida que se incrementa la velocidad de corte, se producen más piezas por hora y de este modo se reduce el coste por pieza.
- A medida que se incrementa la velocidad de corte, se utilizan más herramientas y de este modo se incrementa el coste por pieza.

Si sumamos todos los costes obtendremos la curva de **coste de producción total**.

1. Al aumentar la velocidad, se incrementa el número de **piezas por hora** hasta alcanzar un punto en el que se empieza a dedicar un tiempo desproporcionado al cambio de herramientas y la tasa de producción comienza a reducirse.

2. El punto más bajo de la **curva de coste de producción** corresponde a la velocidad de corte económica.
3. El punto más alto de la **curva de coste de producción** corresponde a la velocidad de corte máxima.

Las velocidades que se encuentran entre estos dos puntos forman el **intervalo de alta eficiencia** que es donde se debería intentar trabajar.



Fundamento de las recomendaciones de datos de corte

Compensación de la velocidad de corte para una mayor vida útil de la herramienta o un mayor régimen de arranque de metal

Vida útil

- Todos los datos de corte recomendados están basados en una vida útil de la herramienta de 15 min.
- En el cuadro de más abajo, 15 min de vida útil de la herramienta = factor de 1.0.
- Multiplicamos el factor para los minutos que necesitamos por la velocidad de corte recomendada.

Mayor vida útil de la herramienta (ejemplo)

- Nuestros datos de corte recomendados son 225 m/min (738 ft/min).
- Para aumentar la vida útil de la herramienta un 30 %, consultamos el factor para una vida útil de la herramienta de 20 minutos = 0,93.
- Multiplicamos el factor para los minutos que necesitamos por la velocidad de corte recomendada.
- $225 \text{ m/min} \times 0,93 = 209 \text{ m/min}$
($738 \text{ ft/min} \times 0,93 = 686 \text{ ft/min}$).

Vida útil de la herramienta (min)	10	15	20	25	30	45	60
Factor de corrección	1.11	1.0	0.93	0.88	0.84	0.75	0.70

Mayor régimen de arranque de metal por unidad de tiempo

- Los datos de corte recomendados están basados en una vida útil de la herramienta de 15 min.
- Para obtener un mayor régimen de arranque de metal, nos desplazaríamos en sentido opuesto en el cuadro. Reducimos los minutos de vida útil de la herramienta para lograr un régimen mayor de arranque de metal.
- Multiplicamos el factor para los minutos que necesitamos por la velocidad de corte recomendada.

Mayor régimen de arranque de metal (ejemplo)

- Los datos de corte recomendados son 225 m/min (738 ft/min).
- Para aumentar el régimen de arranque de metal un 10 %, consultamos el factor para 10 minutos = 1.11.
- Multiplicamos el factor para los minutos que necesitamos por la velocidad de corte recomendada.
- $225 \text{ m/min} \times 1,11 = 250 \text{ m/min}$
($738 \text{ ft/min} \times 1,11 = 819 \text{ ft/min}$).

Compensación de la velocidad de corte para una dureza de material diferente

Dureza

- Las recomendaciones de velocidad de corte están basadas en los materiales de referencia y sus durezas correspondientes.
- La dureza de los materiales metálicos se mide en la escala de dureza Brinell (HB) o en la escala C de dureza Rockwell (HRC); ejemplo: ISO/ANSI P = 180 HB, ISO/ANSI H = 60 HRC.
- La columna de dureza (HB) es la dureza básica para cada grupo de materiales y las velocidades de corte se recomiendan según esta dureza (nota: su material puede ser más o menos duro).
- Cada grupo de materiales ISO/ANSI se asocia con un factor de multiplicación para los casos de materiales con mayor o menor dureza (ejemplo: ISO/ANSI P = 180 HB y tiene un factor de 1.0).
- Use el cuadro de más abajo para obtener los factores de corrección y multiplique por la velocidad de corte recomendada para la calidad de plaquita elegida.

ISO/ ANSI	MC(1)	HB(2)	Dureza reducida			Dureza incrementada					
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

1) MC = código de clasificación del material

2) HB = Dureza Brinell

3) HRC = Dureza Rockwell

Ejemplo de tabla de conversión para las escalas de dureza

Las especificaciones de los materiales pueden aparecer de distintas formas, como por ejemplo: HB, HRC, resistencia a la tracción o fuerzas de corte específicas.

Resistencia a la tracción		Vickers	Brinell	Rockwell	
N/mm ²	lbs/in ²	HV	HB	HRC	HRB
255	36,975	80	76.0	–	–
270	39,150	85	80.7	–	41.0
285	41,325	90	85.5	–	48.0
305	44,225	95	90.2	–	52.0
320	46,400	100	95.0	–	56.2
350	50,750	110	105	–	62.3
385	55,825	120	114	–	66.7
415	60,175	130	124	–	71.2
450	65,250	140	133	–	75.0
480	69,600	150	143	–	78.7
510	73,950	160	152	–	81.7
545	79,025	170	162	–	85.0
575	83,375	180	171	–	87.5
610	88,450	190	181	–	89.5
640	92,800	200	190	–	91.5
660	95,700	205	195	–	92.5
675	97,875	210	199	–	93.5
690	100,050	215	204	–	94.0
705	102,225	220	209	–	95.0
720	104,400	225	214	–	96.0
740	107,300	230	219	–	96.7
770	111,650	240	228	20.3	98.1
800	116,000	250	238	22.2	99.5
820	118,900	255	242	23.1	–
835	121,075	260	247	24.0	(101)
850	123,250	265	252	24.8	–
865	125,425	270	257	25.6	(102)
900	130,500	280	266	27.1	–
930	134,850	290	276	28.5	(105)
950	137,750	295	280	29.2	–
965	139,925	300	285	29.8	–
995	144,275	310	295	31.0	–

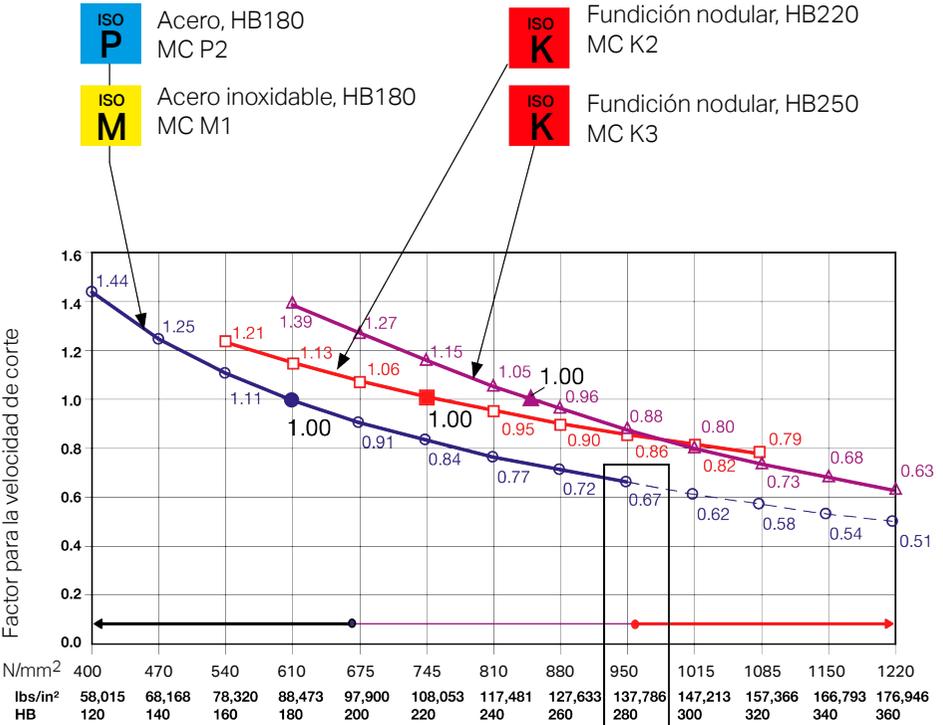
Material de la pieza del cliente
(combinar con la información
del cuadro)

Resistencia a la tracción = 950
N/mm² (137,750 lbs/in²)

HB = 280, HRC = 29.2

Ejemplo de tabla de conversión: hallar el factor para la dureza

Diagrama para P, M y K



Fuerzas de corte específicas N/mm² (lbs/in²)
 Dureza Brinell (HB)

Material de la pieza del cliente
 Acero 4140
 Resistencia a la tracción = 950 N/mm² (137,786 lbs/in²)
 HB = 280, HRC = 29.2

Cálculo del factor de dureza = 0.67

Compensación de la velocidad de corte para una dureza de material diferente

Ejemplo:

- Los datos de corte recomendados son 415 m/min (1360 ft/min) para material de acero P 180 HB.
- Material de la pieza del cliente = 280 HB material de acero P.
- Cálculo del factor de dureza, material del cliente = 280 HB – Material de referencia 180 HB = +100 HB de aumento de dureza (factor = 0.67).
- Use el factor para recalcular la velocidad de corte para la dureza del material 415 m/min x 0,67 = 278 m/min (1360 ft/min x 0.67 = 911 ft/min).

ISO/ ANSI	MC(1)	HB(2)	Dureza reducida ←				Dureza incrementada →				
			-60	-40	-20	0	+20	+40	+60	+80	+100
P	P2	HB 180	1.44	1.25	1.11	1.0	0.91	0.84	0.77	0.72	0.67
M	M1	HB 180	1.42	1.24	1.11	1.0	0.91	0.84	0.78	0.73	0.68
K	K2	HB 220	1.21	1.13	1.06	1.0	0.95	0.90	0.86	0.82	0.79
	K3	HB 250	1.33	1.21	1.09	1.0	0.91	0.84	0.75	0.70	0.65
N	N1	HB 75			1.05	1.0	0.95				
S	S2	HB 350			1.12	1.0	0.89				
H	H1	HRC(3) 60			1.07	1.0	0.97				

1) MC = código de clasificación del material

2) HB = Dureza Brinell

3) HRC = Dureza Rockwell

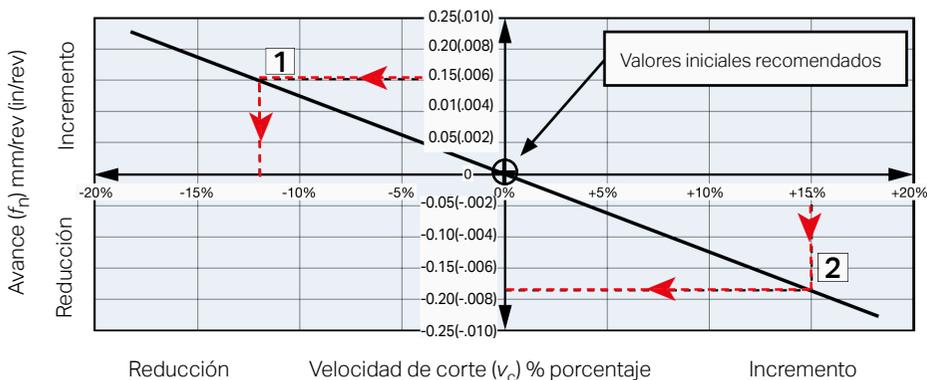
Compensación de datos de velocidad de corte y avance en torneado

Cómo utilizar el diagrama

Este diagrama muestra un método sencillo para ajustar los valores de inicio de las recomendaciones de velocidad de corte y avance.

de la formación de viruta; esto es aplicable para todos los valores tomados del diagrama.

Los datos de corte recomendados para las plaquitas están basados en una vida útil de la herramienta de 15 min (de tiempo de corte), así como en el mantenimiento



Ejemplo 1: Incremento en productividad

- Incremento de la velocidad de avance un 0.15 (.006") para obtener un nuevo valor inicial de 0.45 mm/r (.018 in/r).
- Cálculo de la nueva velocidad de corte de -12 % del diagrama combinando el avance con la línea de valores iniciales y el eje de la velocidad de corte.
- Nuevos datos de corte = 0.45 mm/r (.018 in/r) y $415 \times .88 = 365$ m/min ($1360 \times .88 = 1197$ ft/min). Arranque de metal +30 %.

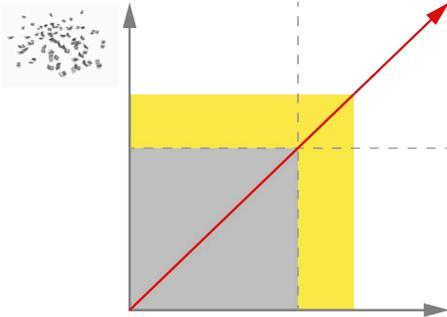
Ejemplo 2: Mejor acabado superficial

- Aumento de la velocidad de corte un 15 % para obtener un nuevo valor inicial de 477 m/min (1564 ft/min).
- Cálculo del nuevo avance de corte de -0.175 (-.0075") del diagrama combinando la velocidad con la línea de valores iniciales y el eje del avance.
- Nuevos datos de corte = 477 m/min (1564 ft/min) y $0.3 - 0.175 = 0.125$ mm/r (.012" - .0075" = .0045 in/r). Acabado superficial optimizado.

⊕ Valores iniciales recomendados

CNMG 12 04 08-PM
(CNMG 432 - PM)
Calidad P15
3 mm (.118"): profundidad de corte
0.3 mm/r (.012 in/r): velocidad de avance
415 m/min (1360 ft/min): velocidad de corte

¿Cómo puede mejorar su productividad?

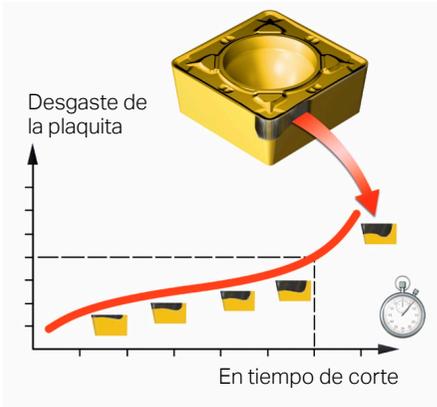


Aspectos que se deben tener en cuenta

- Identifique la dureza HB del material, las fuerzas de corte específicas o la resistencia a la tracción N/mm^2 (lbs/in^2).
- Seleccione la geometría correcta.
- Seleccione la calidad correcta.
- Use los valores de los datos de corte recomendados y compense los cambios en los factores de dureza de los materiales.
- Cree un entorno estable para las piezas y las herramientas.



Consejos de mecanizado para prolongar la vida útil de la herramienta



- Identifique la dureza HB del material, las fuerzas de corte específicas o la resistencia a la tracción N/mm^2 (lbs/in^2).
- Use los valores de los datos de corte recomendados y compense los cambios en los factores de dureza de los materiales.
- Cree un entorno estable para las piezas y las herramientas.
- Elija la combinación correcta de radio de punta y geometría.
- Utilice fresado a favor en lugar de fresado en contraposición siempre que sea posible.
- Utilice todos los ángulos disponibles de la plaqueta.
- Considere las operaciones de achaflanado con las plaquetas desgastadas.

Buena estabilidad = Mecanizado productivo

A

ISO 13399: la norma de la industria

Torneado

B

Tronzado y
ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Portaherramientas

H

Maquinabilidad
Otros datos

ISO 13399: la norma de la industria

ISO 13399

H 79



H 78

ISO 13399: la norma de la industria

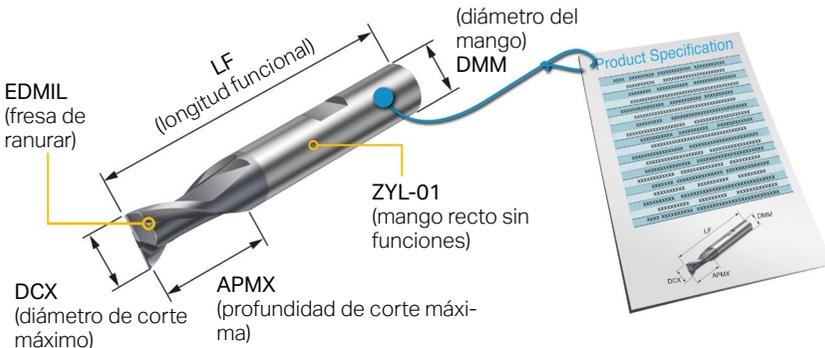
Las diferencias en la terminología entre los proveedores de herramientas de corte dificultan la recopilación y transmisión de información. Además, conseguir una funcionalidad mucho más avanzada en los sistemas de fabricación modernos pasa por disponer de un acceso a información relevante y precisa.



Un idioma común es algo muy valioso desde el punto de vista de la comunicación entre sistemas, pero también facilitará el día a día a los usuarios. ISO 13399 es la norma internacional que simplifica el intercambio de datos para las herramientas de corte; es un método con reconocimiento mundial para describir los datos de las herramientas de corte.

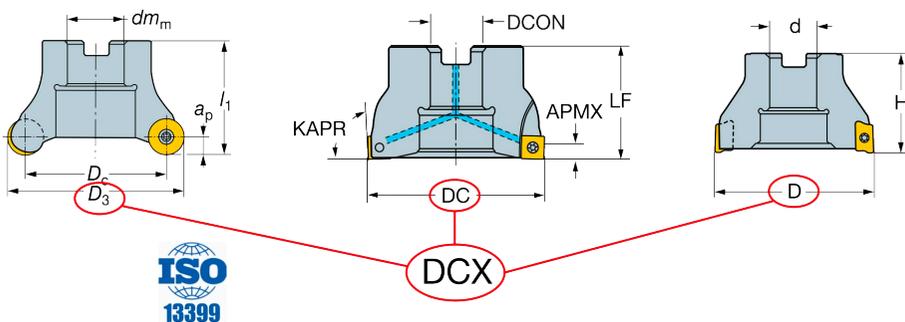
ISO 13399: su efecto en la industria

Esta norma internacional define los atributos de la herramienta, como la longitud funcional, el diámetro de corte o la profundidad máxima de corte de manera estandarizada. Cada herramienta se define según los parámetros estandarizados.



ISO 13399: su efecto en la industria

Cuando toda la industria comparte los mismos parámetros y definiciones, la comunicación de la información de las herramientas entre distintos sistemas de software pasa a ser un proceso muy sencillo. En la imagen puede ver que tres proveedores diferentes usan distintos nombres para un diámetro: D3, DC y D, respectivamente. Esto provoca mucha confusión a los programadores. Con ISO 13399, el diámetro siempre se llamará DCX.



Encontrará una lista completa de parámetros en www.sandvik.coromant.com

Fórmulas y definiciones

Glosario de términos	H 82
Torneado	H 84
Fresado	H 86
Taladrado	H 88
Mandrinado	H 90

Aprendizaje electrónico

Información sobre aprendizaje electrónico y aplicación	H 92
--	------

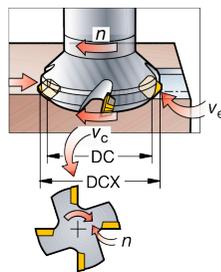
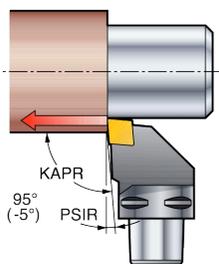
$$v_f = n \times f_z \times z_n$$

$$n = \frac{v_c \times 10^3}{\pi \times D_m}$$

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{10^3}$$

Glosario de términos

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$



a_e (Empañe) empañe de la herramienta de corte en la pieza medido en dirección paralela al plano P_{fe} (movimiento principal/dirección de corte resultante) y en perpendicular a la dirección del movimiento de alimentación. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

a_p (Profundidad de corte) ancho de corte perpendicular a la dirección del movimiento de alimentación. Nota: En aplicaciones de taladrado, la profundidad de corte radial se indica mediante a_p , el mismo símbolo que se utiliza para profundidad de corte axial/ancho de corte en fresado. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

DC (diámetro de corte) diámetro de la circunferencia creada por un punto de referencia de corte que gira alrededor del eje de un elemento de herramienta rotativa. Nota: Este diámetro se refiere a la superficie periférica mecanizada. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

D_{cap} (Diámetro de corte a la profundidad de corte) diámetro a la distancia a_p desde el plano P_{fe} a través del punto PK, medido en el plano de base 1 (Bp1). Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

D_m (Diámetro mecanizado) diámetro mecanizado de la pieza. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

F_f (Fuerza de avance) componente de la fuerza total obtenido mediante proyección perpendicular sobre la dirección del movimiento de alimentación (es decir, en la dirección del vector v_f). Fuerza de avance para un empañe específico; medición en newton (N) y libra-fuerza (lbf).

f_n (Avance por vuelta) transporte de la herramienta en la dirección del movimiento de alimentación durante una revolución de rotación. Independiente del número de filos efectivos de la herramienta. En el caso del torneado, la

distancia se mide cuando la pieza completa una revolución. Medición en mm/revolución o en pulgadas/revolución.

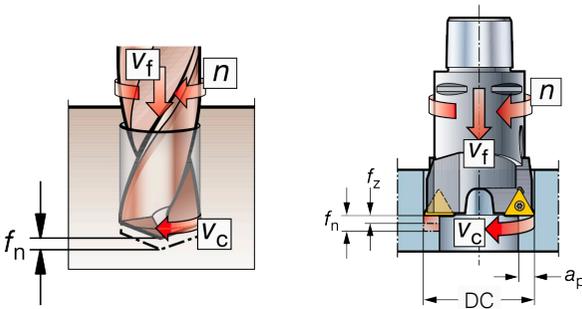
f_z (Avance por diente) el transporte de un filo efectivo (Z_c) en la dirección del movimiento de alimentación para el centro de rotación de la herramienta que se mueve por la pieza durante la realización de una revolución completa de la herramienta. En el caso del torneado, la distancia se mide cuando la pieza completa una revolución. Medición en mm/diente o en in/diente.

h_{ex} (Espesor máximo de la viruta) es el espesor máximo de la viruta no deformada en los ángulos rectos del filo; influido por el empañe radial, la preparación del filo de la plaquita y el avance por diente. Debemos recordar, sin embargo, que las distintas anchuras radiales de corte y los diferentes ángulos de posición (inclinación) requieren ajustes en la velocidad de avance para mantener un grosor adecuado de la viruta. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

h_m (Espesor medio de la viruta) es el espesor medio de la viruta no deformada en los ángulos rectos del filo; influido por el empañe radial, la preparación del filo de la plaquita y el avance por diente. Debemos recordar, sin embargo, que las distintas anchuras radiales de corte y los diferentes ángulos de posición (inclinación) requieren ajustes en la velocidad de avance para mantener un grosor adecuado de la viruta. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

KAPR (ángulo de posición) Ángulo entre el plano del filo y el plano de avance de la herramienta medido en un plano paralelo al plano xy.

k_c (Fuerza de corte específica) fuerza de corte/área para un grosor dado de la viruta en dirección tangencial (Fuerza de corte específica, coeficiente para la combinación de material y herramienta); se mide en newtons/milímetros



$$P_c = \frac{V_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

cuadrados (N/mm²) y en libras/pulgadas cuadradas (lbs/in²).

k_{c1} (Fuerza de corte específica, coeficiente) fuerza de corte/área para un grosor de viruta de 1 mm (.0394") en dirección tangencial. (Constante del material: fuerza de corte específica, coeficiente. Tradicionalmente llamado k_c 1.1); se mide en newtons/milímetros cuadrados (N/mm²) y en libras/pulgadas cuadradas (lbs/in²).

l_m (Longitud mecanizada) longitud del empañe de corte en todas las pasadas. Medición en milímetros (mm) o en pulgadas.

M_c (Aumento de la fuerza de corte específica) aumento de la fuerza de corte específica como función para la reducción del grosor de la viruta. Puede encontrarse en los materiales de trabajo de referencia en las tablas de datos de corte; se mide como una proporción. Está íntimamente relacionado con el coeficiente de fuerza de corte específica (k_{c1}).

n (Velocidad del husillo) frecuencia de rotación del husillo. Se mide en revoluciones/minuto (rpm).

P_c (Potencia de corte) potencia de corte generada por la eliminación de viruta. Se mide en kilovatios (kW) o en caballos (Hp)

PSIR (ángulo de posición) Ángulo entre el plano del filo y un plano perpendicular al plano de avance de la herramienta medido en un plano paralelo al plano xz.

Q (velocidad de arranque de material) se define como el volumen del material arrancado dividido por el tiempo de mecanizado. Otra manera de definir Q es imaginar una velocidad de arranque de material "instantánea" como la velocidad a la que se mueve el área transversal del material que se está arrancando por la pieza. Se mide en centímetros cúbicos/minuto (cm³/min) y en pulgadas cúbicas/minuto (in³/min).

T_c (Tiempo de corte total) periodo de tiempo de empañe de corte en todas las pasadas. Se mide en minutos.

v_c (Velocidad de corte) la velocidad instantánea del movimiento de corte de un punto seleccionado del filo respecto a la pieza. Se mide en metro de superficie/minuto o en pies/minuto.

v_f (Avance de mesa/velocidad de penetración) la distancia, en milímetros o pulgadas, a la que se mueve una herramienta de corte por la pieza en un minuto. Medición en mm/minuto o en in/minuto.

γ_0 (ángulo de desprendimiento efectivo) La fuerza específica se reduce un 1 % por cada grado del ángulo de desprendimiento. Se mide en grados.

Z_c (recuento de filos efectivos) número de filos efectivos alrededor del elemento de la herramienta.

Z_n (recuento de plaquitas montadas) número de filos del eje del elemento de la herramienta.

Fórmulas y definiciones en torneado: SISTEMA MÉTRICO

Velocidad de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000}$$

Velocidad del husillo, rpm

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Tiempo de mecanizado, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Régimen de arranque de metal, cm³/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Fuerzas de corte específicas

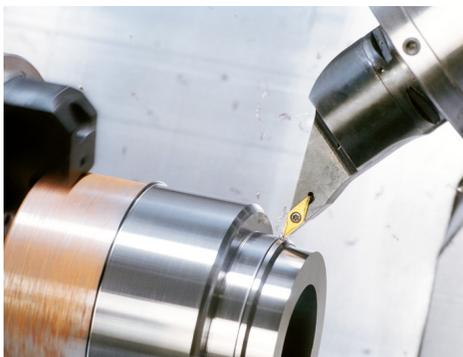
$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100}\right)$$

Espesor medio de la viruta

$$h_m = f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Potencia neta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
D_m	Diámetro mecanizado	mm
f_n	Avance por vuelta	mm/r
a_p	Profundidad de corte	mm
v_c	Velocidad de corte	m/min
n	Velocidad del husillo	rpm
P_c	Potencia neta	kW
Q	Régimen de arranque de metal	cm ³ /min
h_m	Espesor medio de la viruta	mm
h_{ex}	Espesor máximo de la viruta	mm
T_c	Tiempo de mecanizado	min
l_m	Longitud mecanizada	mm
k_c	Fuerza de corte específica	N/mm ²
KAPR	Ángulo de posición	grados
γ_0	Ángulo de desprendimiento efectivo	grados

Fórmulas y definiciones en torneado: PULGADAS

Velocidad de corte, ft/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12}$$

Velocidad del husillo, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_m}$$

Tiempo de mecanizado, min

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

Régimen de arranque de metal, in³/min

$$Q = v_c \times a_p \times f_n \times 12$$

Fuerzas de corte específicas

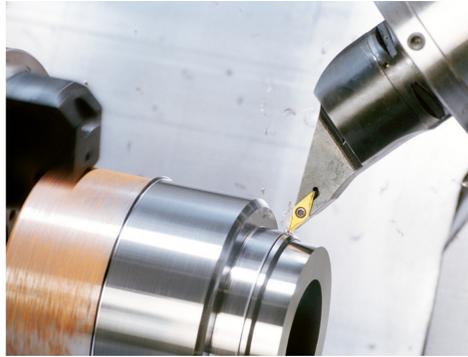
$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{0.0394}{h_m} \right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{\gamma_0}{100} \right)$$

Espesor medio de la viruta

$$h_m = f_n \times \sin(90 \text{ PSIR})$$

Potencia neta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{33 \times 10^3}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
D_m	Diámetro mecanizado	in
f_n	Avance por vuelta	in/r
a_p	Profundidad de corte	in
v_c	Velocidad de corte	ft/min
n	Velocidad del husillo	rpm
P_c	Potencia neta	HP
Q	Régimen de arranque de metal	in ³ /min
h_m	Espesor medio de la viruta	in
h_{ex}	Espesor máximo de la viruta	in
T_c	Tiempo de mecanizado	min
l_m	Longitud mecanizada	mm
k_c	Fuerza de corte específica	lbs/in ²
PSIR	Ángulo de inclinación	grados
γ_0	Ángulo de desprendimiento efectivo	grados

Fórmulas y definiciones en fresado: SISTEMA MÉTRICO

Avance de mesa, mm/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Velocidad de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{1000}$$

Velocidad del husillo, r/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Avance por diente, mm

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Avance por vuelta, mm/rev

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Régimen de arranque de metal, cm³/min

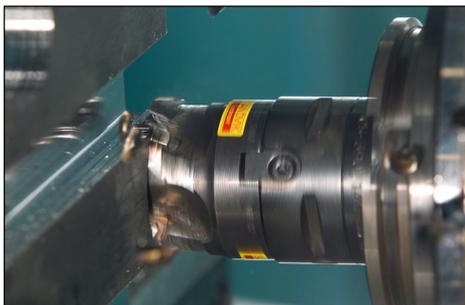
$$Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$$

Potencia neta, kW

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

Par de apriete, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
a_e	Empañe	mm
a_p	Profundidad de corte	mm
D_{cap}	Diámetro de corte a la profundidad de corte a_p	mm
DC	Diámetro de fresa	mm
f_z	Avance por diente	mm
f_n	Avance por vuelta	mm/r
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	m/min
v_f	Avance de mesa	mm/min
z_c	Número de dientes efectivos	unidades
h_{ex}	Espesor máximo de la viruta	mm
h_m	Espesor medio de la viruta	mm
k_c	Fuerza de corte específica	N/mm ²
P_c	Potencia neta	kW
M_c	Par	Nm
Q	Régimen de arranque de metal	cm ³ /min
KAPR	Ángulo de posición	grados

Fórmulas y definiciones en fresado: PULGADAS

Avance de mesa, in/min

$$v_f = f_z \times n \times z_c$$

Velocidad de corte, ft/min

$$v_c = \frac{\pi \times D_{\text{cap}} \times n}{12}$$

Velocidad del husillo, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times D_{\text{cap}}}$$

Avance por diente, in

$$f_z = \frac{v_f}{n \times z_c}$$

Avance por vuelta, in/rev

$$f_n = \frac{v_f}{n}$$

Régimen de arranque de metal, in³/min

$$Q = a_p \times a_e \times v_f$$

Potencia neta, HP

$$P_c = \frac{a_e \times a_p \times v_f \times k_c}{396 \times 10^3}$$

Par, lbf ft

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
a_e	Empañe	in
a_p	Profundidad de corte	in
D_{cap}	Diámetro de corte a la profundidad de corte a_p	in
DC	Diámetro de fresa	in
f_z	Avance por diente	in
f_n	Avance por vuelta	in
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	ft/min
v_f	Avance de mesa	in/min
z_c	Número de dientes efectivos	unidades
h_{ex}	Espesor máximo de la viruta	in
h_m	Espesor medio de la viruta	in
k_c	Fuerza de corte específica	lbs/in ²
P_c	Potencia neta	HP
M_c	Par	lbf ft
Q	Régimen de arranque de metal	in ³ /min
PSIR	Ángulo de inclinación	grados

Fórmulas y definiciones en taladrado: SISTEMA MÉTRICO

Velocidad de penetración, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocidad de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Velocidad del husillo, r/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Fuerza de avance, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} f_n \times \sin KAPR$$

Régimen de arranque de metal, cm³/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Potencia neta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{240 \times 10^3}$$

Par de apriete, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
DC	Diámetro de broca	mm
f_n	Avance por vuelta	mm/r
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	m/min
v_f	Velocidad de penetración	mm/min
F_f	Fuerza de avance	N
k_c	Fuerza de corte específica	N/mm ²
M_c	Par	Nm
P_c	Potencia neta	kW
Q	Régimen de arranque de metal	cm ³ /min
KAPR	Ángulo de posición	grados

Fórmulas y definiciones en taladrado: PULGADAS

Velocidad de penetración, in/min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocidad de corte, ft/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Velocidad del husillo, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Fuerza de avance, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times \frac{DC}{2} \times f_n \times \sin \text{PSIR}$$

Nota: DC debe convertirse a milímetros

Régimen de arranque de metal, in³/min

$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Potencia neta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times DC \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3}$$

Par, lbf ft

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
DC	Diámetro de broca	in
f_n	Avance por vuelta	in/r
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	ft/min
v_f	Velocidad de penetración	in/min
F_f	Fuerza de avance	N
k_c	Fuerza de corte específica	lbs/in ²
M_c	Par	lbf ft
P_c	Potencia neta	HP
Q	Régimen de arranque de metal	in ³ /min
PSIR	Ángulo de inclinación	grados

Fórmulas y definiciones en mandrinado: SISTEMA MÉTRICO

Velocidad de penetración, mm/min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocidad de corte, m/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{1000}$$

Velocidad del husillo, r/min

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times DC}$$

Avance por vuelta, mm/r

$$f_n = z_c \times f_z$$

Régimen de arranque de metal, cm³/min

$$Q = \frac{v_c \times DC \times f_n}{4}$$

Potencia neta, kW

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{60 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Par de apriete, Nm

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

H 90



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
DC	Diámetro de broca	mm
f_n	Avance por vuelta	mm/r
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	m/min
v_f	Velocidad de mesa	mm/min
F_f	Fuerza de avance	N
k_c	Fuerza de corte específica	N/mm ²
M_c	Par	Nm
P_c	Potencia neta	kW
Q	Régimen de arranque de metal	cm ³ /min
KAPR	Ángulo de posición	grados
z_c	Número de dientes efectivos ($z_c = 1$ para mandrinado escalonado)	unidades

Fuerza de avance, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin KAPR$$

Fórmulas y definiciones en mandrinado: PULGADAS

Velocidad de penetración, in/
min

$$v_f = f_n \times n$$

Velocidad de corte, ft/min

$$v_c = \frac{\pi \times DC \times n}{12}$$

Velocidad del husillo, rpm

$$n = \frac{v_c \times 12}{\pi \times DC}$$

Avance por vuelta, in/rev

$$f_n = z_c \times f_z$$

Régimen de arranque de metal,
in³/min

$$Q = v_c \times DC \times f_n \times 3$$

Potencia neta, HP

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_c}{132 \times 10^3} \left(1 - \frac{a_p}{DC} \right)$$

Par, lbf ft

$$M_c = \frac{P_c \times 16501}{\pi \times n}$$



Símbolo	Designación/ definición	Unidad
DC	Diámetro de broca	in
f_n	Avance por vuelta	in/r
n	Velocidad del husillo	rpm
v_c	Velocidad de corte	ft/min
v_f	Velocidad de mesa	in/min
F_f	Fuerza de avance	N
k_c	Fuerza de corte específica	lbs/in ²
M_c	Par	lbf ft
P_c	Potencia neta	HP
Q	Régimen de arranque de metal	in ³ /min
PSIR	Ángulo de inclinación	grados
z_c	Número de dientes efectivos ($z_c = 1$ para mandrinado esca- lonado)	unidades

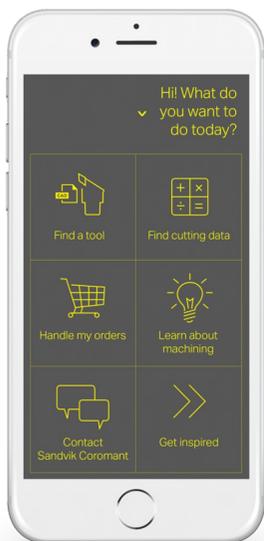
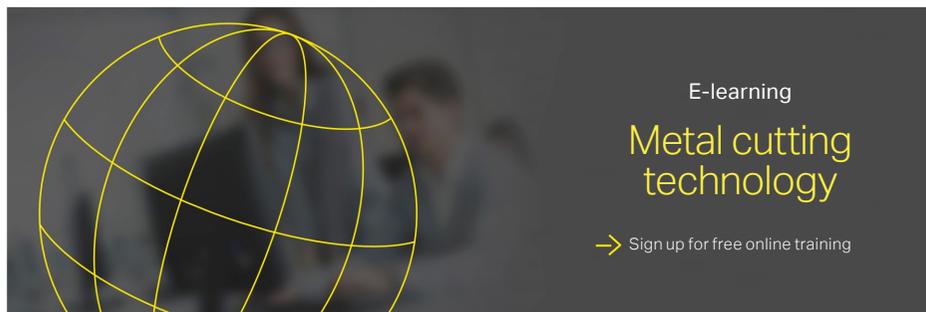
Fuerza de avance, N

$$F_f \approx 0.5 \times k_c \times a_p \times f_n \times \sin \text{KAPR}$$

Formación en línea de nivel universitario

El aprendizaje electrónico sobre tecnología de mecanizado es el complemento perfecto de la formación en el aula, o la solución ideal para adquirir nuevas habilidades desde cualquier lugar. Aprenda los conceptos fundamentales de la tecnología del mecanizado con nuestros completos 75 cursos, que cubren la mayoría de áreas de aplicación del mecanizado. Guarde sus progresos y siga sus resultados mientras avanza.

Regístrese en metalcuttingknowledge.com para comenzar su aprendizaje gratuito.



Ayuda en la palma de su mano

El aprendizaje del mecanizado requiere la mentalidad de un ingeniero y mucha ayuda en el proceso. Sandvik Coromant ofrece varias calculadoras y aplicaciones avanzadas muy útiles para los dispositivos móviles de manera gratuita.

Si necesita ayuda, consulte sandvik.coromant.com/apps

Oficina central:
AB Sandvik Coromant
SE-811 81 Sandviken, Suecia
Correo electrónico: es.coromant@sandvik.com
www.sandvik.coromant.com/es

C-2920:40 es-ES © AB Sandvik Coromant 2017.11

