



FRESADO

Introducción D 2

APLICACIONES

Presentación D 3

Fresado de distintos materiales D 32

Fresado en escuadra D 42

Planeado D 54

Fresado de perfiles y tornofresado D 66

Fresado de ranuras y roscas D 84

Métodos específicos D 100

Resolución de problemas D 128

PRODUCTOS

Fresas en escuadra 90° D 134

CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 290, CoroMill® 690,
Fresa Coromant de filo largo para acabado, CoroMill® 790, CoroMill® Century

Fresas para planear y fresado en "plunge" 10° - 75° D 146

CoroMill® 170, CoroMill® 345, CoroMill® 245, CoroMill® 365, AUTO, CoroMill® 360,
T-Max 45, CoroMill® 210, Fresa Coromant para operaciones en "plunge"

Fresas de plaquita redonda D 163

CoroMill® 200, CoroMill® 300

Fresas de punta esférica D 166

CoroMill® 216, CoroMill® 216F acabado

Fresas para ranuras, lateral/frontal y roscas

CoroMill® 327, CoroMill® 328, CoroMill® 329, fresa T-Max Q, CoroMill® 331 D 168

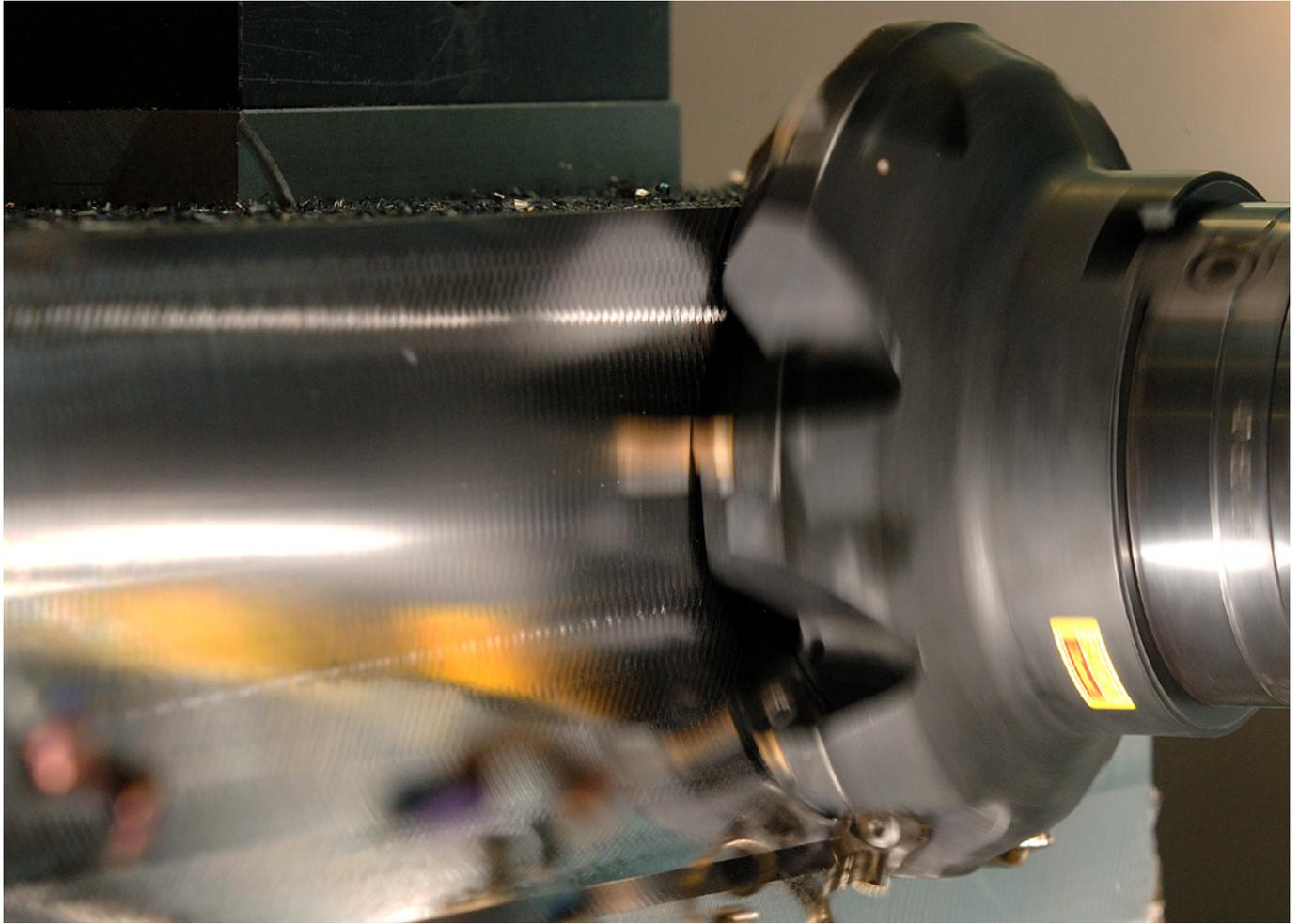
Fresas enterizas de metal duro y de cabeza intercambiable

CoroMill® 325, CoroMill® Plura, CoroMill® 316 D 180

Nuevas opciones D 190

Información sobre calidades D 192

Recomendaciones de avance D 196



Introducción

Cuando se presentaron las primeras fresas CoroMill a principios de los 90, se definió un nuevo estándar en el mercado en cuanto a productividad, precisión y fiabilidad. Desde entonces, la gama CoroMill ha crecido y se ha desarrollado de forma notable. La extensa gama actual de soluciones de fresado puede afrontar cualquier necesidad y tendencia de mecanizado.

Las tecnologías singulares e innovadoras han sido siempre la base de todos los conceptos CoroMill y los últimos desarrollos no son una excepción, por ejemplo, los eficientes diseños de plaquita y asiento de la punta que fundamentan el rendimiento incomparable de las fresas, como CoroMill 345, CoroMill 490, CoroMill 690, etc. El nuevo sistema de acoplamiento de cabeza intercambiable (EH), clave para la versatilidad de la gama CoroMill 316, es otro ejemplo de innovación en los desarrollos de Sandvik Coromant.

Junto con una amplia gama de geometrías y calidades de plaquitas, siempre hay disponible una solución CoroMill, para cualquier material de la pieza y condición de mecanizado.

Tendencias

Máquinas y métodos de mecanizado

- Mayor flexibilidad con centros de mecanizado de 5 ejes y máquinas multi-tarea
- Máquinas más pequeñas, menos estables: técnicas de fresado ligero y rápido; menor profundidad de corte
- Menos máquinas/preparaciones para completar una pieza
- Mayor longitud en las herramientas

Piezas y materiales

- Materiales más ligeros y resistentes, con más resistencia a la corrosión
- Piezas de paredes delgadas
- Buen acabado en fundición y forja

Presentación

Métodos de fresado

El fresado es el método de mecanizado más flexible que existe y permite crear prácticamente cualquier tipo de volumen. La contrapartida de esta flexibilidad es que el proceso implica muchas variables y por ello es más complejo optimizarlo. En este capítulo se identifican estas variables para facilitar la elección del mejor método y herramienta, según la aplicación.

En esta presentación se ofrece información general sobre productos de fresado, tipos de máquinas, definiciones de variables y recomendaciones generales, consulte las páginas D 3 – D 31.

Las recomendaciones de fresado desde el punto de vista del material de la pieza se incluyen en el apartado Fresado de distintos materiales, consulte las páginas D 32 – D 41. Allí se responde a preguntas como: ¿Se debe utilizar refrigerante para fresar titanio? ¿Qué tipo de fresa es más adecuada para aluminio? ¿Se pueden utilizar plaquitas de cerámica en fundición? etc.

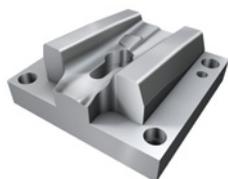
El fresado se solía dividir en planeado, fresado en escuadra, ranurado y fresado de perfiles, pero con el desarrollo de nuevas máquinas y software, el número de métodos se ha multiplicado y hoy en día resulta habitual encontrar operaciones de tornofresado, fresado de roscas, mecanizado en rampa circular, fresado trocoidal, etc. En este capítulo, el fresado se ha dividido en las siguientes áreas:

- Planeado, consulte la página D 54.
- Fresado en escuadra, consulte la página D 42.
- Fresado de perfiles y tornofresado, consulte la página D 66.
- Fresado de ranuras y roscas, consulte la página D 84.
- Métodos específicos, consulte la página D 100.

En la última sección se explican métodos como el mecanizado en rampa, las operaciones en "plunge", el mecanizado trocoidal, etc.



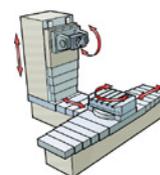
Elección del método=Es necesario tener en cuenta tres áreas distintas para determinar el mejor método y solución de herramientas.



1. Características de la pieza



2. Material, forma y cantidad de piezas



3. Parámetros de mecanizado

Consideraciones iniciales

1. La configuración de la pieza que se va a fresar

El fresado se ha convertido en un método que permite mecanizar una amplia gama de operaciones.

Además de todas las aplicaciones convencionales, el fresado es una alternativa poderosa para generar agujeros, roscas, cavidades y superficies que antes se hacían por torneado, taladrado o con macho de roscar.

Es necesario considerar detenidamente la configuración que se va a fresar. Puede haber zonas profundas que requieren herramientas con extensiones, o salvar interrupciones e incrustaciones.



2. La pieza

Las superficies de la pieza pueden ser exigentes, con costra de fundición o cascarilla de forja.

En los casos en los que la rigidez no sea buena, porque haya secciones delgadas o si la sujeción es débil, será necesario utilizar herramientas y estrategias específicas.

También es necesario analizar el material de la pieza y su maquinabilidad para establecer los datos de corte óptimos.

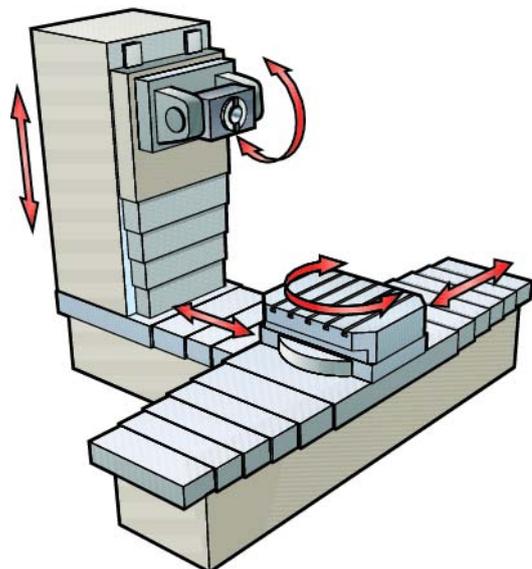


3. La máquina

La máquina tiene gran importancia para la elección del método de fresado. Es posible realizar fresado en escuadra/planeado o fresado de ranuras en máquinas de 3 ejes, mientras que el fresado de perfiles 3D requiere máquinas de 4 ó 5 ejes.

En la actualidad, los centros de torneado suelen tener capacidad de fresado gracias a que las herramientas llevan accionamiento y, a su vez, los centros de mecanizado suelen ser capaces de torneado. Los desarrollos CAM implican que las máquinas de 5 ejes son cada vez más comunes. Ofrecen mayor flexibilidad, pero la estabilidad puede suponer una limitación.

Si desea más información sobre máquinas fresadoras, consulte la página D 10.

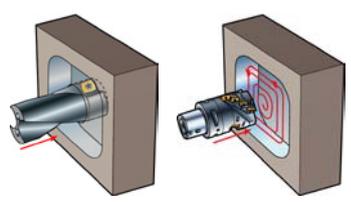
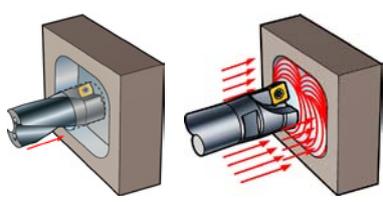
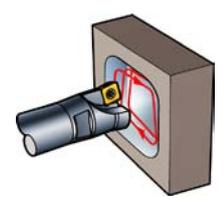


Elección del método: ejemplo

Planeado

Ángulo de posición de 45°	Ángulo de posición de 90°	Ángulo de posición de 10°
 CoroMill® 345	 CoroMill® 490	 CoroMill® 210
Ventajas + Productividad elevada + Optimizada para planear Desventajas – Profundidad de corte moderada	Ventajas + Fresa versátil que se puede utilizar para muchas otras operaciones + Fuerza axial reducida, favorable para piezas de paredes delgadas + Profundidad de corte relativamente grande respecto al tamaño de plaquita	Ventajas + Alta productividad + Avance extremadamente alto + Dirección de fuerza de corte axial, favorable para la estabilidad del husillo Desventajas – Profundidad de corte baja
Alta productividad Elección básica	Versátil Producción mixta	Alta productividad Para solucionar problemas

Apertura de cavidades/alojamientos

Taladrado + fresado circular	Taladrado + fresado en "plunge"	Mecanizado en rampa circular
		
Ventajas + Alto régimen de arranque de viruta para agujeros no circulares + Primera elección para piezas estructurales de titanio en el sector aeroespacial Desventajas – Requiere una máquina estable – Evacuación de la viruta, máquina horizontal – Requiere programación minuciosa	Ventajas + Para solucionar problemas en aplicaciones con voladizos grandes + Programación simple, adecuada para máquinas multihusillo más antiguas	Ventajas + Reducción de herramientas, no es necesario taladrar + Flexible, produce amplia gama de tamaños + No requiere refrigerante, adecuado para máquinas abiertas + Adecuado para todos los conceptos y configuraciones de máquina Desventajas – Menos productivo para cavidades grandes
Elección básica para alojamientos	Para solucionar problemas Grandes voladizos	Elección básica para cavidades 3D

Información general de aplicación: fresado



Fresado en escuadra
consulte la página D 42



Planeado
consulte la página D 54

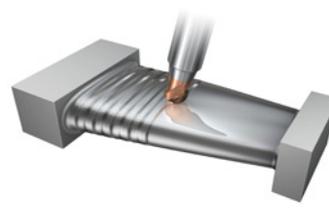
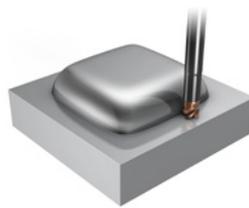
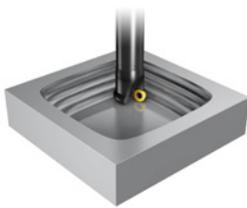


Wiper



Alto avance

Fresado de perfiles y tornofresado
consulte la página D 66



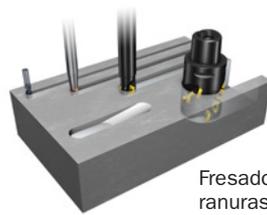
Desbaste y acabado de superficies cóncavas y convexas

Tornofresado

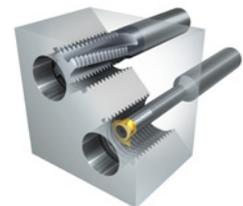
Fresado de ranuras y roscas
consulte la página D 84



Fresado radial de ranuras

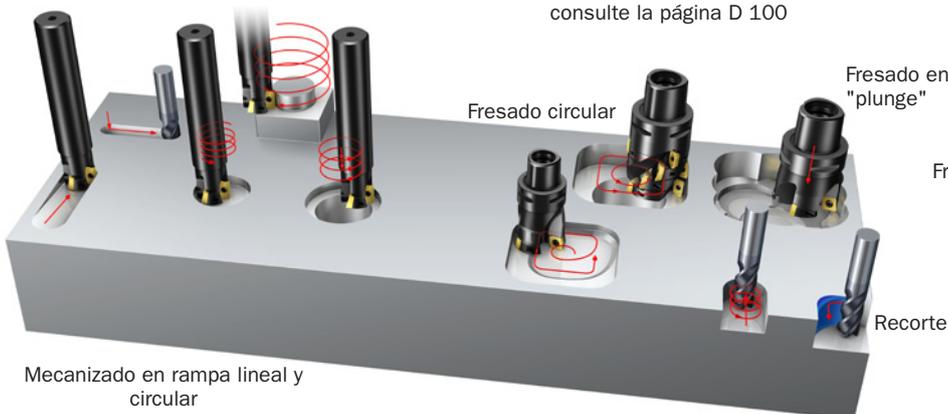


Fresado axial de ranuras



Fresado de roscas

Métodos específicos
consulte la página D 100



Fresado circular

Fresado en "plunge"

Fresado de chaflanes

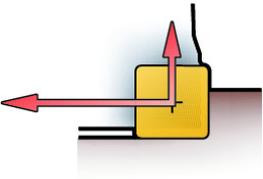
Ángulos cerrados

Recorte

Mecanizado en rampa lineal y circular

Información general de productos: fresado

Fresas de escuadrar

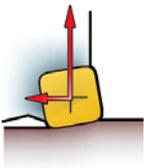
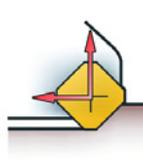
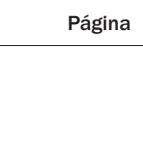
	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 390	CoroMill® 490
Página	D 183	D 187	D 136	D 134
	CoroMill® 690 S	CoroMill® 790 N	CoroMill® Century N	CoroMill® 290
Página	D 140	D 143	D 144	D 139

Las fresas con ángulo de posición de 90° son muy versátiles y las más habituales. En este grupo se incluyen fresas de planear y escuadrar, de ranurar y de filo largo.

- CoroMill 490 es la fresa de primera elección para planear y fresar en escuadra.
- CoroMill 390 es un concepto de fresas de ranurar, fresas de planear y escuadrar, y fresas de filo largo con buena capacidad de mecanizado en rampa. Hay disponibles herramientas antivibratorias y plaquitas con amplia gama de radios para operaciones específicas.

- Las fresas enterizas de metal duro, CoroMill Plura y CoroMill 316, con cabeza intercambiable, cubren la gama de menor diámetro.
- CoroMill 690 es una fresa de filo largo específica para mecanizar titanio.
- CoroMill 790 es la fresa, utilizada sobre todo en aluminio, que tiene mejor capacidad de mecanizado en rampa.
- Otras fresas de este grupo son la fresa Coromant de filo largo y la fresa Sandvik Auto-FS para acabado.

Fresas para planear y fresado en "plunge" 10° - 75°

		CoroMill® Plura Alto avance	CoroMill® 316 Alto avance	CoroMill® 210	CoroMill® 245
Página		D 183	D 187	D 160	D 150
		CoroMill® 345	CoroMill® 360	CoroMill® 365	Auto D 154 T-Max 45 D 158
Página		D 148	D 157	D 152	

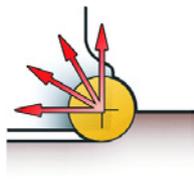
Esta amplia gama de fresas se utilizan sobre todo para operaciones de planeado, pero las fresas con ángulo de posición muy pequeño que resultan adecuadas para fresado en "plunge" también pertenecen a este grupo.

- CoroMill 345 es el concepto básico para planeado general y CoroMill 245 es la elección complementaria.
- CoroMill 365 se utiliza principalmente para fundición.

- CoroMill 360 es la verdadera fresa para trabajos pesados.
- CoroMill 210 y las versiones correspondientes de CoroMill 316 y CoroMill Plura están bien adaptadas para utilizar técnicas de planeado con alto avance. Estas fresas son excelentes para operaciones con mecanizado en rampa y CoroMill 210 también se puede utilizar para fresado en "plunge".



Fresas de radio grande y plaquita redonda



Página

CoroMill® Plura
Radio grande



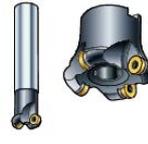
D 182

CoroMill® 316
Radio grande



D 186

CoroMill® 200



D 163

CoroMill® 300

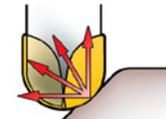


D 164

Las fresas de plaquita redonda son muy versátiles y se utilizan tanto en operaciones de planeado exigente como en perfilado, y tienen excelente capacidad de mecanizado en rampa.

- CoroMill 300 de corte ligero es la primera elección. También disponible en diseño toroidal como alternativa a las fresas de punta esférica.
- CoroMill 200 es la elección tenaz para aplicaciones más exigentes.
- CoroMill Plura y CoroMill 316 con radio grande se pueden considerar fresas de plaquita redonda.

Fresas de punta esférica



Página

CoroMill® Plura



D 182

CoroMill® 316



D 186

CoroMill® de punta
esférica

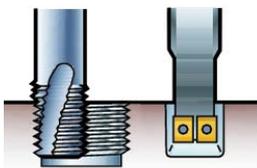
D 166

D 167

Las fresas de punta esférica se utilizan sobre todo en fresado de perfiles de formas 3D (superficies esculpidas).

- Los diseños de punta esférica de CoroMill Plura y CoroMill 316 son adecuados para operaciones de desbaste o acabado.
- La fresa de plaquita intercambiable CoroMill 216 es apropiada para desbaste y semidesbaste, mientras CoroMill 216F es específica para operaciones de acabado.

Fresas para ranurar lateral y frontalmente, y para roscar



Página

CoroMill® Plura



D 95

CoroMill® 327
CoroMill® 328

D 168

CoroMill®
329

D 170

CoroMill®
331

D 172

Estas fresas fueron diseñadas originalmente para mecanizar ranuras profundas o superficiales. Si la ranura sigue un trazado helicoidal, pueden crear una rosca.

- CoroMill 327 y 328 presentan diseños de plaquita optimizados para roscas y ranuras circlip, respectivamente.
- CoroCutter está indicada para fresado general de ranuras y canales superficiales. La fresa Q es una herramienta complementaria para canales que excedan el alcance de CoroCutter.
- CoroMill 331 es un concepto amplio para todo tipo de operaciones de fresado lateral y frontal, incluyendo refrentado inverso.

Mantenimiento de la herramienta

Compruebe los asientos de plaquita con regularidad para verificar que no hayan sufrido daños durante el mecanizado o el manejo. Compruebe que el alojamiento de la plaquita no presente suciedad ni virutas metálicas procedentes del mecanizado.

Cambie los tornillos y arandelas gastados o dañados. Utilice una llave dinamométrica para verificar el apriete correcto.

Para conseguir el mejor rendimiento, recomendamos limpiar y lubricar con aceite todas las piezas macho y hembra por lo menos una vez al año. El lubricante debe aplicarse cuando sea necesario tanto en las roscas como en la superficie de la cabeza de los tornillos.



Llave dinamométrica

Para obtener un mayor rendimiento de la herramienta, se debe utilizar una llave dinamométrica para conseguir la tensión correcta entre el cuerpo de la herramienta y la placa.

Un apriete demasiado elevado afectaría negativamente al rendimiento de la herramienta y podría provocar roturas de la placa, de la arandela o del tornillo.

Si el par es demasiado bajo, la plaquita o la corredera se moverán, se producirán vibraciones y bajará la calidad del resultado. Consulte el par de apriete correcto en el catálogo principal.

Medidas de seguridad: puntos peligrosos

- La viruta presenta temperatura elevada y filos agudos, no se debe retirar con la mano descubierta. Puede ocasionar quemaduras en la piel y lesiones en los ojos.
- Asegúrese de que la plaquita y la pieza se encuentren apretadas y aseguradas en el soporte para impedir que se aflojen durante la operación. Si el voladizo es excesivo, se pueden producir vibraciones y rotura de la herramienta.
- Utilice protecciones de seguridad adecuadas o encapsule la máquina para que queden recogidas las partículas que pudieran salir proyectadas.
- Verifique que la máquina tiene el par requerido y la potencia necesaria para operaciones de fresado en desbaste, gran profundidad de corte o gran diámetro.

¡Advertencia! Velocidad máxima del husillo

A altas RPM, la inercia de la plaquita y de los elementos de sujeción aumentan considerablemente. Se recomienda que los procesos de fabricación a alta velocidad sólo se realicen en instalaciones de máquinas bien protegidas.

Asegúrese antes de montar la plaquita, que ésta y su asiento estén en perfectas condiciones y sin rebabas ni partículas que afecten el amarre.

Se obtiene una sujeción correcta de la plaquita apretando el tornillo de 16 mm a un par de 2 Nm y la plaquita de 22 mm, a 5 Nm.

Nota: recuerde que una plaquita de 19 gramos pesa 350 kg a 37,500 rpm.

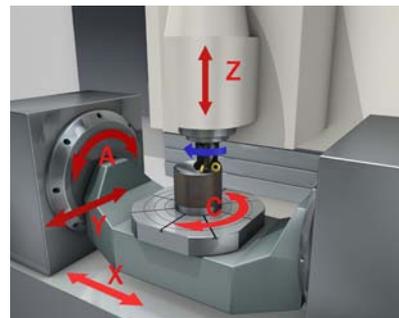
Máquinas para fresar

Configuración de la máquina-herramienta: número de ejes

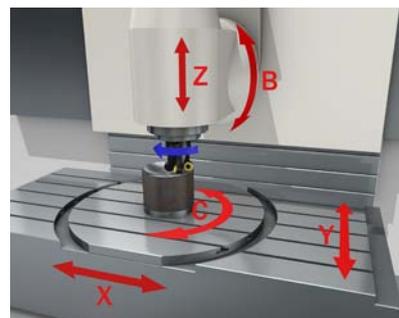
Anteriormente, las máquinas se podían dividir en cuatro categorías: horizontales o verticales, y tornos o fresadoras.

En la actualidad, las máquinas se desarrollan en todas direcciones. Los centros de torneado tienen hoy capacidad de fresado gracias a que las herramientas llevan accionamiento y, a su vez, los centros de mecanizado son capaces de tornearse. Los desarrollos CAM implican que las máquinas de cinco ejes son cada vez más comunes. Es resultado de esta tendencia crea nuevas exigencias y oportunidades para las herramientas:

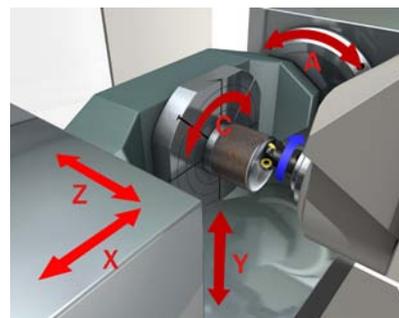
- Mayor flexibilidad
- Menos máquinas/preparaciones para completar una pieza
- Menor estabilidad
- Mayor longitud en las herramientas
- Menor profundidad de corte.



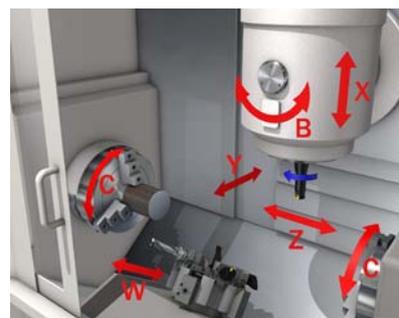
Centro de mecanizado vertical con quinto eje A.



Centro de mecanizado vertical con quinto eje B.



Centro de mecanizado horizontal con 5 ejes.



Máquina multi-tarea con 5 ejes.

Orientación del husillo, ¿horizontal o vertical?

Horizontal:

- Favorable para fresado de piezas más grandes.
- Facilita la evacuación de la viruta en fresado de cavidades y evita el remecanizado.
- Menor masa para acelerar/desacelerar.
- A menudo, cuatro ejes permiten acceder a tres caras.
- Tecnología de palés ergonómica y económica.
- Tipo de máquina más habitual para utilizar fresas de disco.

Pequeños centros de mecanizado verticales:

- Cobertura total pequeña, requiere menos espacio en el taller.
- Muy adecuado para alta velocidad/avance, ligero y rápido.

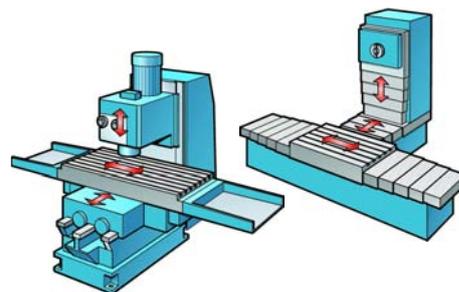
Grandes centros de mecanizado verticales:

- Ofrecen mejor estabilidad mientras la pieza descansa sobre la mesa.
- Adecuados para piezas más grandes y pesadas.
- Tipos en columna para piezas de grandes dimensiones.
- Pueden trabajar con montajes de herramientas más largos y pesados.

Estabilidad

El estado y estabilidad de la máquina afectan a la calidad superficial y también pueden empeorar la vida útil de la herramienta. Excesivo desgaste de los rodamientos del husillo o mecanismo de avance pueden provocar una estructura superficial deficiente.

La estabilidad del conjunto de la herramienta es fundamental. Es necesario considerar factores como voladizo de la herramienta, acoplamiento Coromant Capto, adaptadores antivibratorios etc.



Máquinas vertical y horizontal con 3 ejes.

Potencia y par

Básicamente, los requisitos de potencia en fresado varían con respecto a:

- cantidad de material que es necesario eliminar
- espesor medio de la viruta
- geometría de la fresa
- velocidad de corte.

Cuanto mayor sea la velocidad de arranque de viruta ($Q \text{ cm}^3/\text{min}$), mayor será el requisito de potencia. Una velocidad del husillo baja para desbaste de materiales exóticos refuerza la importancia de disponer de potencia y par suficientes.

Una máquina con par y potencia insuficientes producirá un espesor de viruta variable, que a su vez ocasiona un rendimiento inestable.

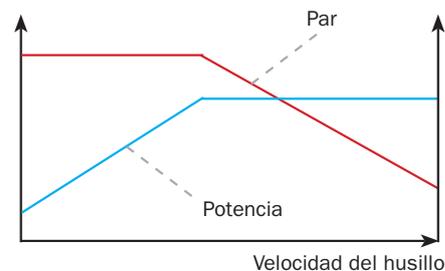
La mayor parte de los modernos centros de mecanizado tienen husillos con accionamiento directo. Mayor capacidad y amplitud de velocidad del husillo redundan en:

- Menor par con mayor rpm
- Menor potencia con menor rpm

Por ello, las máquinas con mayor capacidad de rpm tienen limitaciones para desbaste con fresas de mayor diámetro, que requieren bajas rpm y alta potencia.

Es necesario adaptar las estrategias de mecanizado. Esto explica la tendencia hacia el mecanizado ligero y rápido, ya que se utiliza diámetro de fresa más pequeño, poca profundidad de corte, a_p/a_e , y alto avance por diente, f_z .

Es posible accionar las máquinas para piezas que requieran alta potencia con bajas rpm de manera que proporcionen un rendimiento óptimo tanto para desbaste como para acabado.



Tamaño del husillo

Los husillos ISO 30, 40, 50 y 60 presentan ventajas y limitaciones inherentes a su naturaleza.

El desbaste pesado requiere un husillo más grande, mientras que el fresado a alta velocidad requiere menor par, por ello un husillo más pequeño resulta más adecuado.

El tamaño del husillo definirá el diámetro máximo de la fresa y la profundidad de corte que la máquina sea capaz de manejar.

Aunque hay excepciones, debido a las condiciones variables de la máquina-herramienta, la regla general para seleccionar el tamaño de la fresa es:

ISO 60, "fresas más grandes".

ISO 50/Coromant Capto tamaño C8, D_c 160 mm.

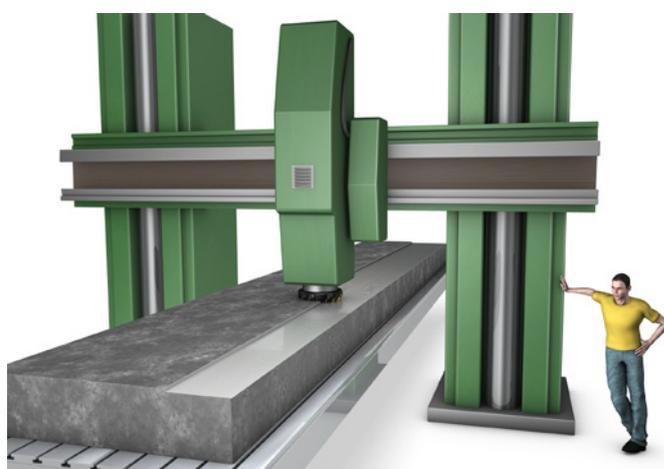
ISO 40/Coromant Capto tamaño C6, D_c 100 mm.

ISO 30/Coromant Capto tamaño C4, D_c 50 mm.

Las piezas que requieran fresas de filo largo necesitan, como mínimo, un husillo ISO 50 o Coromant Capto tamaño C8.

El acoplamiento de la herramienta integrado en el husillo ofrece la mejor estabilidad.

En máquinas de pórtico y otras máquina-herramienta más grandes, las fresas pueden ir montadas directamente en la punta del husillo, con lo que se consigue mejor estabilidad y menor saliente.



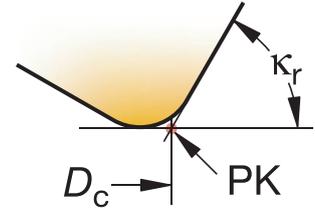
Gran fresadora de pórtico para trabajos pesados.

Definiciones sobre fresado

La fresa

Ángulo de posición: K_r (grados)

El ángulo principal del filo (K_r) de la fresa es el factor que más afecta a la dirección de la fuerza de corte y al espesor de la viruta, consulte la página D 18.



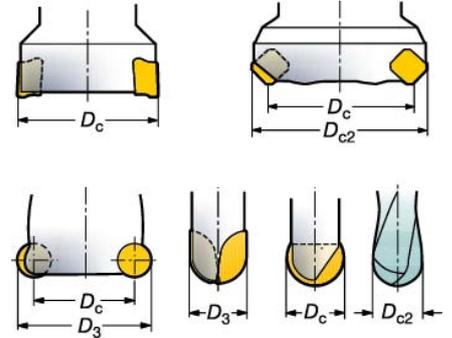
Diámetro de la fresa: D_c (mm)

El diámetro de la fresa (D_c) se mide sobre el punto PK, la intersección del filo principal con la faceta paralela.

D_c es el diámetro que suele aparecer en el código de pedido, a excepción de CoroMill 300, donde se utiliza D_3 .

El diámetro más importante que se debe considerar es (D_{cap}), el diámetro eficaz de corte a la profundidad de corte real (a_p), se utiliza para calcular la velocidad de corte verdadera (v_e), consulte la página D 76.

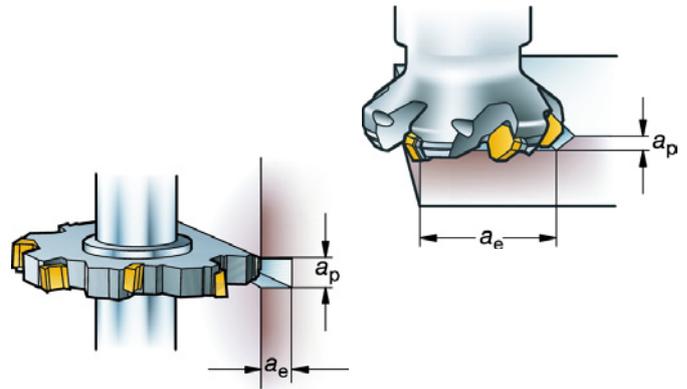
D_3 es el diámetro más grande de la plaquita, para algunas fresas es igual a D_c .



Profundidad de corte: a_p (mm)

La profundidad de corte (a_p) es la diferencia entre el radio del agujero sin mecanizar y el radio una vez mecanizado. El valor máximo de a_p está limitado principalmente por el tamaño de plaquita y la potencia de la máquina.

Otro factor crítico en operaciones de desbaste es el par y en operaciones de acabado es la vibración.



Anchura de corte: a_e (mm)

La anchura radial de la fresa (a_e) en contacto con el corte (empeñe). Resulta especialmente crítico para empuñes en "plunge" y para la vibración en fresado de ángulos, donde un valor máximo de a_e es especialmente importante.

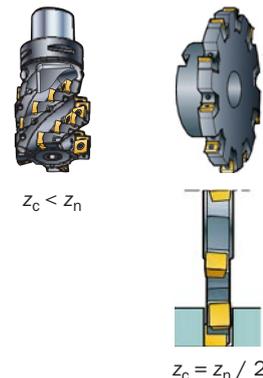
Inmersión radial: a_e / D_c

La inmersión radial (a_e / D_c) es la anchura de corte respecto al diámetro de la fresa.

Número eficaz de filos en la herramienta: z_c

Para determinar el avance de mesa (v_f) y la productividad. Suele tener una influencia crítica en la evacuación de la viruta y en la estabilidad operacional.

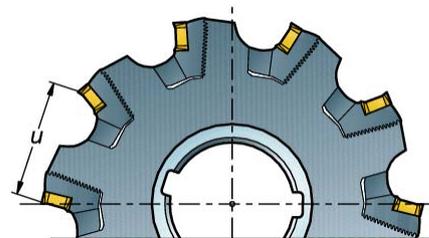
Número total de filos en la herramienta: z_n



Paso: u (mm)

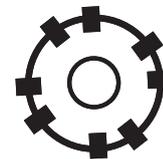
Distancia entre los filos eficaces (u).

Para un diámetro de fresa específico de Sandvik Coromant, se puede elegir entre distintos pasos: grande (-L), normal (-M), reducido (-H). Si se añade una X al código, indica una versión de fresa cuyo paso es ligeramente más estrecho que el diseño básico.



Paso diferencial

Indica una separación no homogénea entre los dientes de una fresa. Es una forma muy eficaz de minimizar la tendencia a la vibración. Si desea más información sobre el paso, consulte la página D 17.



La plaquita para fresar

Geometría de plaquita

	L	M	H
Parámetro		Geometría M	
Resistencia del filo			
Fuerzas de corte			
Consumo de energía			
Espesor máximo de la viruta			
Calor generado			

	L	M	H
Resistencia del filo			
Fuerzas de corte			
Consumo de energía			
Espesor máximo de la viruta			
Calor generado			

Diagrama de flechas de tendencia: Baja (L) ← Media (M) → Alta (H)

Un estudio más riguroso de la geometría del filo revela dos ángulos importantes en la plaquita:

- ángulo de desprendimiento (γ)
- ángulo del filo (β)

La macrogeometría está diseñada para trabajar en condiciones ligeras, medias o pesadas.

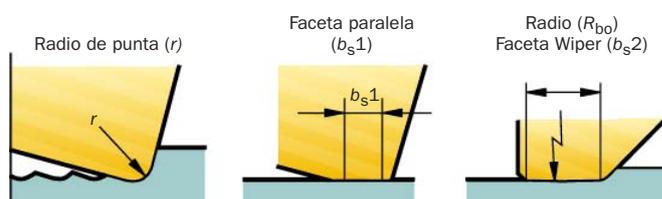
- La geometría ligera L (del inglés, light) tiene un filo más positivo aunque más débil (γ grande, β pequeño)
- La geometría pesada H (del inglés, heavy) tiene un filo más resistente pero menos positivo (γ pequeño, β grande)

La macrogeometría afecta a muchos parámetros del proceso de mecanizado. Una plaquita con filo robusto puede trabajar con cargas más altas, pero también genera fuerzas de corte más altas, consume más potencia y genera más calor.

Las geometrías optimizadas para determinados materiales se designan mediante la letra de la clasificación ISO. Por ejemplo, geometrías para fundición: KL, KM, KH.

Diseño del vértice de la plaquita

La parte más importante del filo para el acabado de la superficie es la faceta paralela b_{s1} o, si es aplicable, la faceta convexa Wiper b_{s2} , o el radio de punta r_e .



El proceso de fresado

Velocidad de corte: v_c (m/min)

Indica la velocidad superficial en el diámetro y supone un valor básico para calcular los datos de corte.

Las velocidades de corte recomendadas para todos los materiales y para los distintos valores de h_{ex} se encuentran en el catálogo principal.

Velocidad de corte eficaz o verdadera

Indica la velocidad superficial en el diámetro eficaz (D_{cap}).

Este valor es necesario para determinar los datos de corte verdaderos a la profundidad de corte real (a_p). Este valor resulta particularmente importante si se utilizan fresas de plaquita redonda, fresas de ranurar de punta esférica y cualquier fresa con radio de punta más grande, así como fresas con ángulo de posición inferior a 90 grados.

$$v_c = \frac{D_{cap} \times \pi \times n}{1000}$$

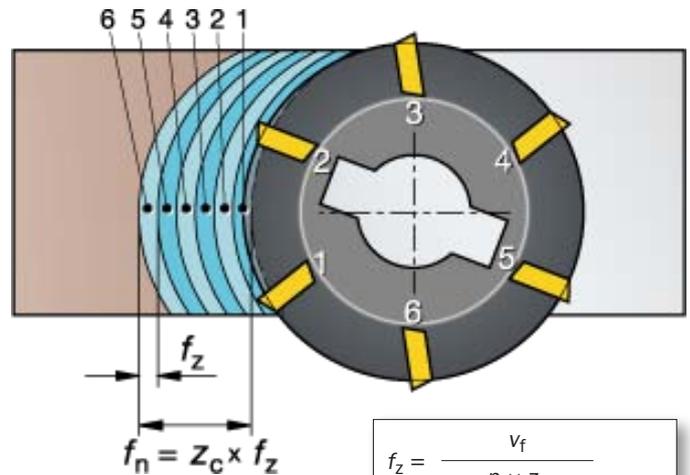
Velocidad del husillo: n (rpm)

Número de revoluciones que realiza la herramienta de fresado sobre el husillo en cada minuto. Este es un valor orientado a la máquina, que se calcula a partir del valor de velocidad de corte recomendado para una operación.

Avance por diente: f_z (mm/diente)

Un valor básico para calcular datos de corte, como el avance de mesa. También se calcula considerando el espesor máximo de la viruta (h_{ex}) y el ángulo de posición.

Los valores iniciales recomendados (f_z) para la mayoría de las fresas CoroMill se pueden encontrar en la página D 196 y en el catálogo principal. Para CoroMill Plura, también se tiene en cuenta el tipo de material mecanizado.



$$f_z = \frac{V_f}{n \times z_c}$$

Avance por vuelta: f_n (mm/rev)

Valor auxiliar que indica hasta dónde se desplaza la herramienta durante una rotación completa.

Se utiliza específicamente para cálculos de avance y a menudo para determinar la capacidad de acabado de una fresa.

Avance por minuto: v_f (mm/min)

Avance de mesa, avance de máquina o velocidad de avance en mm/min. Representa el desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza, en función del avance por diente (f_z) y del número de dientes de la fresa (z_n).

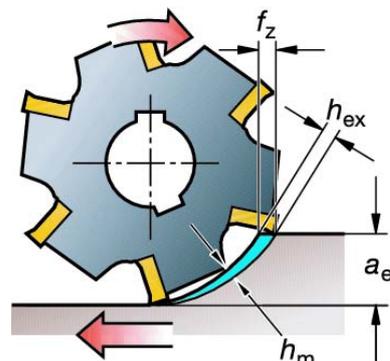
Espesor máximo de la viruta: h_{ex} (mm)

Este valor es resultado del empañe de la fresa, ya que depende de (f_z), (a_e) y (κ_r).

El espesor de la viruta es un factor importante a la hora de decidir el avance por diente, para verificar que se emplea el avance de mesa más productivo. Consulte la página D 20.

Espesor medio de la viruta: h_m (mm)

Un valor útil para determinar la fuerza de corte específica, se utiliza para el cálculo de la potencia neta.

**Velocidad de arranque de viruta: Q (cm³/min)**

Volumen de material eliminado en mm cúbicos por hora. Se establece utilizando los valores de anchura y profundidad de corte, y avance.

Fuerza de corte específica: k_{ct} (N/mm²)

Un factor utilizado para el cálculo de la potencia. La fuerza de corte específica depende de la resistencia del material cuando se mecaniza con un valor de espesor de la viruta concreto. Si desea más información, consulte Materiales, capítulo H.

Potencia P_c y eficiencia η_{mt}

Son valores orientados a la máquina-herramienta, que ayudan a calcular la potencia neta y así garantizar que la máquina pueda manejar la fresa y la operación.

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{\eta_{mt} \times 60 \times 10^6}$$

Encontrará más fórmulas y cálculos en Información general/Índice, capítulo I.

Tiempo de mecanizado: T_c (min)

Longitud de mecanizado (l_m) dividida por el avance de mesa (v_f).

Expresiones utilizadas en esta guía

Las definiciones utilizadas son las más habituales del sector. Si existen varias expresiones para describir la misma función, se utilizará la nomenclatura de Sandvik Coromant.

Mecanizado a alta velocidad

En esta guía no se utiliza la designación HSM, que se refiere a materias que se tratan por separado en distintas secciones.

Mecanizado en rampa lineal

Desplazamiento recto simultáneo en direcciones de avance axial y radial.

Fresado circular

Recorrido circular de la herramienta sobre un nivel z constante (interpolación circular).

Mecanizado en rampa circular

Recorrido circular de la herramienta de mecanizado en rampa (interpolación helicoidal).

Fresado por niveles

Fresado sobre un nivel z constante.

Fresado tridimensional

Mecanizado superficial radial con plaquita redonda o fresa de punta esférica en el que la zona de corte se desplaza del centro de la herramienta.

Irregularidad

Configuración con aristas que se produce al mecanizar superficies esculpidas.

Definición: productividad del fresado

La productividad del fresado, si se define como velocidad de arranque de viruta, Q cm^3/min , se puede optimizar de distintas maneras. Elegir la herramienta correcta para la aplicación es importante, pero elegir los parámetros de mecanizado resulta igualmente crítico.

En los siete ejemplos siguientes se muestra cómo es posible incrementar los datos de corte por encima de las recomendaciones normales y cómo esto contribuye a mejorar la productividad:



Aplicación	1	2	3	4	5	6	7
	Planeado	Fresado periférico	Fresado de perfiles	Planeado	Planeado	Planeado	Planeado
	Aluminio	Pequeño a_e/D_c	Acabado	Áng. posición pequeño	Mecanizado pesado	Wiper	Fundición
Parámetros de mecanizado	v_c	Alta	Alta	Alta			
	n		Alta	Alta			
	f_z		Alta		Alta	Alta	
	z						Alta
	v_f	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
	a_p			Pequeño	Pequeño		Pequeño
	a_e		Pequeño	Pequeño		Alta	

$$Q = v_f \times a_p \times a_e / 1000 \text{ (cm}^3/\text{min)}, \text{ donde } v_f = f_z \times n \times z_n \text{ (mm/min)}$$

1. Planeado: alta velocidad de corte, v_c

Al mecanizar aluminio y, a veces, al mecanizar fundición con plaquitas de CBN o de cerámica, es posible utilizar velocidades de corte superiores a 1000 m/min, con lo que se consigue un avance de mesa, v_f muy alto. Además, este tipo de mecanizado se puede denominar mecanizado a alta velocidad (HSM).

2. Fresado periférico: alta velocidad de corte, v_c , y avance, f_z

Si la fresa tiene una profundidad de corte radial pequeña, a_e , el tiempo en corte por rev. es corto, con lo que la temperatura del filo será baja. Esto implica que la velocidad de corte se puede incrementar por encima de la recomendación normal. Además, el avance, f_z , se puede incrementar también porque el espesor máximo de la viruta, h_{ex} , será bajo. El avance estará limitado por el requisito de acabado superficial. Encontrará más información en la página D 50.

3. Fresado de perfiles: alta velocidad del husillo, n

Esta técnica de fresado se suele denominar mecanizado a alta velocidad (HSM) y es típica de operaciones de acabado o superacabado de perfiles con una fresa de punta esférica. Encontrará más información en la página D 76.

4. Planeado con ángulo de posición pequeño y alto avance, f_z

Las fresas con ángulo de posición muy pequeño permiten un incremento radical del avance, f_z , gracias al efecto de adelgazamiento de la viruta que se produce cuanto a_p tiene un valor pequeño. Encontrará más información en la página D 20.

5. Fresado pesado: gran profundidad de corte, mecanizado pesado

En aplicaciones de mecanizado pesado se utilizan fresas con plaquitas y diámetro grandes. La velocidad de corte es normal, pero valores altos de a_p y de f_z , combinados con un valor de a_e , grande hacen que resulte muy productivo. Encontrará más información en la página D 62.

6. Acabado con plaquitas Wiper

En una operación de acabado con una fresa de planear grande, el avance, f_z , se suele mantener bajo. Sin embargo, si se utilizan plaquitas Wiper en la fresa, se puede incrementar 2–3 veces el avance sin sacrificar la calidad superficial. Encontrará más información en la página D 64.

7. Planeado: fresa de paso reducido

Al fresar materiales de viruta corta, como la fundición gris, se puede utilizar una fresa de planear con paso reducido y el avance de mesa resultante será alto. Además, en materiales HRSA en los que la velocidad de corte suele ser baja, el paso reducido incrementa el avance de mesa.

Técnica de mecanizado "ligero y rápido": los métodos 2, 3 y 4 están basados en poca profundidad de corte, a_e , y/o a_p , que generan bajas fuerzas de corte y poco calor, lo que permite incrementar la velocidad y/o el avance.

Indicaciones generales

El paso y el número de filos

Cuando se elige el número eficaz de filos, z_c , más adecuado para la operación, también es esencial tener en cuenta el paso (distancia entre los filos). Todas las fresas CoroMill están disponibles en versiones con paso uniforme.

En función del tamaño y número de filos, algunas fresas también están disponibles en una versión con paso diferencial (espacio desigual de los dientes alrededor de la fresa).

Las fresas con paso diferencial tienen la ventaja de que rompen la vibración armónica y de esta forma incrementan la estabilidad, especialmente útil cuando el valor de a_e es alto y el voladizo amplio.

El paso afecta sobre todo a:

- Productividad
- Estabilidad
- Consumo de energía
- Material de la pieza adecuado.

Al incrementar el número de filos, es posible incrementar el avance de mesa al mismo tiempo que se mantienen la misma velocidad de corte y el mismo avance por diente, sin generar más calor en el filo.

Por otra parte, al incrementar el número de filos se cambia el diseño de la herramienta. Si la distancia entre filos de la herramienta es más corta, habrá menos espacio para la evacuación de la viruta y, en la mayor parte de los casos, la fresa debe tener paso uniforme.

El requisito de potencia suele ser un factor que limita el número de filos que puedan entrar en contacto con el corte.

Sandvik Coromant ofrece tres pasos para fresas con objeto de optimizar la aplicación concreta:

Grande –L
Normal –M
Reducido –H

Las fresas de paso más pequeño, -M y -H, se utilizan cuando la estabilidad es buena y para aplicaciones con valores de a_e bajos. Así se garantiza que siempre haya más de un diente en contacto con el corte.



Paso grande –L

Fresas con paso diferencial y menor número de filos.

- Primera elección para operaciones inestables por su menor fuerza de corte
- Potencia limitada
- Herramientas con voladizo
- Operaciones de ranurado completo
- Materiales ISO N de viruta larga (gran alojamiento de viruta).



Paso normal –M

Fresas con paso uniforme o diferencial, según el concepto, con número de filos intermedio.

- Primera elección para desbaste en condiciones estables
- Buena productividad
- Buen espacio de viruta para desbaste en materiales ISO P, M y S.



Paso reducido –H

Fresas con paso uniforme y máximo número de plaquitas.

- Primera elección para alta productividad con valor de a_e bajo (más de un filo en contacto)
- Desbaste y acabado en materiales ISO K
- Desbaste en materiales ISO S en combinación con plaquitas redondas.



Nota: Si se añade una X al código, indica una versión de fresa cuyo paso es ligeramente más estrecho que el diseño básico.

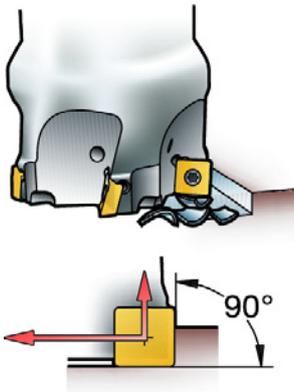
Ángulo de posición

Este es el ángulo que forman el filo principal de la plaquita y la superficie de la pieza.

Espesor de la viruta, fuerzas de corte y vida útil de la herramienta se ven especialmente afectadas por el ángulo de posición.

Los ángulos de posición más habituales son 90°, 45°, 10° y aquellos eliminados por las plaquitas redondas, como las fresas que utilizan plaquitas de punta esférica a menos profundidad de corte.

- Al reducir el ángulo de posición, K_r , en filos rectos se reduce el espesor de la viruta, h_{ex} , para una velocidad de avance dada, f_z . Este efecto de adelgazamiento de la viruta distribuye la cantidad de material sobre una parte mayor del filo.
- Un ángulo de posición más pequeño ofrece una entrada en el corte más gradual, reduce la presión radial y protege el filo.
- La mayor fuerza axial de los ángulos de posición más reducidos incrementarán la presión sobre la pieza.



Fresas de 90°

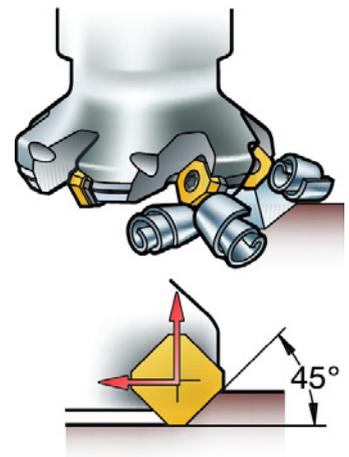
- La principal área de aplicación es el fresado en escuadra.
- Genera sobre todo fuerzas radiales, es el sentido del avance.
- La superficie que se mecaniza no quedará expuesta a alta presión axial, lo que resulta ventajoso para fresar piezas con estructura débil o paredes delgadas, y también en caso de fijación inestable.

Gama de fresas: CoroMill 290, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 590, CoroMill 690, CoroMill 790, CoroMill Plura y Auto-FS. Y, para trabajos especiales, las fresas de disco y de ranurado: CoroMill 331, CoroMill 327/328 y la fresa T-Max Q.

Fresas de 45°

- Elección general para planear.
- Genera fuerzas de corte radiales y axiales bien equilibradas.
- Uniforme entrada en el corte.
- Baja tendencia a la vibración al fresar con amplio voladizo, o portaherramientas y acoplamientos pequeños/débiles.
- Especialmente adecuada para fresar piezas en materiales de viruta corta que se fisuren con facilidad si actúan fuerzas radiales excesivas sobre la cantidad cada vez más reducida de material que queda al ir mecanizando.
- La formación de viruta más delgada permite incrementar la productividad en muchas aplicaciones, con mayor avance de mesa y moderada carga en el filo.

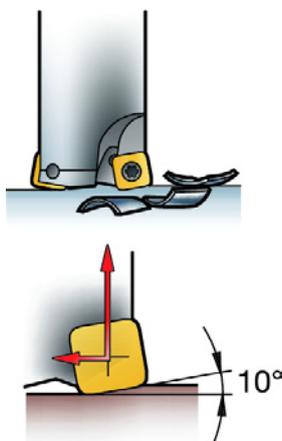
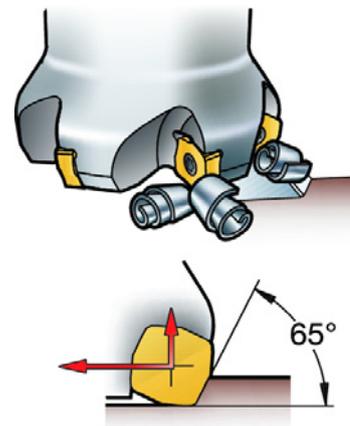
Gama de fresas: CoroMill 245, CoroMill 345, T-Max 45 y programa Sandvik Auto.



Fresas de 60° a 75°

- Fresas de planear específicas que ofrecen mayor profundidad de corte que las fresas de planear generales.
- Menor fuerza axial que las fresas de planear de 45°.
- Mejor resistencia del filo que las fresas de 90°.

Gama de fresas: CoroMill 360, CoroMill 365, Auto AF.



Fresas de 10°

- Fresas de alta velocidad y con avance en "plunge".
- Se genera una viruta delgada que permite valores muy altos de avance por diente, f_z , con pequeña profundidad de corte y, consecuentemente, valores extremos de avance de mesa, v_f .
- La fuerza de corte axial dominante se dirige hacia el husillo y lo estabiliza. Esto resulta favorable para montajes grandes y débiles, ya que limita la tendencia a la vibración.
- Para fresado en "plunge" de cavidades, o siempre que se requiera utilizar una fresa con voladizo.
- Eficaz para realizar agujeros utilizando tres ejes.

Gama de fresas: CoroMill 210, CoroMill 316 y fresas de alto avance CoroMill Plura.

Plaquetas redondas o fresas con radio de punta grande

- Fresas para desbaste eficiente y de uso universal.
- El radio de punta hace que el filo sea muy resistente.
- Alta capacidad de avance de mesa gracias a que se generan virutas más delgadas en un filo más amplio.
- El efecto adelgazador de la viruta hace que estas fresas sean adecuadas para mecanizar titanio y aleaciones termorresistentes.
- Según las variaciones de profundidad de corte, a_p , el ángulo de posición cambia de cero a 90° y esto cambia la dirección de la fuerza de corte en el radio del filo y, por ello, la presión resultante durante la operación.

Gama de fresas: CoroMill 200, CoroMill 300 y, para profundidad de corte más pequeña, fresas de plaqueta con radio CoroMill 390; fresas de punta esférica CoroMill 216 y CoroMill 216F. Además, las fresas de ranurar de metal duro, CoroMill Plura y CoroMill 316, están disponibles en versiones de punta esférica con radio de punta grande.



Espesor máximo de la viruta

El espesor máximo de la viruta es el parámetro más importante para conseguir un proceso de fresado productivo y fiable.

El mecanizado eficaz sólo se producirá si se mantiene un valor adaptado correctamente a la fresa que se esté utilizando.

- Una viruta delgada con un valor de h_{ex} demasiado bajo, es la causa más habitual de un rendimiento deficiente que reduce la productividad. Puede afectar negativamente a la vida útil de la herramienta y a la formación de viruta.
- Un valor muy alto sobrecargará el filo y puede provocar su rotura.



Producción de virutas más finas para incrementar el avance

Es posible incrementar el avance por diente en las tres situaciones siguientes gracias al efecto adelgazador de la viruta:

1. Al utilizar fresas de filo recto con ángulo de posición inferior a 90° .
2. Al utilizar plaquitas redondas o plaquitas con radio grande, a menor profundidad de corte, a_p .
3. Al realizar fresado periférico con empañe radial pequeño, a_e/D_e .

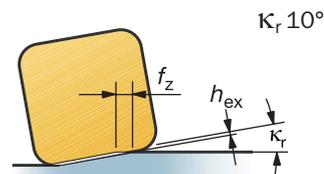
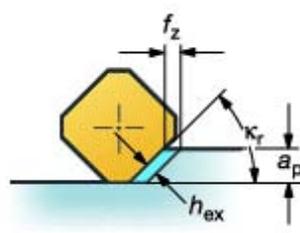
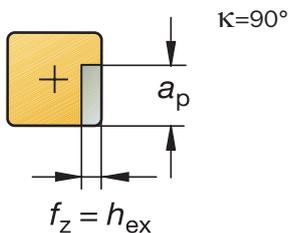
1. Plaquita de filo recto

Para las plaquitas de filo recto el espesor de la viruta, h_{ex} , es igual a f_z si el ángulo de posición tiene 90 grados. A medida que el ángulo de posición, κ_r , se reduce, f_z se puede incrementar.

Ejemplo:

Si el espesor máximo de la viruta, h_{ex} , es 0.1 y el ángulo de posición, κ_r , es de 45° , la recomendación de avance, f_z , es $1.4 \times 0.1 = 0.14$ mm/diente.

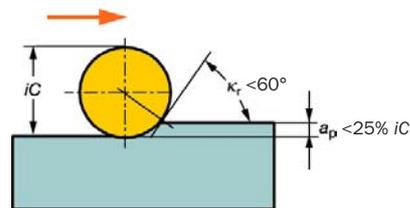
Ángulo de posición κ_r	Factor de modificación	f_z (mm/diente):		
		h_{ex} (mm)		
		mín. 0.1	inicio 0.15	máx. 0.2
90°	1.0	0.10	0.15	0.20
75°	1.0	0.10	0.16	0.21
65°	1.1	0.11	0.17	0.22
45°	1.4	0.14	0.21	0.28
10°	5.8	0.58	0.86	1.15



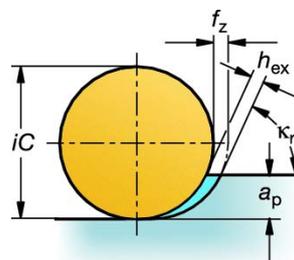
$$h_{ex} = f_z \times \sin \kappa_r$$

2. Fresas con plaquita redonda y de radio grande

- El mejor rendimiento se consigue si el ángulo de posición, K_r , se mantiene inferior a 60° , si se utilizan fresas con plaquita redonda o fresas de ranurar de punta esférica con profundidad de corte limitada. Esto significa que la profundidad de corte no debe superar el 25% del diámetro de la plaquita, iC .
- Con mayor profundidad de corte, es mejor utilizar plaquetas cuadradas con valor de K_r constante de 45° .
- El espesor de la viruta, h_{ex} , varía con las plaquetas redondas en función del ángulo de posición. Con valores bajos de la relación a_p/iC , el avance se puede incrementar de forma considerable para aumentar el espesor de la viruta hasta el nivel deseado.
- Las plaquetas redondas presentan mayor capacidad máxima de espesor de la viruta que las soluciones de filo recto, debido a la que la plaqueta tiene una forma más robusta y un filo más amplio.



$$\cos K_r = \frac{(0.5 iC - a_p)}{0.5 iC}$$



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

Ejemplo: CoroMill 300 geometría de plaqueta E-PL

iC	Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)			Avance por diente, f_z (mm)							
				a_p (mm)							
	Mín.	Inicio	Máx.	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
8	0.1	0.15	0.2	0.31	0.23	0.19	0.17				
10	0.1	0.2	0.25	0.46	0.33	0.28	0.25	0.23			
12	0.1	0.2	0.25	0.50	0.36	0.30	0.27	0.25	0.23		
16	0.1	0.2	0.25	0.57	0.41	0.34	0.30	0.28	0.26	0.24	0.23

3. Fresado periférico

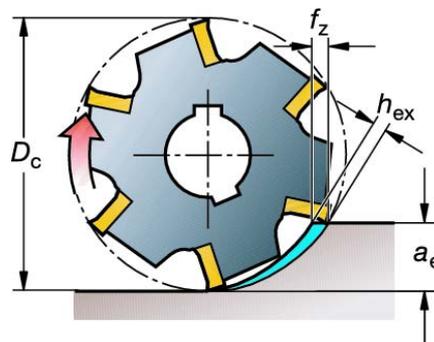
El valor de h_{ex} varía en función del diámetro de la fresa y del empañe, la inmersión radial de la fresa, a_e/D_c .

Cuando es inferior al 50%, el espesor máximo de la viruta se reduce en función de f_z .

El avance se puede incrementar según el valor de modificación de la tabla siguiente en función de la relación, a_e/D_c .

Ejemplo:

D_c 20 mm – $a_e = 2$ mm, $a_e/D_c = 10\%$
 $h_{ex} = 0.1$ mm, $f_z = 0.17$ mm/diente.



Anchura de la relación de diámetro de corte a_e/D_c	Factor de modificación	f_z (mm/diente):		
		h_{ex} (mm)		
		mín.	inicio	máx.
50-100%	1.0	0.10	0.15	0.20
25%	1.16	0.12	0.17	0.23
20%	1.25	0.13	0.19	0.25
15%	1.4	0.14	0.21	0.28
10%	1.66	0.17	0.25	0.33
5%	2.3	0.23	0.34	0.46

Formación de viruta según la posición de la fresa

La carga sobre el filo

Cada vez que un filo de la fresa entra en el corte, se ve sometido al impacto de carga. Es necesario tener en cuenta el tipo de contacto correcto entre filo y material en la entrada y la salida para conseguir un buen fresado.

Fresado hacia abajo

Durante el fresado hacia abajo (también llamado fresado a favor), la herramienta de mecanizado avanza en el mismo sentido que la rotación.

- Es preferible el fresado hacia abajo siempre que máquina-herramienta, fijación y pieza lo permitan.
- Durante el fresado hacia abajo periférico, el espesor de la viruta se reduce gradualmente a partir del inicio del corte hasta alcanzar el valor cero al final del corte. Esto evita el frotamiento y bruñido del filo contra la superficie antes de iniciar el corte.
- El gran espesor de la viruta es una ventaja y las fuerzas de corte tienden a empujar la pieza hacia la fresa, manteniendo el filo en el corte.

Excepciones, casos en los que es preferible el fresado hacia arriba:

- Sin embargo, a medida que la fresa tiende a empujar hacia la pieza, la máquina debe hacer frente al movimiento de la mesa y que ésta no tenga juegos ni holguras.
- Si la herramienta empuja la pieza hacia dentro, el avance aumenta de forma imprevista, lo que puede dar lugar a un espesor excesivo de la viruta y a la rotura del filo.
- El fresado hacia arriba puede presentar ventajas cuando tienen lugar grandes variaciones de las cargas de trabajo.

Nota: si se utilizan plaquitas de cerámica en aleaciones termorresistentes, se recomienda el fresado hacia arriba ya que la cerámica es sensible al impacto en la entrada de la pieza.

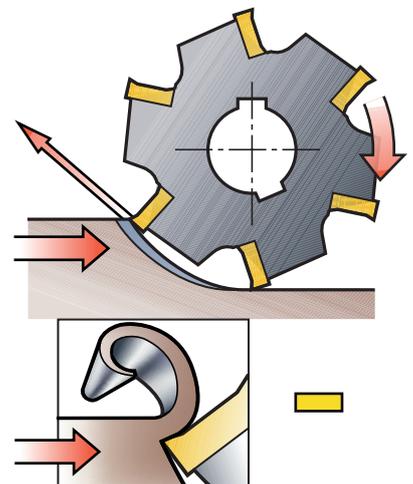
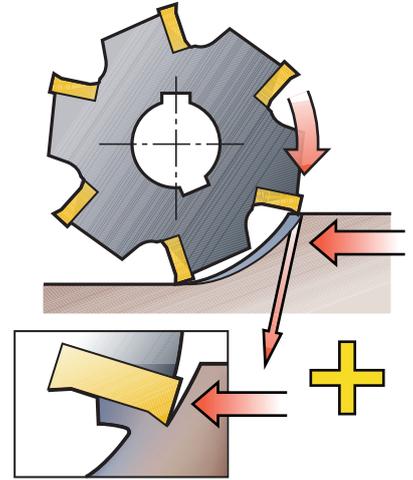
Fresado hacia arriba

Durante el fresado hacia arriba (también llamado fresado en contraposición), el sentido de avance de la herramienta es opuesto al de rotación.

- El espesor de la viruta empieza en cero y se incrementa hacia el final del corte. Las fuerzas de corte tienden a separar la fresa de la pieza.
- Los altos esfuerzos de tracción, producidos cuando el filo sale de la pieza, suelen provocar un rápido fallo del filo.
- Se debe forzar el filo para comenzar el corte, creando un efecto de fricción o bruñido por frotamiento, alta temperatura y, a menudo, contacto con la superficie endurecida mecánicamente por el filo precedente. Todos estos factores acortan la vida útil de la herramienta.
- Las fuerzas, sobre todo radiales, tienden a levantar la pieza de la mesa.
- Las virutas gruesas a la salida del corte reducirán la vida útil de la herramienta.
- El gran espesor de la viruta y la alta temperatura a la salida pueden provocar que la viruta se pegue o suelde al filo y sea arrastrada hasta el comienzo del corte siguiente o cause un momentáneo desmenuzamiento del filo.

Fijación de la pieza

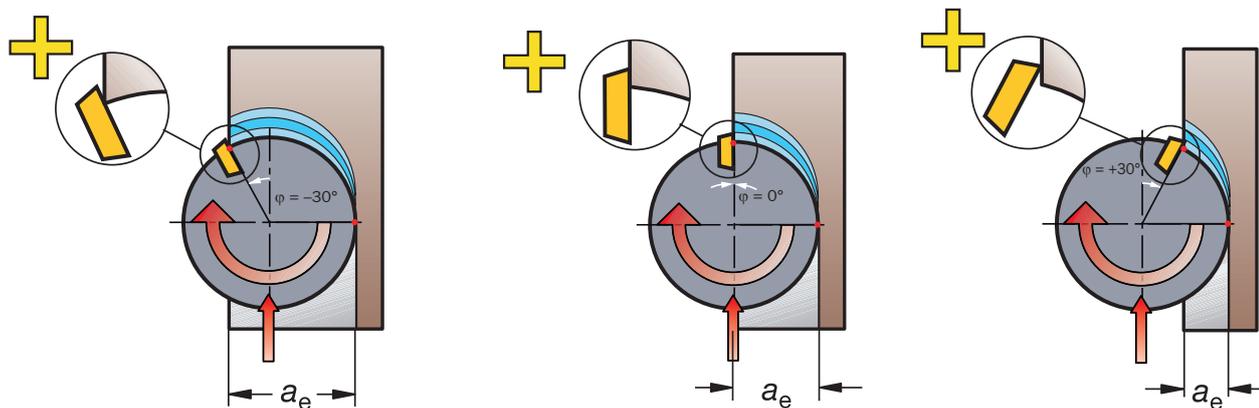
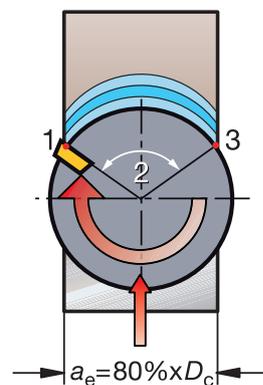
El sentido de avance de la herramienta impone distintas exigencias a la fijación de la pieza. Durante el fresado hacia arriba, debe resistir fuerzas de elevación. Durante el fresado hacia abajo, debe resistir fuerzas de empuje.



Formación de viruta según la posición de la fresa

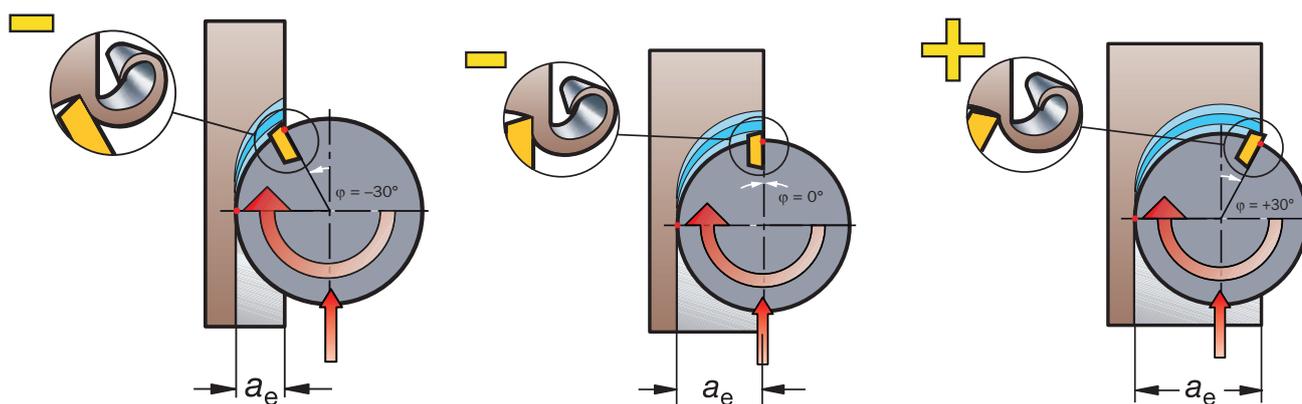
El filo en dirección radial tiene contacto con la pieza en tres fases distintas:

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



1. Entrada en el corte

- Es la zona del corte menos sensible de las tres, si se utilizan plaquitas de metal duro.
- El metal duro admite bien los esfuerzos de compresión del impacto de entrada, bz produce una viruta más gruesa.

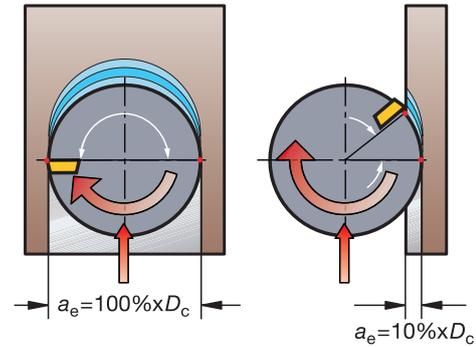


2. Salida del corte

- La salida de la pieza es la más sensible de las tres zonas del corte.
- Una viruta gruesa producirá a menudo una reducción drástica de la vida útil de la herramienta si se utilizan plaquitas de metal duro. La viruta carece de apoyo en el punto final del corte y tiende a doblarse, esto genera una fuerza de tracción en el metal duro que puede crear una fractura en el filo.

3. Arco de empañe en el corte

- El valor máximo de arco de empañe es 180° ($a_e = 100\% D_c$) para ranurar.
- Durante el fresado en acabado, el arco puede ser muy pequeño.
- Los requisitos de calidad son muy distintos, en función del porcentaje de inmersión radial, a_e/D_c .
- Cuanto mayor sea el arco de empañe, mayor será la transferencia de calor hacia el filo.
- Si el arco de empañe es grande, las calidades con recubrimiento CVD son las que ofrecen la mejor barrera ante el calor.
- Si el arco de empañe es pequeño, el espesor de la viruta suele ser reducido y el filo agudo de las calidades con recubrimiento PVD genera menos calor y menores fuerzas de corte.



Arco de empañe grande (máx.)

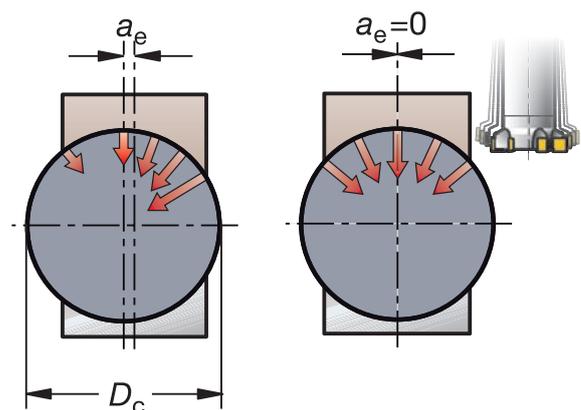
- Mucho tiempo en el corte
- Fuerza radial alta
- Se genera más calor
- Calidades con recubrimiento CVD

Arco de empañe pequeño

- Poco tiempo en el corte y menos calor => valor más alto de v_c
- Viruta más delgada => valor más alto de f_z
- Es posible aplicar valores más altos de v_c y de f_z
- Filos agudos
- Calidades con recubrimiento PVD

Resumen de posiciones de la fresa

- Evite grandes espesores de la viruta en la salida.
- No coloque la fresa simétrica respecto a la línea del centro.
- Al desplazar la fresa del centro (hacia la izquierda) se consigue un sentido más constante y favorable de las fuerzas de corte, que reduce la tendencia a la vibración.
- El diámetro de la fresa, D_c , debe ser un 20-50% más grande que la anchura de corte, a_e .
- Se debe tener en cuenta la potencia de husillo disponible, porque también influye en la elección del paso.



- El valor de D_c de la fresa debe ser +20-50% más grande que el valor de a_e
- Coloque la fresa descentrada (hacia la izquierda) para conseguir una viruta más gruesa en la entrada.
- La fresa sobre la línea del centro puede generar vibración

Entrada en la pieza

Si se programa la fresa para que entre directamente en la pieza, se producirán virutas gruesas a la salida hasta que la fresa alcance el empañe completo. Esto puede reducir la vida útil de la herramienta de forma radical, especialmente cuando mayor dureza presenten acero, titanio y aleaciones termorresistentes.

Además, desde el punto de vista de la vibración, es esencial que la entrada en la pieza sea uniforme.

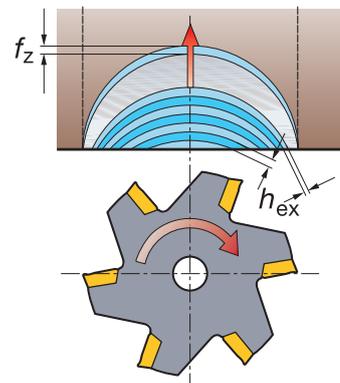
Hay dos maneras de solucionar este problema:

1. Reducir el avance

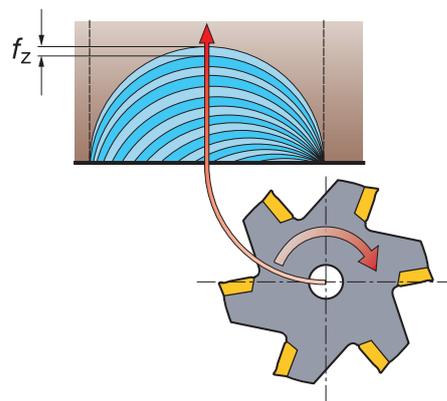
Reducir el avance un 50% hasta que la fresa alcance el empañe completo.

2. Rotar al entrar en el corte

Programar un recorrido de rotación al entrar en el corte en el sentido de las agujas del reloj (si fuera en sentido contrario, no se solucionaría el problema de gran espesor de la viruta). Al rotar hacia el interior del corte, el espesor de la viruta en la salida será siempre cero y así el avance podrá ser más alto y la vida útil de la herramienta más prolongada.



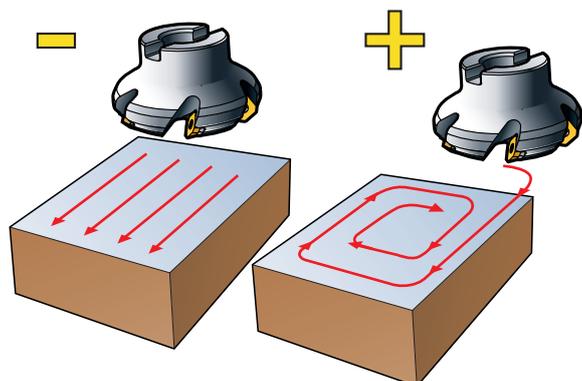
Viruta gruesa a la salida del corte hasta que la fresa alcanza el empañe completo.



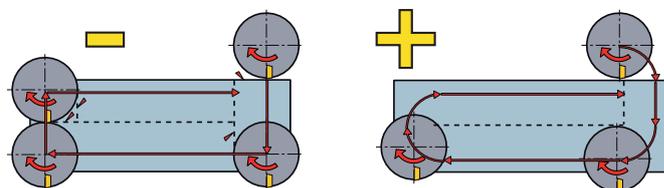
Mantenga la fresa con empañe constante

Cambios bruscos de la dirección de corte producirán los mismos problemas que una entrada directa en la pieza.

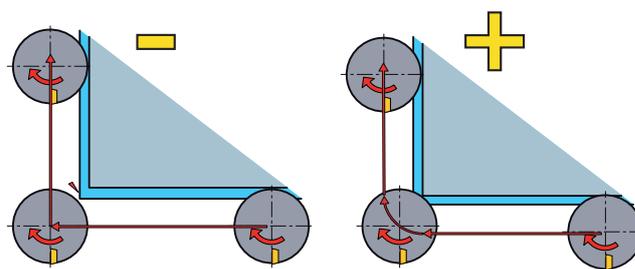
- Siempre se debe aplicar rotación alrededor de las esquinas como un paso clave para optimizar y fortalecer el proceso.
- La anchura de corte, a_e , debe ser un 70% de D_c para garantizar la máxima cobertura de la esquina.
- Mantenga la fresa con empañe constante.
- Cuando haya agujeros o cortes intermitentes, programe rutas alrededor de los mismos.



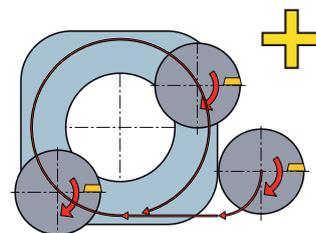
Mantenga la fresa con empañe constante



Durante el planeado, los cambios bruscos de dirección de la fresa generan virutas gruesas en la salida.



Durante el fresado periférico debe mecanizarse alrededor de las esquinas exteriores.



Programa evitando cortes interrumpidos y agujeros.

Fresado de esquinas

Consideraciones

El mecanizado de esquinas requiere un planteamiento minucioso del arco de empuñe adecuado y también de la velocidad de avance.

- Cuando la fresa avanza hacia las esquinas interiores, el arco de empuñe radial se incrementa e impone exigencias adicionales sobre el filo.
- A menudo el proceso se hace inestable, aparece vibración y el proceso se convierte en inseguro.
- La oscilación de las fuerzas de corte suelen crear rebajes en el ángulo.
- También existe el riesgo de desmenuzamiento del filo de la herramienta, o rotura total de la misma.

Solución: limitar el arco de empuñe

Si se utiliza un radio programado (fresado circular) para reducir el arco de empuñe y un corte radial, se reducirá la tendencia a la vibración y se podrá utilizar mayor profundidad de corte y velocidad de avance.

- Fresar un radio de punta mayor que el indicado en el dibujo. Esto puede resultar favorable en muchos casos, ya que permite utilizar una fresa de mayor diámetro en desbaste y se mantiene la productividad alta.
- Como alternativa, se puede utilizar una fresa con valor más pequeño de D_c para fresar el radio deseado para el ángulo.

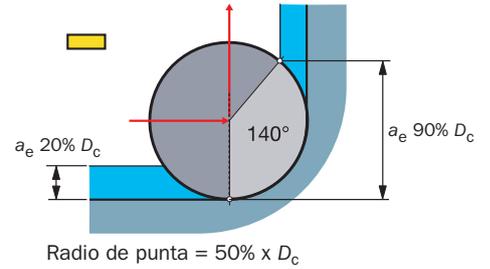
Desbaste

Un radio programado del 50% D_c resulta óptimo.

Acabado

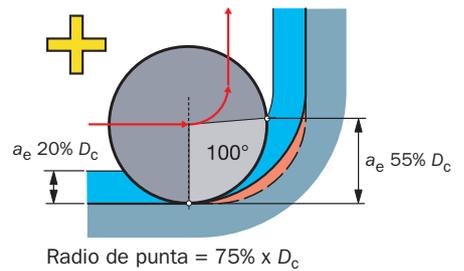
Para acabado, no siempre es posible utilizar un radio tan grande; sin embargo, el diámetro de la fresa no debe ser superior a 1.5 x radio de la pieza (por ejemplo, radio de punta 10 mm = máx. 15 mm).

El problema



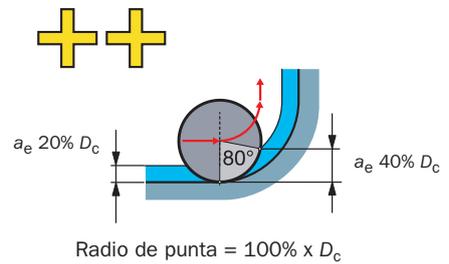
Fresado de esquinas tradicional

Solución n.º 1



Fresar un radio de pieza mayor

Solución n.º 2



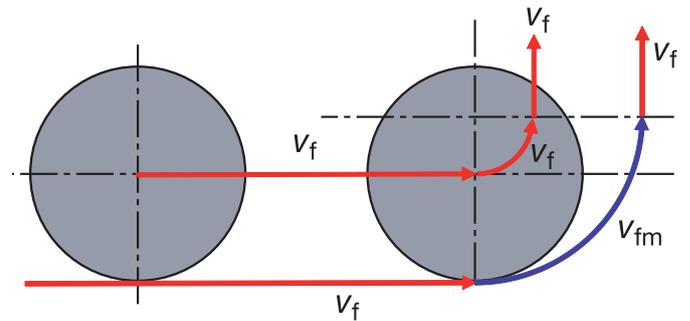
Utilizar una fresa más pequeña

Programación

Avance por línea central o avance periférico

Las máquinas están diseñadas para utilizar avance por la línea central, v_f , (sin compensación de radio) o avance periférico, v_{fm} (con compensación de radio).

Si la máquina requiere avance por la línea central y se programa avance periférico en su lugar (en máquinas sin compensación de radio), el valor de f_z será demasiado elevado y se incrementará el riesgo de rotura de la plaquita.



Avance por la línea central, v_f , o avance periférico, v_{fm} .

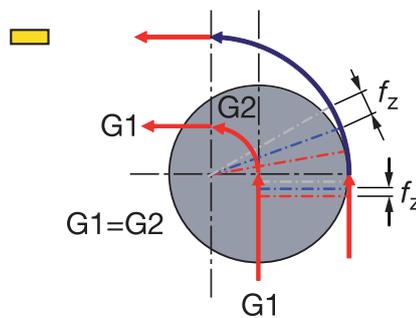
Programación del avance por la línea central

Los códigos NC generados programarán el centro de la fresa en lugar de la periferia.

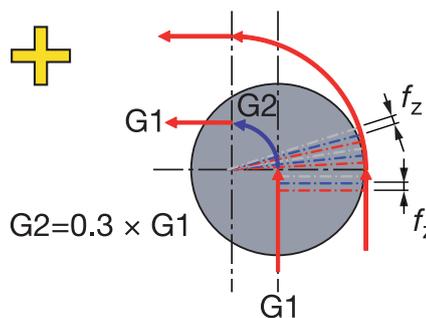
Para mecanizar en línea recta (G1), el avance en la pared de la pieza, v_{fm} , es el mismo que el avance programado, v_f , mientras que el avance periférico alrededor de la esquina (G2) será superior al del centro de la herramienta. Por tanto, el avance de mesa, v_f , se debe reducir para mantener el avance por diente, f_z .

En la tabla encontrará el factor de reducción, que depende de:

- Relación entre el diámetro de mecanizado y el radio de la pieza, D_c/rad_m
- Inmersión radial, a_e/D_c



Sin reducción de avance en la línea central, f_z se incrementará en la esquina.



Con reducción de avance en la línea central.

Reducción del avance por la línea central

D_c/rad_m	Valor del factor de reducción para el avance en la esquina (k)									
	a_e/D_c									
	0.05	0.15	0.25	0.35	0.45	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
2.00	0.22	0.34	0.40	0.45	0.48	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.80	0.30	0.34	0.42	0.46	0.50	0.53	0.60	0.67	0.75	0.86
1.60	0.44	0.42	0.44	0.49	0.53	0.56	0.60	0.67	0.75	0.86
1.40	0.55	0.54	0.54	0.52	0.56	0.59	0.62	0.67	0.75	0.86
1.20	0.63	0.64	0.64	0.64	0.62	0.65	0.63	0.71	0.75	0.86
1.00	0.71	0.72	0.72	0.73	0.74	0.62	0.77	0.79	0.83	0.86
0.80	0.78	0.79	0.79	0.80	0.82	0.83	0.85	0.87	0.89	0.94
0.60	0.84	0.85	0.86	0.86	0.87	0.88	0.90	0.91	0.93	0.96
0.40	0.90	0.90	0.91	0.92	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.98
0.20	0.95	0.96	0.96	0.96	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99

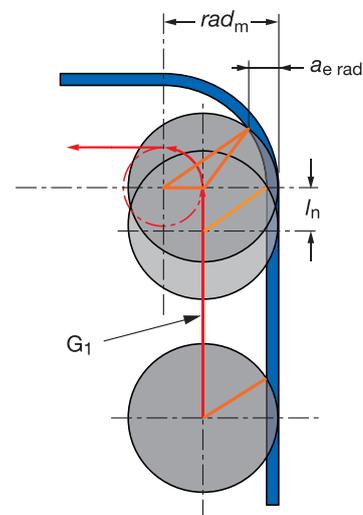
$$v_f \text{ reducido} = k \times v_f$$

Reducción del avance antes de la esquina

Es especialmente importante reducir el avance antes de alcanzar la esquina cuando se utiliza fresado a alta velocidad.

Mientras la fresa sigue avanzando directa hacia el extremo de la línea G1, el arco de empañe empieza a incrementarse. Por tanto, es necesario reducir el avance antes de alcanzar la esquina, es decir, dentro del intervalo comprendido por el $50\% \times D_c$.

La función de control anticipado de la máquina puede hacerse cargo automáticamente de estos cambios de avance.



Reducir el avance a esta distancia: $l_n = 50\% D_c$

Fresado con o sin refrigerante

La operación de fresado es un proceso intermitente por naturaleza. Esto provoca que la temperatura generada en el filo cambie constantemente entre distintos niveles de caliente ($\sim 1000^{\circ}\text{C}$) y frío.

Efecto del refrigerante

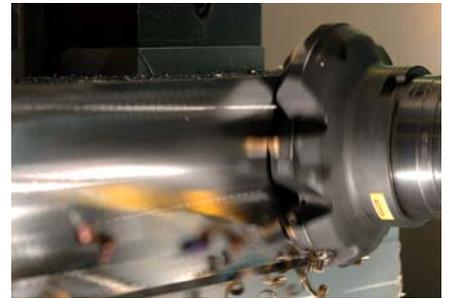
- Las variaciones de temperatura se hacen más fuertes cuando el filo entra y sale del corte.
- El filo está sometido a cambios bruscos de temperatura y tensiones cíclicas que pueden provocar fisuras y, en el peor de los casos, recortar prematuramente la duración eficaz de la herramienta.
- Cuanto más caliente se encuentre la zona de corte, menos adecuado será utilizar refrigerante. En operaciones de acabado, la aplicación de refrigerante no reducirá la vida útil de la herramienta tanto como en desbaste, debido al bajo nivel de generación de calor.



Fisuras térmicas en el filo

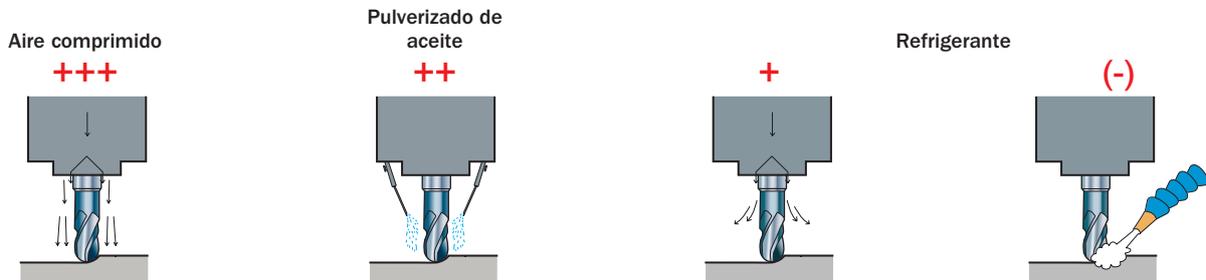
El fresado sin refrigerante prolonga la vida útil del filo

- Durante el fresado sin refrigerante se producen variaciones de temperatura, pero siempre dentro del ámbito de la calidad de metal duro.
- Las operaciones de fresado en desbaste siempre se deben ejecutar sin refrigerante.



Excepciones, cuándo se puede justificar el empleo de refrigerante

- Acabado de acero inoxidable y aluminio:
 - para evitar el empastamiento de partículas de metal en la textura superficial.
- Fresado de aleaciones termorresistentes a baja velocidad:
 - para lubricar y refrigerar la pieza.
- Fresado de fundición:
 - para humedecer y expulsar el polvo por razones ambientales, sanitarias y de calidad de la pieza.
- Fresado de piezas de paredes delgadas:
 - para evitar la distorsión geométrica.
- Es posible aplicar sistemas de microlubricación, es decir, aire comprimido con una pequeña cantidad de aceite especial, para ayudar a la evacuación de la viruta en cavidades profundas.



En los sistemas de microlubricación, la cantidad de "pulverizado de aceite" es de sólo algunos ml de aceite por hora y se elimina a través del sistema de ventilación y filtrado normal.

Flujo interior copioso

Flujo exterior

Si el fresado se tiene que realizar con refrigerante, éste se debe aplicar en gran cantidad.

Mecanizado de superficies

Superficie por generación axial

La superficie de planeado está generada por la faceta paralela, b_s . Según la tolerancia axial y la desviación de la fresa, la plaquita con la posición más baja será la que genere el acabado superficial.

Para generar una buena superficie, es importante garantizar que el avance por vuelta ($f_n = f_z \times z_n$) sea inferior al 80% de b_s .

Las fresas de paso reducido incrementan el avance por vuelta. Cuanto más grande es el diámetro de la fresa, mayor será el valor de f_n , que requiere un valor más alto de b_s .

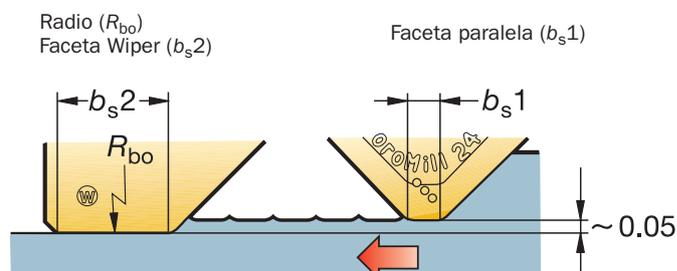
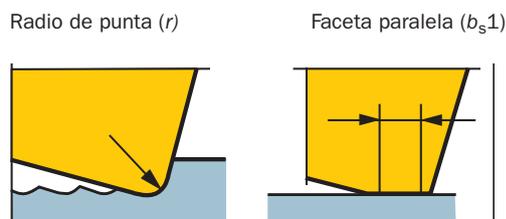
En cuanto el avance por vuelta supera la anchura de esta faceta, la excentricidad axial de la fresa afectará al perfil de la superficie.

Para conseguir el mejor acabado superficial, utilice:

- Plaquetas Wiper o plaquetas de fresado con un valor de b_s como mínimo un 25% superior a f_n
- Plaquetas cermet para acabado espejo
- Refrigerante para evitar el empastamiento.

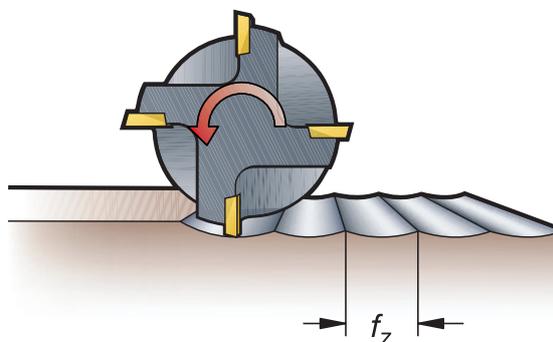
Las plaquetas redondas, o las plaquetas con radio de punta grande, aunque resultan extremadamente productivas, no generan una superficie de gran calidad. Cuanto mayor sea el diámetro de la fresa, peor será el acabado superficial.

Si desea más información acerca del fresado en acabado con plaquetas Wiper, consulte el apartado sobre planeado, en la página D 64.



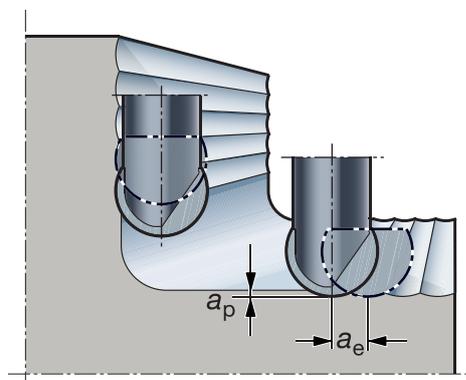
Fresado radial

Cuando se utiliza una fresa de ranurar, una fresa de escuadra o una fresa de disco, se genera una superficie radial. Si desea más información, consulte el apartado sobre fresado en escuadra y fresado de bordes, en la página D 51.



Perfilado en acabado

Cuando se utiliza una fresa de ranurar de punta esférica, se genera una superficie perfilada. Si desea más información, consulte el apartado sobre fresado de perfiles, en la página D 78.

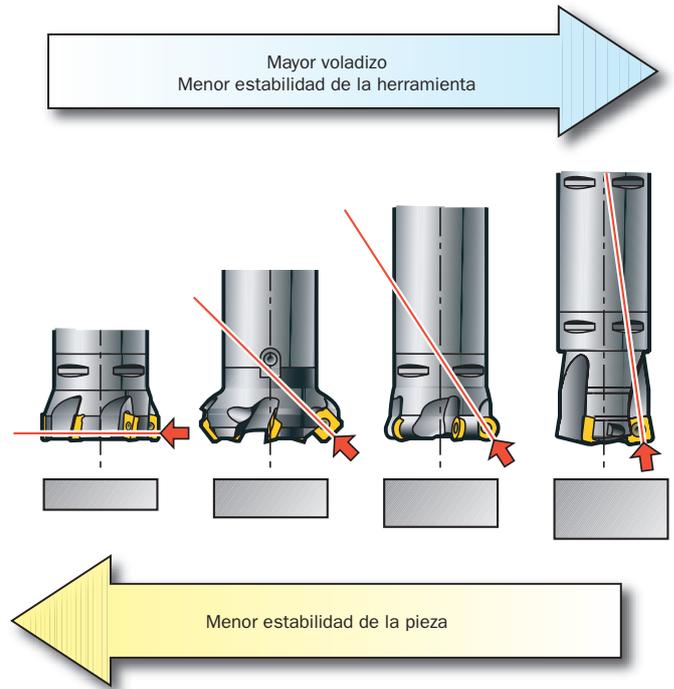


Cómo se pueden reducir las vibraciones

Las vibraciones pueden producirse debido a limitaciones de la herramienta, el portaherramientas, la máquina, la pieza o la fijación.

La herramienta

- En planeado, es necesario tener en cuenta la dirección de las fuerzas de corte:
 - Con una fresa de κ_r 90°, las fuerzas dominantes se centran en la dirección radial. Esto crea desviaciones de la fresa con grandes voladizos; sin embargo, la reducida fuerza axial presenta ventajas a la hora de fresar piezas de paredes delgadas/sensibles a las vibraciones.
 - Las fresas con κ_r 45° generan fuerzas radiales y axiales equivalentes.
 - Las fresas con plaquitas redondas dirigen la mayor parte de las fuerzas hacia el husillo, especialmente si la profundidad de corte es pequeña. También la fresa CoroMill 210 con κ_r 10° transmite las fuerzas sobre todo hacia el husillo y reduce la vibración generada debido a los grandes voladizos.
- Elija el diámetro más pequeño posible para la operación
- D_c debe ser un 20-50% más grande que el valor de a_e
- Elija una fresa con paso grande y/o paso diferencial.
- Es preferible una fresa de poco peso, por ejemplo, CoroMill Century con cuerpo de aluminio.

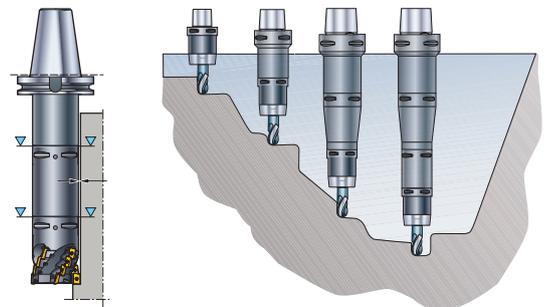


Con grandes voladizos, utilice un ángulo de posición pequeño=alta fuerza de corte axial. Con piezas de paredes delgadas e inestables, utilice un ángulo de posición grande = baja fuerza de corte axial.

La sujeción

El sistema de herramientas modulares Coromant Capto® permite montar las mismas con la longitud necesaria, a la vez que mantiene alta estabilidad y poca desviación.

- Mantenga el montaje de herramientas tan rígido y corto como sea posible.
- Elija el tamaño/diámetro de acoplamiento más grande posible.
- Utilice adaptadores Coromant Capto con fresas sobredimensionadas para evitar los adaptadores de reducción, consulte la figura.
- Para fresas pequeñas, utilice un adaptador cónico siempre que sea posible.
- En operaciones en las que la pasada final queda en la parte profunda de la pieza, cambie a herramientas con extensiones, con posiciones predefinidas, consulte la figura. Adapte los datos de corte a cada longitud de herramienta.
- Para velocidad del husillo superior a 20 000 rpm, utilice herramientas de corte y mangos equilibrados.



Las fresas sobredimensionadas admiten el tamaño de acoplamiento más grande posible.

Utilice siempre la longitud más corta posible. Amplíe la longitud sucesivamente.

Fresas antivibratorias Silent Tools

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 Silent Tools pueden mejorar radicalmente la productividad. Si desea más información, consulte Portaherramientas, capítulo G.



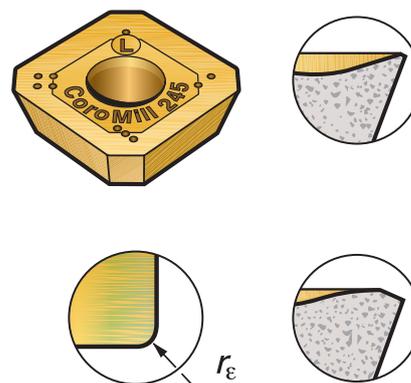
El filo

Para minimizar la fuerza de corte:

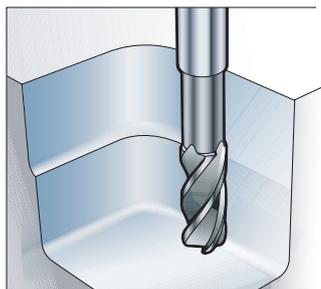
- Elija una geometría de corte ligero, -L, con filo agudo y una calidad con recubrimiento delgado.
- Reduzca las fuerzas de corte utilizando plaquitas con radio de punta pequeño y facetas paralelas pequeñas.

A veces, si se añade un dispositivo antivibratorio al sistema, es posible reducir la tendencia a las vibraciones:

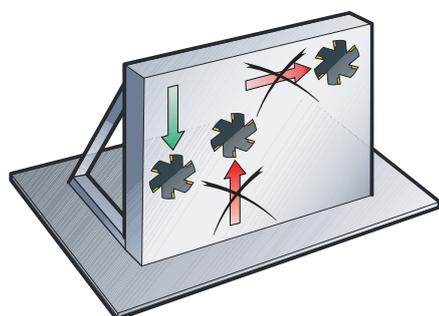
- Utilice una geometría de filo más negativo y un filo ligeramente gastado.



Datos de corte y programación del recorrido de la herramienta



- Coloque siempre la fresa descentrada respecto a la superficie de fresado.
- Con un valor de κ_r 90° las fresas de filo largo o las fresas de ranurar utilizan baja inmersión radial – máx. $a_e = 25\% D_c$ y alto corte axial – máx. $a_p = 100\% D_e$.
- En planeado, utilice poca profundidad de corte, a_p , y alto avance, f_z , con plaquitas redondas o fresas de alto avance con ángulo de posición pequeño.
- Evite la vibración en las esquinas programando un recorrido de radio grande, consulte el apartado sobre fresado de esquinas, en la página D 26.
- Si el espesor de la viruta se reduce demasiado, el filo producirá fricción en lugar de corte y aparecerá la vibración. En estos casos, es necesario incrementar el avance por diente.



Para fijaciones débiles, dirija el avance hacia la mesa de la máquina

La máquina-herramienta

El estado de la máquina puede ejercer una gran influencia sobre la tendencia a la vibración. Excesivo desgaste de los cojinetes del husillo o mecanismo de avance pueden ocasionar propiedades de mecanizado deficientes.

- Elija estrategias de mecanizado y direcciones de fuerza de corte que permitan aprovechar completamente la estabilidad de la máquina.

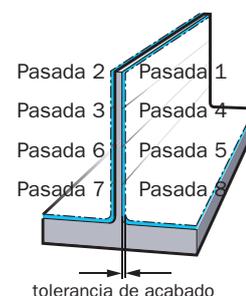
El husillo de cada máquina presenta áreas en las que hay más tendencia a la vibración. Las áreas de mecanizado estable se describen como lóbulos de estabilidad que se hacen más grandes al incrementar el valor de rpm.

- Incluso pequeños incrementos de 50 rpm pueden convertir un proceso de mecanizado inestable, con vibración, en estable.

La pieza y su fijación

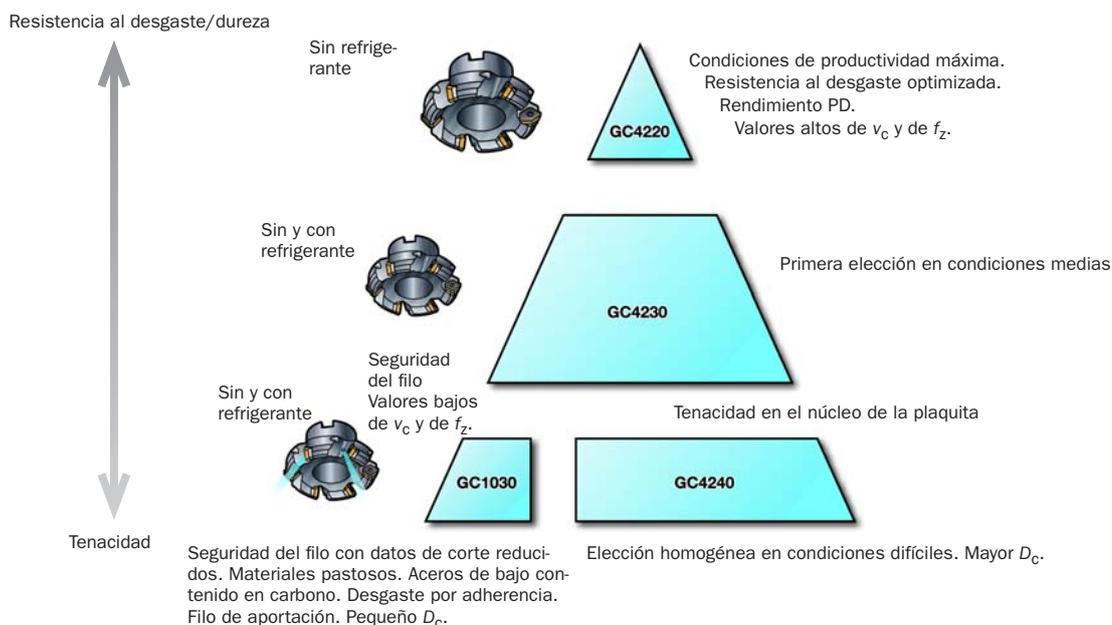
Fresado de piezas de pared/base delgada y/o cuando la fijación es débil.

- La fijación debe estar cerca de la mesa de la máquina.
- Optimice el recorrido de la herramienta y dirija el avance hacia el punto más fuerte de la fijación/máquina para conseguir las condiciones de mecanizado más estables.
- Evite mecanizar en direcciones en donde la pieza no esté bien apoyada.
- El fresado hacia arriba puede reducir la tendencia a la vibración si la fijación y/o la pieza presentan debilidad en una dirección concreta.

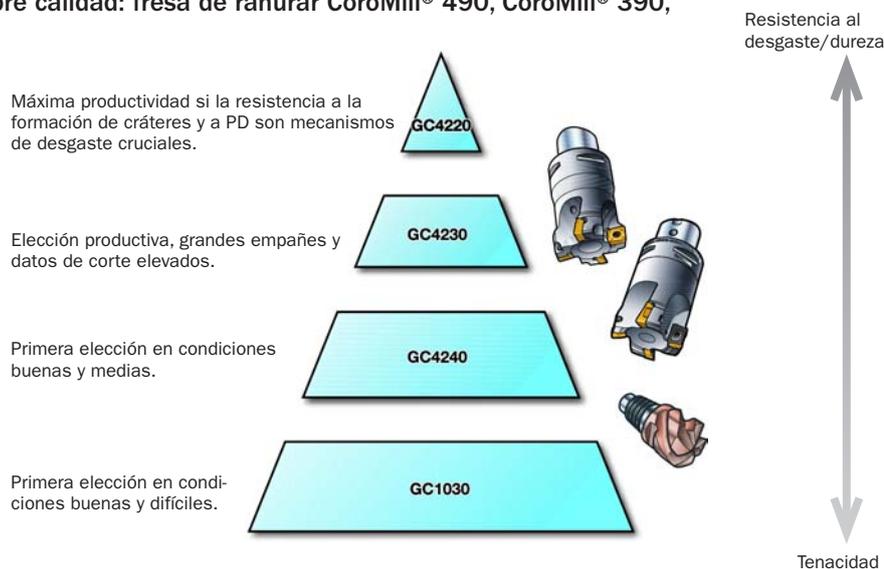


Tenga en cuenta que el primer paso se debe realizar con la mitad de profundidad que el segundo, tercero, etc. Si desea más información, consulte el apartado sobre fresado en escuadra, en la página D 52.

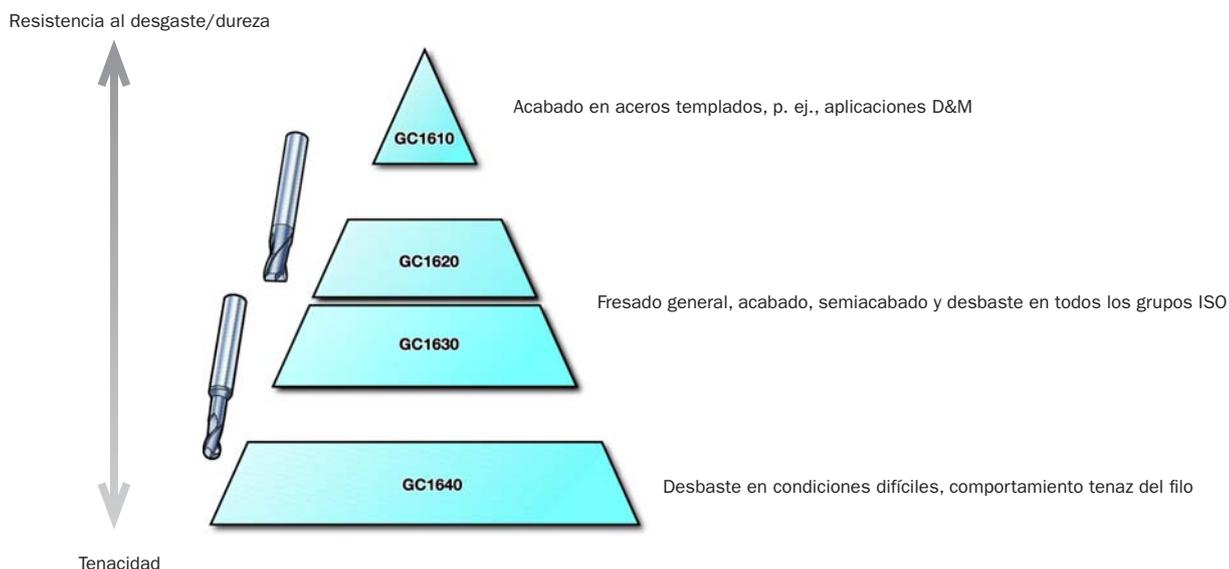
Diretrizes sobre calidades: planeado



Diretrizes sobre calidad: fresa de ranurar CoroMill® 490, CoroMill® 390, CoroMill® 316



CoroMill® Plura



M Fresado de acero inoxidable

La maquinabilidad del acero inoxidable es distinta según los elementos de aleación, el tratamiento térmico y el proceso de fabricación (forjado, fundición, etc.)

Si desea más información acerca de los materiales y su clasificación, consulte el capítulo H. Consulte los datos de corte recomendados en el catálogo principal.

Ferrítico/martensítico

Clasificación del material: P5.x

Los aceros inoxidables ferrítico y martensítico recocido tienen una maquinabilidad comparable a la del acero de aleación baja y permiten utilizar las recomendaciones para fresar acero.

Inoxidable austenítico y dúplex

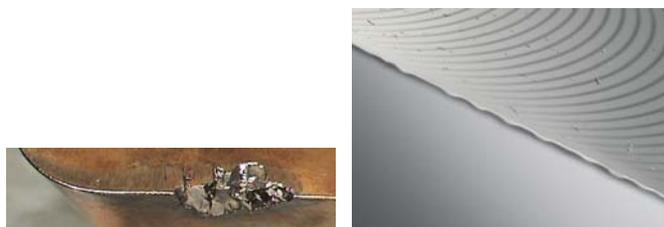
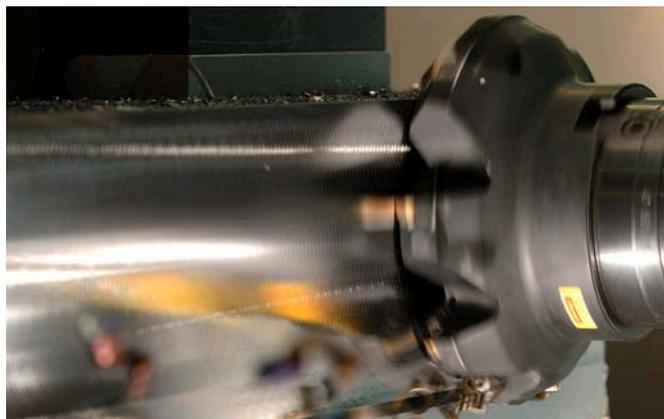
Clasificación del material: M1.x, M2.x y M3.x

Principales problemas

- Los criterios dominantes de desgaste al fresar acero inoxidable austenítico y dúplex son: astillamiento en los filos debido a fisuras térmicas, desgaste en entalladura y filo de aportación/empastamiento.
- En la pieza, los problemas principales son formación de rebabas y problemas de acabado superficial.

Fresas y plaquitas más adecuadas

- La mayor parte de las fresas CoroMill se pueden utilizar en acero inoxidable austenítico y dúplex con solo elegir una geometría y calidad de plaquita específicas.
- En planeado, CoroMill 245 y CoroMill 300 resultan más adecuadas que CoroMill 345 y CoroMill 200, debido a su geometría más positiva.
- Utilice fresas con plaquita redonda o ángulo de posición pequeño para minimizar el desgaste en entalla.
- Utilice geometría de plaquita positiva (-ML, -WL).
- GC2030 (PVD) es la primera elección.
- GC2040 (MT-CVD) es la calidad complementaria para condiciones tenaces y fundición de acero inoxidable, donde predomina el desgaste por abrasión.
- GC1030 (PVD) es la elección universal para producción mixta (ISO P, M y S)
- Si aparecen fisuras térmicas, cambie a una calidad más dura/resistente al desgaste, es decir, de GC2040 a GC2030.
- Para CoroMill Plura, la calidad GC1630 es la elección básica y GC1640 es una elección complementaria cuando se incrementa la exigencia de tenacidad y es necesario utilizar refrigerante por el interior.



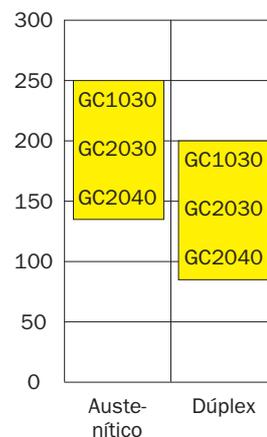
Astillamiento en el filo de la plaquita.

Formación de rebabas y acabado superficial deficiente.



Fisuras térmicas debidas al refrigerante

Velocidad de corte v_c
m/min



Sugerencias de aplicación

Desbaste

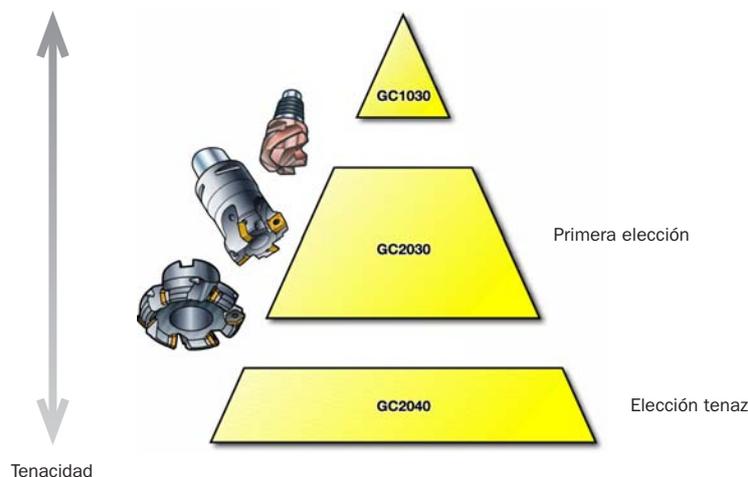
- Utilice altas velocidades de corte ($v_c = 150-250$ m/min) para evitar el filo de aportación.
- En desbaste, trabaje siempre sin refrigerante, para minimizar problemas de fisuras térmicas.

Acabado

- En acabado, puede ser necesario utilizar fluido de corte o, preferiblemente, refrigerante pulverizado/lubricación mínima para mejorar el acabado superficial. Hay menos problemas de fisuras térmicas en acabado porque el calor generado en la zona de corte es menor.
- Con una calidad cermet, CT530, es posible conseguir un acabado superficial suficiente sin refrigerante.
- Si el avance, f_z , es demasiado bajo, puede producirse mayor desgaste de la plaquita porque el filo sigue mecanizando en la zona endurecida por deformación.

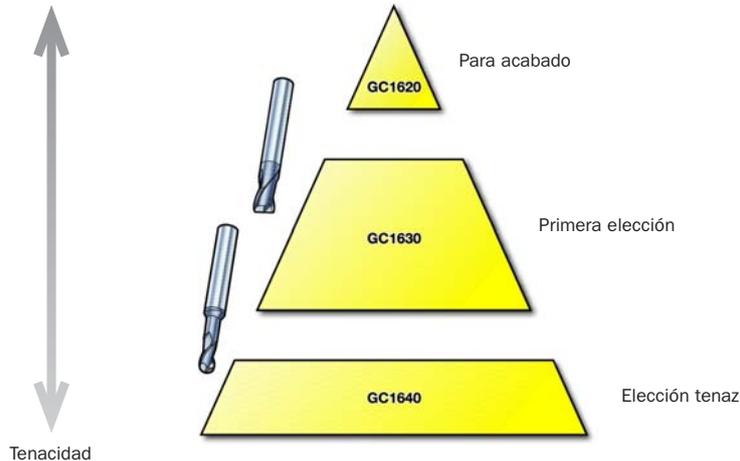
Fresas con plaquita intercambiable CoroMill®

Resistencia al desgaste/dureza



CoroMill® Plura

Resistencia al desgaste/dureza



K Fresado de fundición

La fundición se puede clasificar en maleable, gris, nodular, de grafito compactado (CGI) y fundición dúctil austemperizada (ADI).

Si desea más información acerca de los materiales y su clasificación, consulte el capítulo H. Consulte los datos de corte recomendados en el catálogo principal.

Fundición gris

Clasificación del material: K2.x

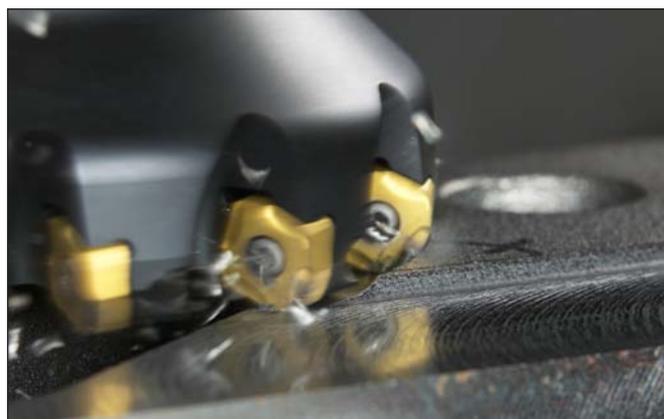
Principales problemas

- Los criterios dominantes de desgaste al fresar fundición gris son en incidencia, por abrasión y fisuras térmicas.
- En la pieza, los problemas principales son el desmenuzamiento en el lado de salida de la fresa y problemas de acabado superficial.

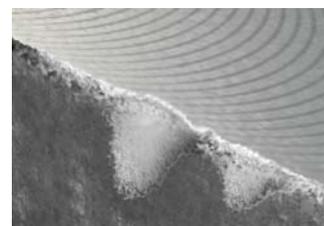
Fresas y plaquitas más adecuadas

Hay varios conceptos de fresa que están diseñados inicialmente para fresar fundición gris:

- Fresa versátil CoroMill 365.
- Fresa para desbaste AUTO R.
- Fresa regulable para acabado AUTO-AF.
- Fresa no regulable para acabado AUTO-FS. Hay disponibles cartuchos CoroMill 245 para cuerpos de fresa AUTO-AF como alternativa.
- Plaquetas Wiper, consulte la página D 64, disponibles para todos los anteriores conceptos de fresado.
- La mayor parte de las otras fresas CoroMill también se pueden utilizar en fundición gris con solo elegir una geometría y calidad de plaquita específicas.
- CoroMill 345 es una buena elección para producción mixta de acero y fundición.
- Utilice geometrías K, -KL, -KM, -KH y -KW (Wiper).
- Encontrará las recomendaciones de calidad para fresas de plaquita intercambiable en el apartado Sugerencias de aplicación.
- Para las fresas integrales de metal duro CoroMill Plura la calidad GC1620 y para CoroMill 316 la calidad GC1030 son las elecciones básicas.



Típico desgaste de la plaquita



Desmenuzamiento de la pieza



Sugerencias de aplicación

Desbaste

- Trabaje preferiblemente sin refrigerante, para minimizar problemas de fisuras térmicas. Utilice plaquetas de metal duro con recubrimiento grueso. GC3040 es la primera elección y GC3220 la optimizadora para alta velocidad.
- Si el desmenuzamiento de la pieza es un problema
 - verifique el desgaste en incidencia
 - baje el avance, f_z , para reducir el espesor de la viruta.
 - utilice una geometría más positiva, -KL



- Si es necesario utilizar refrigerante para evitar la formación de polvo, etc. elija las calidades para fresar con refrigerante. K20W es la elección básica, y K15W y GC3040 son las calidades complementarias.
- El metal duro con recubrimiento es siempre la primera elección, pero también se pueden utilizar las de cerámica (CC6190). Tenga en cuenta que la velocidad de corte, v_c , debe ser muy alta, por encima de 800 m/min. La formación de rebabas en la pieza limita la velocidad de corte. No se debe utilizar refrigerante.

Acabado

- Utilice plaquitas de metal duro con recubrimiento delgado o, como alternativa, un metal duro sin recubrimiento, por ejemplo, GC3220 sin refrigerante y K15 W con refrigerante.
- Se puede utilizar nitruro de boro cúbico (CB50) para acabado a alta velocidad en fundición gris. No se debe utilizar refrigerante.

Fundición nodular

Clasificación del material: K3.x

Fundición nodular ferrítica y ferrítica/perlítica

La maquinabilidad de la fundición nodular ferrítica es muy similar a la del acero de aleación baja. Por tanto, se deben utilizar las recomendaciones de fresado indicadas para los materiales ISO P en cuanto a selección de herramientas, geometrías y calidades de plaquitas. La calidad de primera elección es GC1020.

Fundición nodular perlítica

Es más abrasiva, por ello se recomiendan las calidades ISO K.

Fundición de grafito compactado (CGI)

Clasificación del material: K4.x

Contenido perlítico inferior al 90%

Este tipo de fundición CGI, que suele tener una estructura perlítica de alrededor del 80%, es la que suele utilizarse para fresar. Algunas piezas típicas son bloques de motor, culatas de cilindros y colectores de escape.

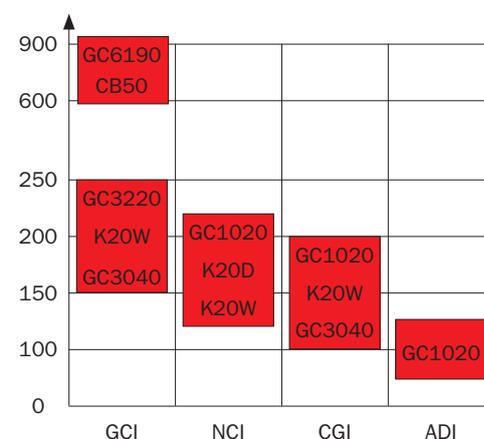
Las recomendaciones de fresas son las mismas que para fundición gris; sin embargo, se deben elegir geometrías de plaquita más agudas, más positivas, por ejemplo -KX y -KL para fresas AUTO-R, con objeto de minimizar la formación de rebabas en la pieza.

La calidad de primera elección es GC1020.

GC1020 es la elección básica para mecanizar con o sin refrigerante. Una alternativa para mecanizar sin refrigerante es la K20D, y con refrigerante la K20W.

El fresado circular puede ser un buen método alternativo para el mandrinado convencional de cilindros en fundición CGI.

Velocidad de corte v_c
m/min



Fundición dúctil austemperizada (ADI)

Clasificación del material: K5.x

El desbaste se suele realizar en estado no templado y se puede comparar con el fresado de un acero de alta aleación.

Sin embargo, la operación de acabado se realiza con el material templado, que resulta muy abrasivo. Esto se puede comparar con el fresado de aceros duros, ISO H. Son preferibles las calidades con alta resistencia frente al desgaste por abrasión. GC1020 es la primera elección tanto con como sin refrigerante, la calidad complementaria para materiales ADI más duros es GC1010.

Si se compara con la NCI, la vida útil de la herramienta en fundición ADI se reduce aprox. un 40% y las fuerzas de corte son aprox. un 40% superiores.

N Fresado de aluminio

La maquinabilidad del aluminio es distinta en función del contenido de Si. El tipo más habitual es el hipeutético, con un contenido de Si inferior al 13%.

El grupo de materiales ISO N incluye no solo aluminio, sino también aleaciones con base de magnesio, cobre y zinc. Si desea más información acerca de los materiales y su clasificación, consulte el capítulo H. Consulte los datos de corte recomendados en el catálogo principal.

Aluminio con contenido de Si inferior al 13%

Clasificación del material: N1.1-3

Principales problemas

- Los criterios dominantes de desgaste son filo de aportación/empastamiento en los filos, que provocan formación de rebabas y problemas de acabado superficial.
- En fundición de aluminio las incrustaciones de arena pueden ocasionar problemas.
- Buena formación y evacuación de la viruta son cruciales para evitar marcas de estrías sobre la superficie de la pieza.

Conceptos de fresa más adecuados

Las fresas diseñadas inicialmente para mecanizar aluminio son:

- CoroMill Century
- CoroMill 790
- CoroMill Plura R216.32, R216.33 y R216.42

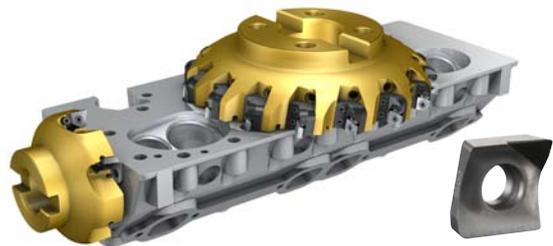
La mayor parte de las otras fresas CoroMill también se pueden utilizar en aluminio con solo elegir una geometría y calidad de plaquita específicas.

Elija geometrías de plaquita positivas con filos agudos

- Utilice calidades de metal duro sin recubrimiento (H13A, H10) si el contenido de Si es inferior a aprox. 8%



CoroMill 790 específica para aluminio.



CoroMill Century para planear aluminio.

Plaquita con punta PCD, CoroMill Century

- Si el contenido de Si es superior a aprox. 8%, las plaquitas PCD (CD10) suelen ofrecer mejor economía de mecanizado.

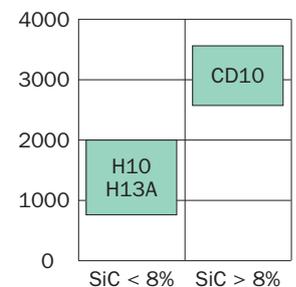
Sugerencias de aplicación

- A diferencia de las demás aplicaciones de fresado, siempre se debe utilizar refrigerante con aluminio para evitar el empastamiento sobre los filos de la plaquita y para mejorar el acabado superficial.
- Una velocidad de corte más alta suele mejorar el rendimiento y no afecta negativamente a la vida útil de la herramienta.
- Se recomienda un valor de h_{ex} de 0.10-0.20 mm. Los valores demasiado bajos pueden favorecer la formación de rebabas.

Advertencia: compruebe que no se supera el valor máximo de rpm para la fresa.

- Dados los altos avances de mesa, se debe utilizar una máquina con función de "control anticipado" para evitar errores dimensionales.
- La vida útil de la herramienta está siempre limitada por la formación de rebabas o por el acabado superficial de la pieza. El desgaste de la plaquita resulta difícil de utilizar como criterio de vida útil de la herramienta.

Velocidad de corte v_c m/min



S Fresado de HRSA y titanio

Las superaleaciones termorresistentes (HRSA) se dividen en tres grupos de materiales: aleaciones con base de níquel, de hierro y de cobalto. El titanio puede ser puro o aleado. La maquinabilidad de las HRSA y del titanio es mala, especialmente en estado envejecido, que impone exigencias particulares a las herramientas. Si desea más información, consulte el apartado Materiales en el capítulo H y la guía de aplicación "Superaleaciones termorresistentes", n.º de pedido C-2920:24 o la guía "Mecanizado de titanio", n.º de pedido C-2920:22.

Recomendaciones generales

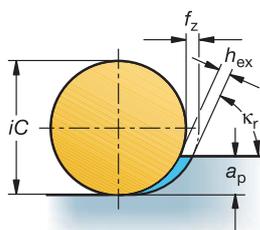
Válidas para aleaciones HRSA y de titanio

Principales problemas

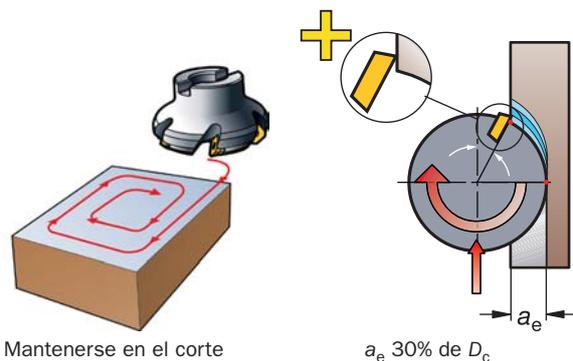
- El fresado de HRSA y titanio suele requerir máquinas con alta rigidez, y alta potencia y par con valores bajos de rpm.
- Los tipos de desgaste más habituales son desgaste en entalladura y astillamiento del filo.
- La gran generación de calor limita la velocidad de corte.

Conceptos de fresa y plaquitas más adecuados

- Utilice fresas con plaquita redonda (CoroMill 300, CoroMill 200) siempre que sea posible para obtener un menor espesor de viruta.
- CoroMill 690 es una fresa de filo largo optimizada para fresar titanio. Para profundidad de corte inferior a 5 mm, el ángulo de posición no debe superar 45°. En la práctica, se recomienda utilizar una plaquita redonda con ángulo de desprendimiento positivo.
- La precisión de la fresa en dirección radial y axial es esencial para mantener constante la carga por diente y que la operación sea uniforme, y para evitar fallos prematuros en algunos dientes de la fresa.
- La geometría del filo debe ser siempre positiva con un redondeamiento efectivo en el filo, que evite la adherencia de la viruta en el punto en el que el filo sale del corte.
- El número de dientes que actúan realmente en el corte durante el ciclo de fresado debe ser lo más alto posible. De esta manera se consigue buena productividad, si hay estabilidad. Utilice fresas con paso reducido.



Utilice fresas con plaquita redonda para minimizar el desgaste en entalladura



Mantenerse en el corte

a_e 30% de D_c



= Vida útil de la herramienta

= Reducción de la vida útil de la herramienta al incrementar los parámetros de mecanizado

Los cambios tienen distinto impacto sobre la vida útil de la herramienta; la velocidad de corte, v_c , es el que más influye, seguido por a_e , etc.

Refrigerante

A diferencia del fresado en el resto de materiales, se recomienda utilizar siempre refrigerante para ayudar a eliminar la viruta, controlar el calentamiento del filo y evitar el remecanizado de virutas. Es preferible aplicar alta presión de refrigerante (70 bar) a través del husillo/herramienta en lugar de hacerlo por el exterior con baja presión.

Excepción: no se debe aplicar refrigerante durante el fresado con plaquitas de cerámica debido a los cambios bruscos de temperatura.



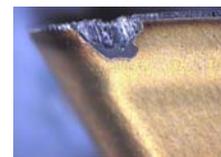
CoroMill 690

Es preferible suministrar el refrigerante en el interior de la fresa cuando se utilizan plaquitas de metal duro

Desgaste de plaquita/herramienta

Las dos causas más habituales de fallo de la herramienta y acabado superficial deficiente son:

- Excesivo desgaste en incidencia y desmenuzamiento del filo.
- Desgaste en entalladura.
- La mejor práctica es intercambiar los filos con frecuencia, para garantizar la fiabilidad del proceso.
- El desgaste en incidencia alrededor del filo no debe superar 0.2 mm para una fresa con ángulo de posición de 90 grados, como la CoroMill 490, o un máximo de 0.3 mm para plaquitas redondas.

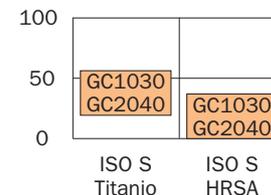


Típico desgaste de la plaquita

Recomendaciones de calidad y geometría

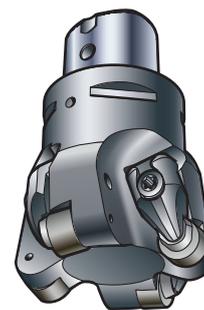
- GC2040 para desbaste y condiciones difíciles
- GC1030 para semidesbaste y acabado
- Utilice geometrías positivas, como -ML y -PL
- GC1620 es la elección básica para las fresa de metal duro CoroMill Plura

Velocidad de corte v_c
m/min



Fresa con plaquitas de cerámica para desbaste de HRSA

- El fresado con cerámica suele realizarse a una velocidad entre 20 y 30 veces más alta que con metal duro, aunque con un avance más bajo (~0.1 mm/diente), lo que aporta una ganancia importante de productividad. Debido a la intermitencia del mecanizado, es una operación con menos calentamiento que el torneado. Por esta razón, se adoptan velocidades de 700-1.000 m/min para fresar mientras que para tornearse se utiliza 200-300 m/min.
- La cerámica tiene alta tendencia al desgaste en entalla y por ello se utilizan sobre todo plaquitas redondas que garantizan un bajo ángulo de posición.
- No utilice nunca refrigerante.
- La cerámica afecta negativamente a la integridad y relieve de la superficie, y por ello no se recomienda para acabado.
- La principal aplicación de la calidad CC6060 (Sialon) es el fresado de piezas de fundición para motores, para Inconel 718, fresado de equipos de perforación petrolífera, en los dos casos gracias a la alta velocidad de arranque de viruta.
- El desgaste en incidencia máximo cuando se utilizan plaquitas de cerámica en HRSA es 0.6 mm.
- Gama de fresas: para realizar el pedido, póngase en contacto con su representante local Sandvik Coromant.



Fresa con plaquitas de cerámica para HRSA

Nota:

- Las plaquitas de cerámica NO están recomendadas para titanio
- NO se debe utilizar refrigerante con plaquitas de cerámica.

H Fresado de acero templado

Este grupo incluye acero templado y revenido con dureza $>45 - 65$ HRC. Si desea más información acerca de los materiales y su clasificación, consulte el capítulo H. Consulte los datos de corte recomendados en el catálogo principal.

Algunas piezas típicas son:

- Herramientas con placas de acero para moldes de estampación
- Moldes de plástico
- Matrices de forja
- Matrices de fundición
- Bombas de combustible

Principales problemas

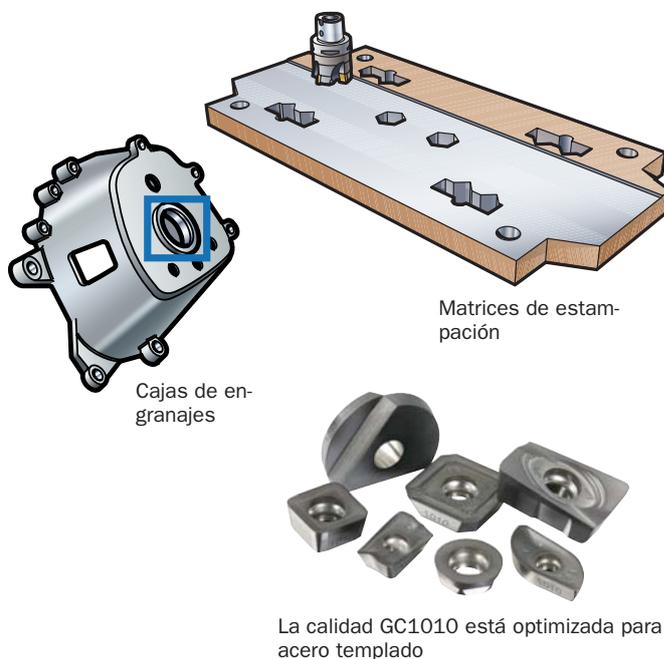
- Desgaste en incidencia por abrasión en la plaquita.
- Desmenuzamiento de la pieza.



Conceptos de fresa más adecuados

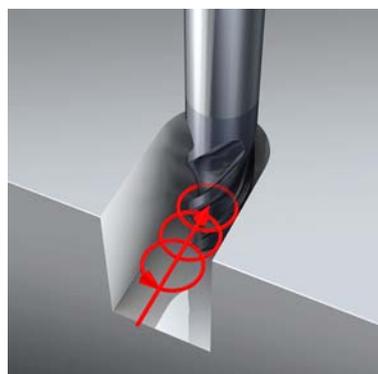
- La mayor parte de las fresas CoroMill se pueden utilizar en acero templado con solo elegir una geometría y calidad de plaquita específicas.
- Utilice geometrías de plaquita positiva con filos agudos. De esta manera se reducen las fuerzas de corte y se obtiene una acción de corte suave.
- La calidad GC1010 está optimizada para acero templado.
- GC1030 es una elección complementaria para condiciones inestables, por ejemplo, el desbaste en materiales soldados.
- Para acabado con CoroMill Plura, elija la calidad GC1610.

La calidad CBN CB50 se puede utilizar en operaciones de acabado.



Sugerencias de aplicación

- Trabaje evitando el refrigerante.
- El fresado trocoidal (consulte la página D 121) es un método adecuado, que permite alto avance de mesa combinado con baja fuerza de corte, mantiene baja la temperatura del filo y la pieza, y esto mejora productividad, vida útil de la herramienta y tolerancia de la pieza.
- La estrategia de mecanizado "ligero y rápido" también se puede aplicar en planeado, es decir, con poca profundidad de corte, tanto a_e como a_p . Utilice una fresa de paso reducido y velocidades de corte relativamente altas.



Fresado trocoidal

Fresado en escuadra

Información general de aplicación

Fresado en escuadra/planeado

Elección de herramientas D 44

Cómo se aplica D 46



Recantado

Elección de herramientas D 50

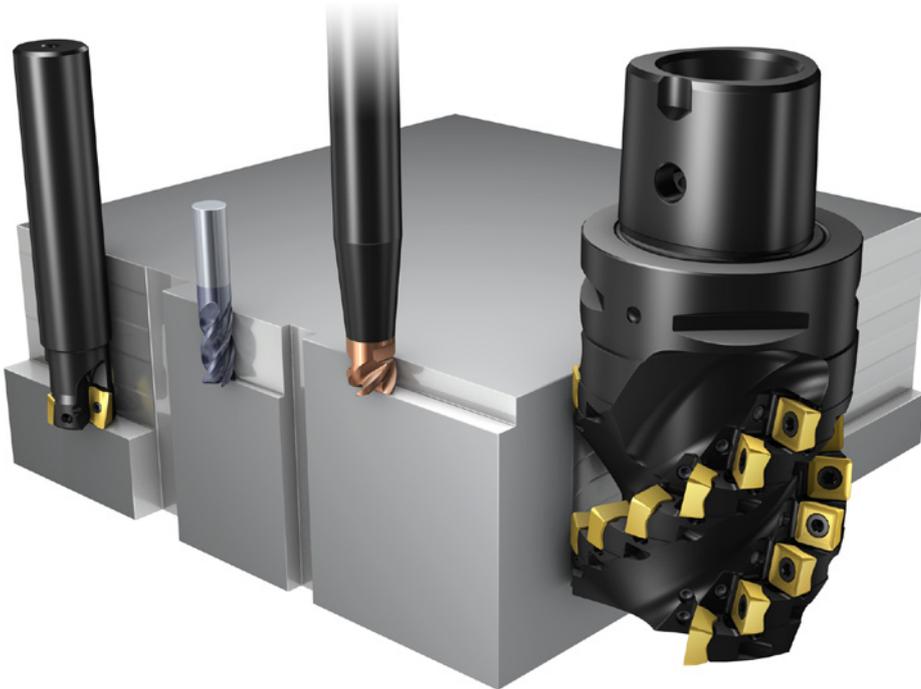
Cómo se aplica D 50



Fresado en escuadra

Elección de herramientas D 45

Cómo se aplica D 48



Profundidad

Fresado

Resolución de problemas D 128

Fresado en escuadra/planeado

Durante el fresado en escuadra se generan dos superficies al mismo tiempo, operación que requiere combinar fresado periférico y planeado.

Conseguir una escuadra real, de noventa grados, es uno de los requisitos más importantes.

Es posible realizar fresado en escuadra con fresas para escuadrar tradicionales y también utilizando fresas de ranurar, fresas de filo largo y fresas de disco. Con todas estas alternativas, resulta esencial un estudio minucioso de los requisitos de la operación para que la elección sea la más acertada.



Elección de herramientas

Fresado en escuadra/planeado

	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 290	CoroMill® Century	CoroMill® 331
					
Diám. de fresa (D_c), mm	20 – 80	40 – 200	40 – 250	40 – 200	80 – 315
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	5.5	15.7	10.7	10	10.6
Escuadra real de 90°	+++	++	+	+	++
Material					

Fresas para escuadrar

Las fresas de planear y escuadrar de diseño convencional suelen tener capacidad de fresado en escuadra profundo.

- La fresa de primera elección es CoroMill 490, precisa y de corte ligero. Esta fresa ofrece precisión para fresar escuadras más profundas en varias pasadas con muy pocas aristas.

- La gama de productos de fresado CoroMill 390 ofrece numerosas plaquitas, en concreto una serie completa con radio de punta, que la convierten en fresa de uso universal. También es la fresa de primera elección para fresado en escuadra pesado y superficial.

- CoroMill Century es la fresa de primera elección para acabado a alta velocidad en aluminio, pero también resulta adecuada para fresar otros materiales.

- Muchas fresas de planear y escuadrar son fresas universales y se pueden utilizar también para hacer agujeros. Suponen una buena alternativa a las fresas de planear para superficies con flexión axial o para fresar junto a paredes verticales.

- La fresa de disco CoroMill 331 es apropiada para ranurar y también se puede utilizar para mecanizar escuadras anchas y superficiales. Resulta útil también para algunas operaciones especiales de fresado, como refrentado inverso.

Fresado en escuadra: fresas de ranurar

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	CoroMill® 390 antivibratoria	CoroMill® 790
						
Diám. de fresa (D_c), mm	10 – 20	10 – 25	20 – 80	12 – 40	20 – 40	25 – 100
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	38	11	5.5	15.7	10	12 / 18
Escuadra real de 90°	+++	+++	+++	++	++	++
Material						

Fresas de ranurar

Las fresas de ranurar de plaquita intercambiable y de metal duro son una buena solución para escuadras que requieran accesibilidad.

- La primera elección para fresado universal es CoroMill 390. Hay una versión antivibratoria que permite mecanizar con eficacia superficies en profundidad.

· CoroMill 790 es la fresa de primera elección para fresar materiales no féreos.

· Las fresas de ranurar de metal duro CoroMill Plura están disponibles en un gran número de versiones para la mayoría de condiciones de fresado.

Fresado en escuadra: fresas de filo largo

	Fresa de filo largo CoroMill® 390	Fresa de filo largo CoroMill® 690	Fresa Coromant de filo largo para acabado
			
Diám. de fresa (D_c), mm	32 – 200	50 – 100	50 – 80
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	85	112	150
Escuadra real de 90°			+++
Material			

Fresas de filo largo

Las fresas de filo largo se suelen utilizar para fresar escuadras más profundas.

- La primera elección para desbaste general es CoroMill 390; en condiciones estables es capaz de realizar tareas pesadas de eliminación de material.
- CoroMill 690 es la fresa de primera elección para fresar titanio.

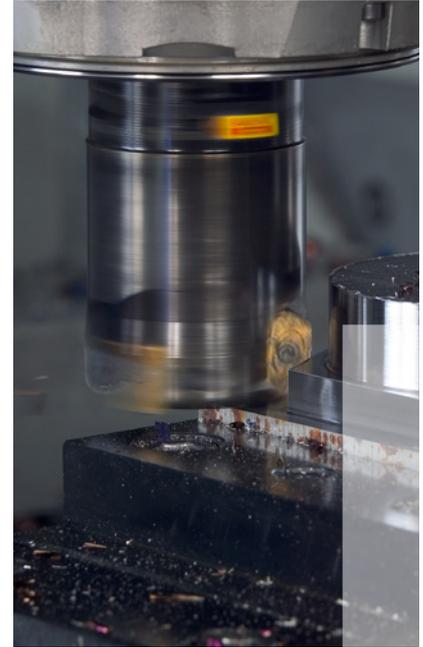
· Entre las fresas de este tipo, la fresa de filo largo Sandvik Coromant para acabado y corte ligero produce un acabado superficial superior.

Nota: todas las fresas indicadas pueden realizar operaciones de recanteado y fresado de escuadras en salientes.

Cómo se aplica

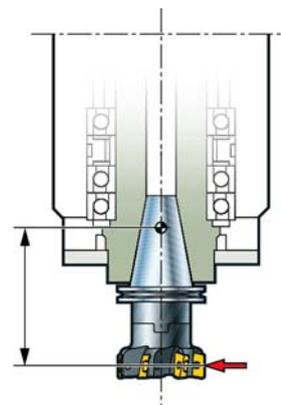
Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

- El fresado hacia abajo siempre es la primera elección y es especialmente importante para fresar en escuadra debido al ángulo de posición de 90°.
- El mecanizado se debe realizar de manera que las fuerzas de corte se dirijan hacia los puntos de apoyo de la fijación siempre que sea posible. El fresado hacia arriba puede, no obstante, representar una buena alternativa en algunos casos.
- La selección del paso de fresa depende de la estabilidad de todo el sistema, incluyendo: la máquina-herramienta, la pieza y su sujeción, y también el material de la pieza.
- En máquinas ISO 40 y máquinas más pequeñas, se recomienda utilizar fresas de paso grande por la limitación de estabilidad.
- Las fresas de paso grande también están recomendadas para mecanizar piezas montadas en alto sobre una fijación en cubo. Si desea más información acerca de la rigidez de la pieza y la estabilidad de montaje, consulte Presentación, en la página D 31.
- La colocación de la fresa sobre la pieza es muy importante y debe recibir atención suplementaria.
- Si $D_c/a_e > 10$, el avance, f_z , se debe ajustar según el valor de h_{ex} para conseguir un buen resultado y evitar la rotura del filo.
- Si la profundidad de la escuadra es inferior al 75% de la longitud del filo, la calidad de la superficie vertical no suele necesitar acabado adicional.
- Elija una plaquita de metal duro de calidad más tenaz que para planear.
- Si utiliza fresas de filo largo CoroMill, las condiciones son exigentes y, por tanto, es posible que se requiera una calidad aún más tenaz.
- Cuanto más profundo sea el mecanizado, más importante resulta elegir una velocidad de corte baja que permita evitar la vibración.
- Si hay vibración, reduzca el valor de v_c e incremente el valor de f_z , y verifique el valor recomendado de h_{ex} .
- Compruebe que la máquina tiene potencia suficiente para los datos de corte seleccionados. Consulte el capítulo I, si necesita información acerca del cálculo de potencia.



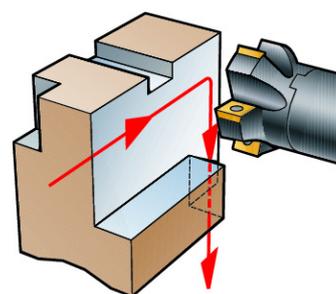
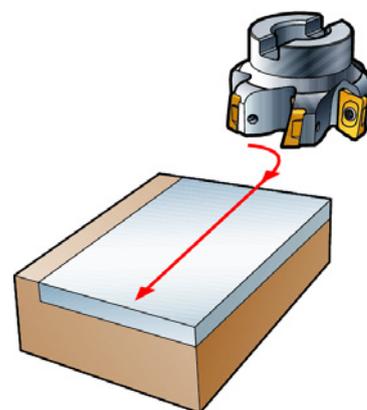
Portaherramientas

- Preste atención a los requisitos de potencia cuando realice cortes prolongados, especialmente con fresas de filo largo.
- El montaje de la herramienta es el factor que más influye sobre el resultado del fresado para fresas de menos de 50 mm.
- Cuanto mayor sea la profundidad de corte, más importante es el tamaño y la estabilidad del acoplamiento: las fuerzas radiales alcanzan valores considerables si se utilizan fresas de planear y escuadrar, especialmente fresas de filo largo.
- Los acoplamientos Coromant Capto ofrecen óptima estabilidad y la desviación más baja para todos los tipos de fresa, especialmente importante con herramientas largas o con extensiones.
- Si desea más información sobre adaptadores de extensión y antivibratorios, Silent Tools, consulte Presentación, en la página D 30 y Fresado de perfiles, en la página D 71.



Rotación al entrar en el corte

- Es esencial que las entradas en el corte sean uniformes para evitar vibraciones y prolongar la vida útil de la herramienta, especialmente en fresado de escuadras.
- Programe la fresa para que realice un recorrido de rotación al entrar en el corte; siempre se reduce a cero el espesor de la viruta en la salida: de esta forma se garantiza un avance elevado y una vida útil de la herramienta más prolongada.
- Este método es más adecuado para aplicaciones en las que se fresa alrededor de esquinas exteriores, ya que evita cambios bruscos en el mecanizado. Si desea más información acerca de la rotación al entrar en el corte, consulte Presentación, en la página D 25.
- Mantenga la fresa empañada de forma continua.



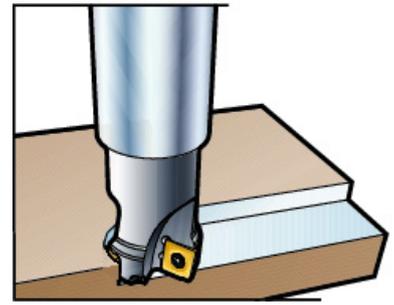
Cómo se aplica

Fresado de escuadras superficiales

Esta operación se utiliza con frecuencia y suele realizarse con fresas de planear y escuadrar, y fresas de ranurar. Al ser superficial, permite un mayor mecanizado radial.

Es frecuente que estas fresas sustituyan a las fresas de planear, en concreto cuando la presión axial sobre la pieza está limitada y cuando tiene que haber accesibilidad junto a caras verticales o secciones de la fijación.

- Las opciones sobredimensionadas de fresa en escuadra ofrecen óptima accesibilidad al fresar escuadras superficiales en posición profunda.
- Hay una versión extrarobusta de la fresa para escuadrar CoroMill 390 que, en condiciones estables, es capaz de elevados regímenes de arranque de viruta. También resulta fiable en condiciones exigentes, como en el fresado intermitente.

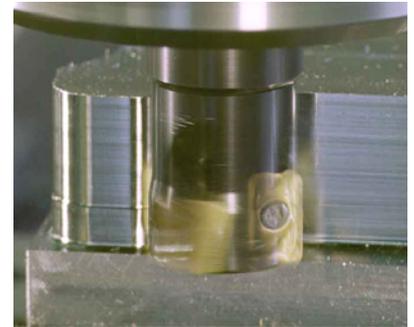


Fresado de escuadras profundas

Utilice varias pasadas con fresas de planear y escuadrar, y fresa de ranurar

Para minimizar los errores superficiales, como irregularidades y bordes de transición entre las pasadas, es imprescindible utilizar una fresa de alta precisión capaz de producir verdaderas escuadras a 90°.

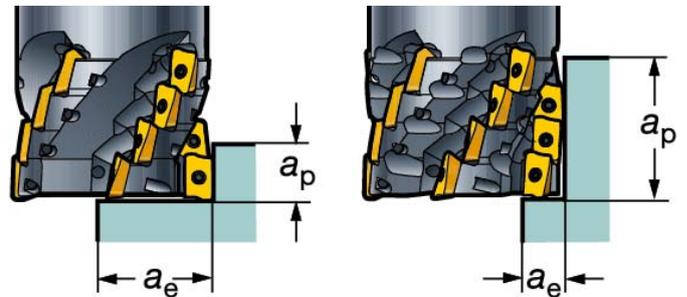
Si la profundidad de la escuadra es inferior al 75% de la longitud del filo, la calidad de la superficie vertical no suele necesitar acabado adicional.



Utilice una sola pasada con una fresa de filo largo

La fresa de filo largo es una buena solución para aplicaciones de fresado en escuadra más profundas, más grandes y, normalmente, más pesadas:

- Alta velocidad de arranque de viruta.
- Se suele utilizar para fresar en desbaste, ya que la textura superficial resultante se obtiene por fresado lateral con alto avance.



Estas fresas plantean exigencias de:

- Estabilidad
- Estado del husillo
- Evacuación de la viruta
- Portaherramientas
- Potencia.

Las fuerzas radiales son considerables y hacen que ésta sea una aplicación tenaz de fresado lateral.

Las fresas de filo largo más pequeñas son adecuadas para:

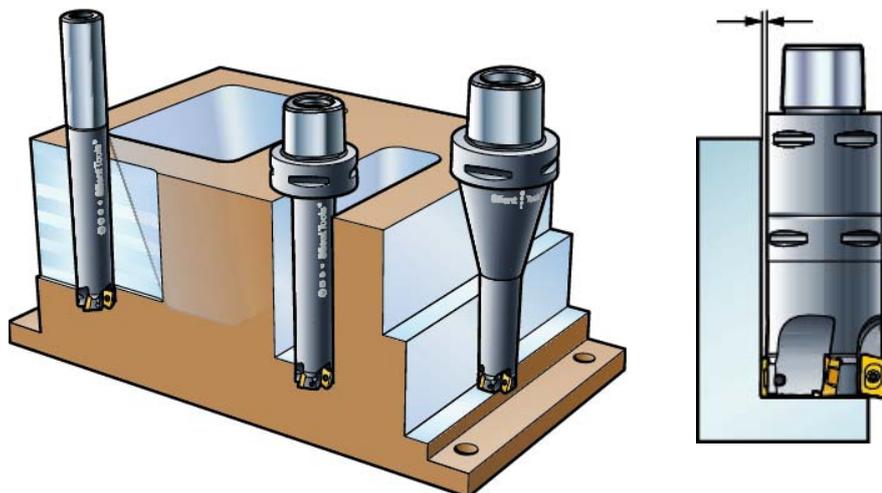
- Escuadras de radio grande pero superficiales.
- Ranuras completas a una profundidad igual al diámetro, que pueden compensar limitaciones de la máquina.

Las versiones más largas están previstas para:

- Fresado de escuadras con profundidad radial moderada.
- Recantado en máquinas potentes y estables.

Fresado de escuadras profundas

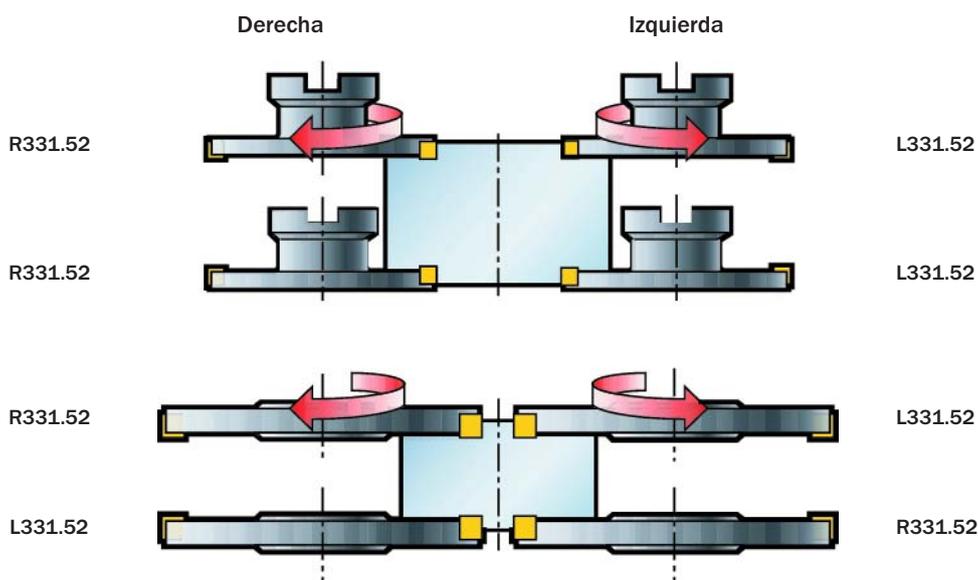
- Las opciones sobredimensionadas de fresa en escuadra ofrecen óptima accesibilidad al fresar escuadras superficiales con grandes profundidades. Para las escuadras que están ubicadas a profundidades aún mayores, utilice extensiones con acoplamiento Coromant Capto.
- También hay disponibles fresas de filo largo en versión sobredimensionada para utilizarlas en escuadras más profundas. Sin embargo, la profundidad de corte radial está más limitada.



Fresado de escuadras utilizando fresas de disco

También se utilizan fresas de disco para fresar escuadras, especialmente si la configuración es estrecha pero amplia radialmente.

Estas fresas son a menudo la única solución posible para refrentado inverso de escuadras y planos ocultos.



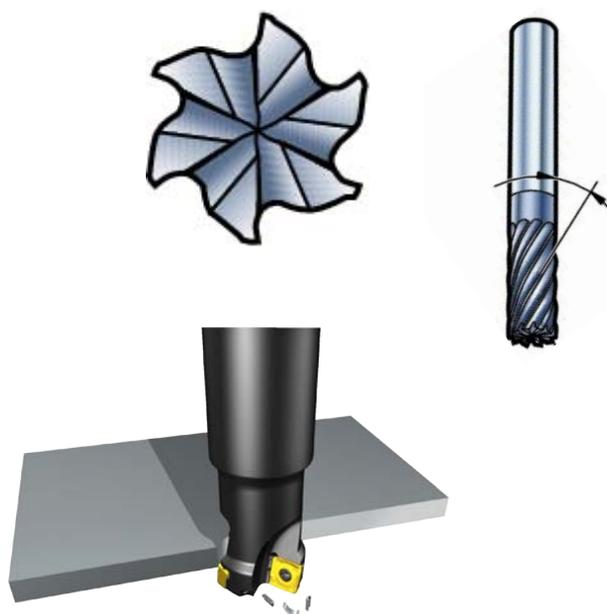
Elección correcta de una fresa CoroMill 331 para refrentado y refrentado inverso en husillos a derecha e izquierda.

Recanteado: fresado periférico

El mecanizado de un canto es, en la práctica, una operación de fresado lateral aplicado en pasadas de herramienta de contorneado. El fresado lateral y el recanteado son opciones del fresado periférico.

Elección de herramientas

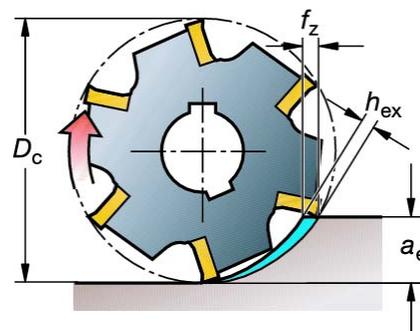
- Los cantos delgados se suelen mecanizar con fresas de ranurar, mientras que los cantos más profundos o gruesos se suelen generar con fresas de ranurar repitiendo pasadas de “fresado en escuadra” o con fresas de filo largo en una sola pasada.
- Las escuadras de profundidad dos veces el diámetro se mecanizan eficazmente con fresas de filo largo o con fresas CoroMill Plura de metal duro. Para estas escuadras tan profundas, o para cantos gruesos de la pieza, se recomienda utilizar una profundidad de corte radial de 0,5 veces el diámetro.
- También se pueden utilizar fresas de disco para recanteado o para fresado periférico.
- Una hélice amplia garantiza un número suficiente de dientes en el corte y una acción de corte uniforme para recanteado con poca profundidad de corte radial.
- Las fresas de paso normal o reducido son especialmente adecuadas para recantear. Esto también es cierto cuando se fresan cantos delgados o escuadras en salientes delgados con fresas de ranurar de 90°.



Cómo se aplica

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

- Un factor crítico en fresado periférico es conseguir un avance por diente, f_z que sea adecuado.
- El valor del avance, f_z , tiene que compensar el empañe de la fresa, que influye sobre el espesor de la viruta, consulte Presentación, en la página D 20.
- El avance por diente, f_z , se debe multiplicar por el factor de modificación.
- Esto arroja un mayor avance con menor arco de empañe y, al mismo tiempo, garantiza que el espesor de la viruta sea suficiente.
- Por otro lado, no siempre es posible aplicar completamente el factor de modificación: textura superficial y tendencia a salirse del corte pueden limitar la velocidad de avance.



Textura superficial: generada radialmente

Como se ha indicado, textura superficial y tendencia a salirse del corte pueden limitar la velocidad de avance, especialmente cuando la profundidad de corte radial es pequeña.

Cuando se utilice el lateral de una fresa de ranurar para fresar un perfil, se genera una serie de 'aristas'. La altura de la arista, - h, viene determinada por:

- Diámetro de la fresa, D_c
- Avance por diente, f_z
- Lectura de la desviación, TIR, en el indicador de la herramienta.

Las fresas con plaquita intercambiable siempre presentarán un valor de TIR más alto que las fresas enterizas de metal duro. Además, cuanto mayor sea el diámetro de la fresa, mayor será el número de dientes y mayor será la distancia entre la cresta y el fondo de la arista.

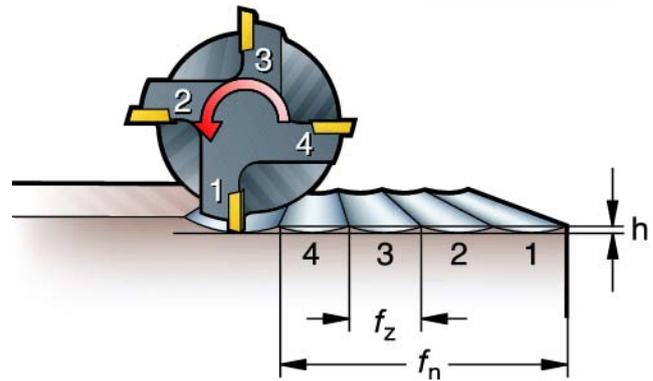
Para conseguir el mejor acabado superficial:

- Utilice una fresa de metal duro CoroMill Plura o CoroMill 316.
- Utilice un portaherramientas de alta precisión (CororGrip o HydroGrip) con acoplamiento Coromant Capto.
- Utilice el voladizo más corto posible.

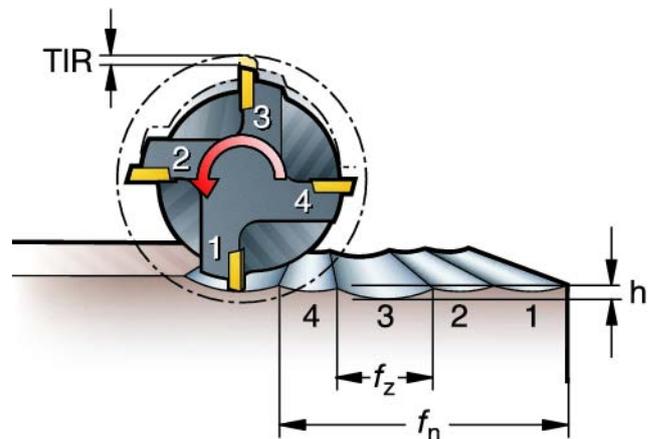
Recomendación de avance (ignorar h_{ex}):

- Fresas de plaquita intercambiable, valor inicial $f_z = 0.15$ mm/diente
- Fresas de metal duro, valor inicial $f_z = 0.10$ mm/diente

Nota: la peor calidad superficial se consigue si la superficie se genera con un solo filo, debido a una desviación incorrecta de la fresa.

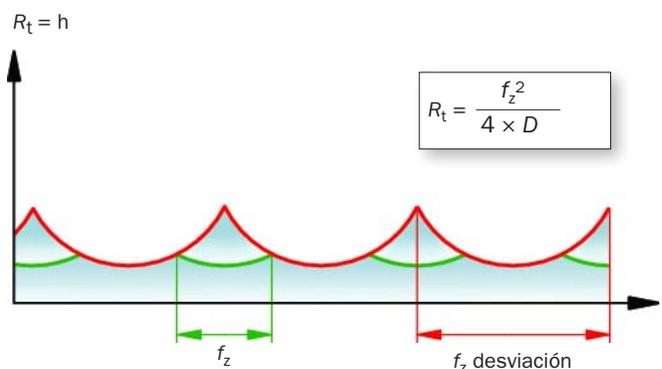


Si la fresa no presenta desviación, la altura de la arista, h, tendrá la misma altura y se puede calcular con la fórmula siguiente:



Si la fresa presenta desviación, el avance por diente, f_z , y con él la altura de la arista, h, variarán en función del valor de TIR.

Profundidad del perfil/altura de la arista



Superficie con y sin desviación.

Si desea más información acerca del tamaño de fresa, empañe y posición respecto a la pieza, formación de viruta y rotación al entrar en el corte, consulte Presentación, en la página D 22.

Si necesita información sobre recantado axial utilizando fresas de planear, consulte Planeado, en la página D 59.

Fresado en escuadra de paredes delgadas y con flexión

- Las estrategias de mecanizado para las secciones de paredes delgadas variarán en función de la altura y espesor de la pared.

- El número de pasadas vendrá determinado en todos los casos por las dimensiones de la pared y por la profundidad de corte axial.

- Se debe tener en cuenta la estabilidad tanto de la fresa como de la pared.

- El uso de técnicas de alta velocidad, es decir, valores pequeños de a_p/a_e y altos de v_c , facilitan el fresado de paredes delgadas, ya que reducen el tiempo de empañe de la herramienta y, con él, el impulso y la desviación.

- Se recomienda fresado hacia abajo.

- Se utilizan los mismos métodos para fresar aluminio y titanio.



Relación pequeña entre altura y espesor <math><15:1</math>:

- Mecanice un lado de la pared con pasadas no superpuestas.

- Repita en el lado opuesto.

- Deje tolerancia en ambos lados para el posterior acabado.

Relación moderada entre altura y espesor <math><30:1</math>

Fresado por niveles:

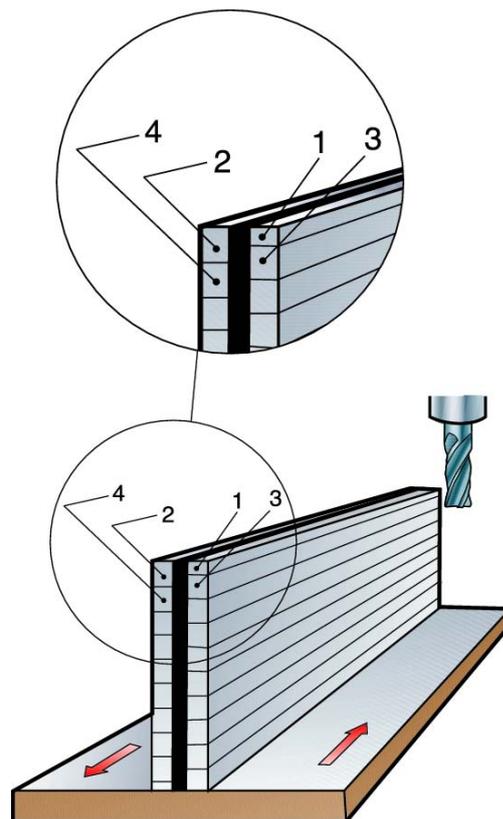
- Vaya alternando los lados y mecanice a profundidades dadas, con pasadas no superpuestas.

Alternativa

Fresado escalonado con apoyo:

- Una aproximación similar, pero con solapamiento entre pasadas en las caras opuestas de la pared: de esta forma se consigue mejor apoyo en el punto que se está mecanizando. La primera pasada se debe realizar a profundidad de corte reducida, $a_p/2$.

- En cualquiera de los casos, se debe dejar una tolerancia en ambos lados para el posterior acabado de 0.2 – 1.0 mm.

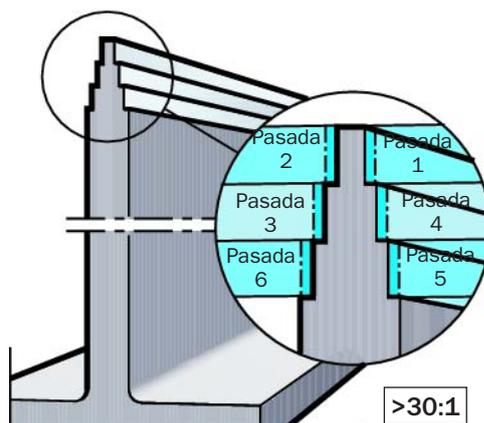


Las pasadas deben seguir un recorrido en zigzag.

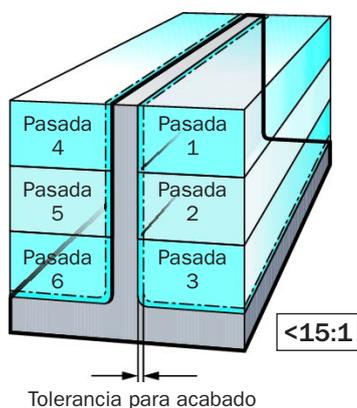
Relación muy alta entre altura y espesor >30:1

Además de ir alternando los lados de la pared durante el mecanizado, se debe aproximar el espesor de pared deseado por fases, mediante una rutina de "árbol de navidad".

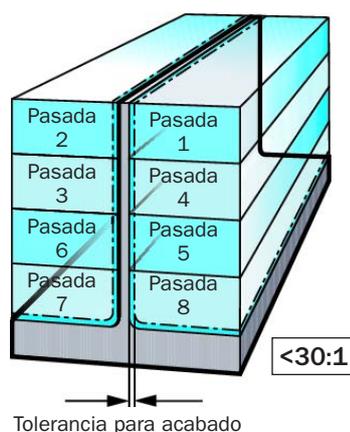
- La sección más delgada siempre se apoya en las secciones más gruesas que están debajo a medida que se mecaniza.
- Desplace la pared hacia abajo siguiendo los pasos.



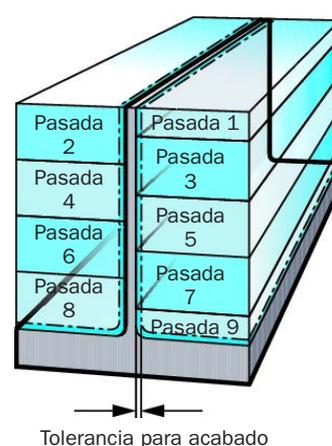
Paredes delgadas



Fresado por niveles



Escalones con apoyo



Fresado en escuadra de una base de paredes delgadas

Mecanizado de bases delgadas:

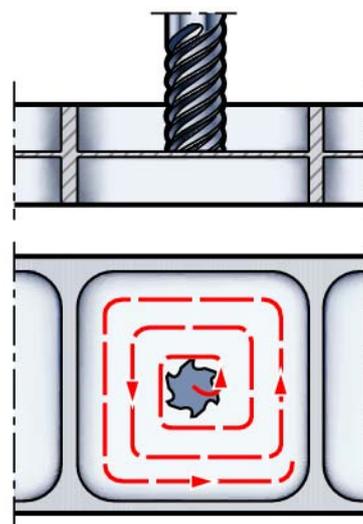
- Realice un mecanizado en rampa en el centro de la base hasta alcanzar la profundidad requerida.
- Frese hacia afuera en un recorrido de mecanizado en rampa circular a partir de ese punto.

Si esto implica el fresado de una superficie cuya cara opuesta ya ha sido mecanizada:

- Utilice una herramienta con número mínimo de filos.
- Aplique la menor presión de contacto que sea posible en este lado.

Si la pieza tiene un agujero en el centro de la base:

- Deje un segmento de apoyo cuando mecanice la primera cara.
- Mecanice la segunda cara.
- Elimine el segmento de apoyo cuando haya completado las dos caras.



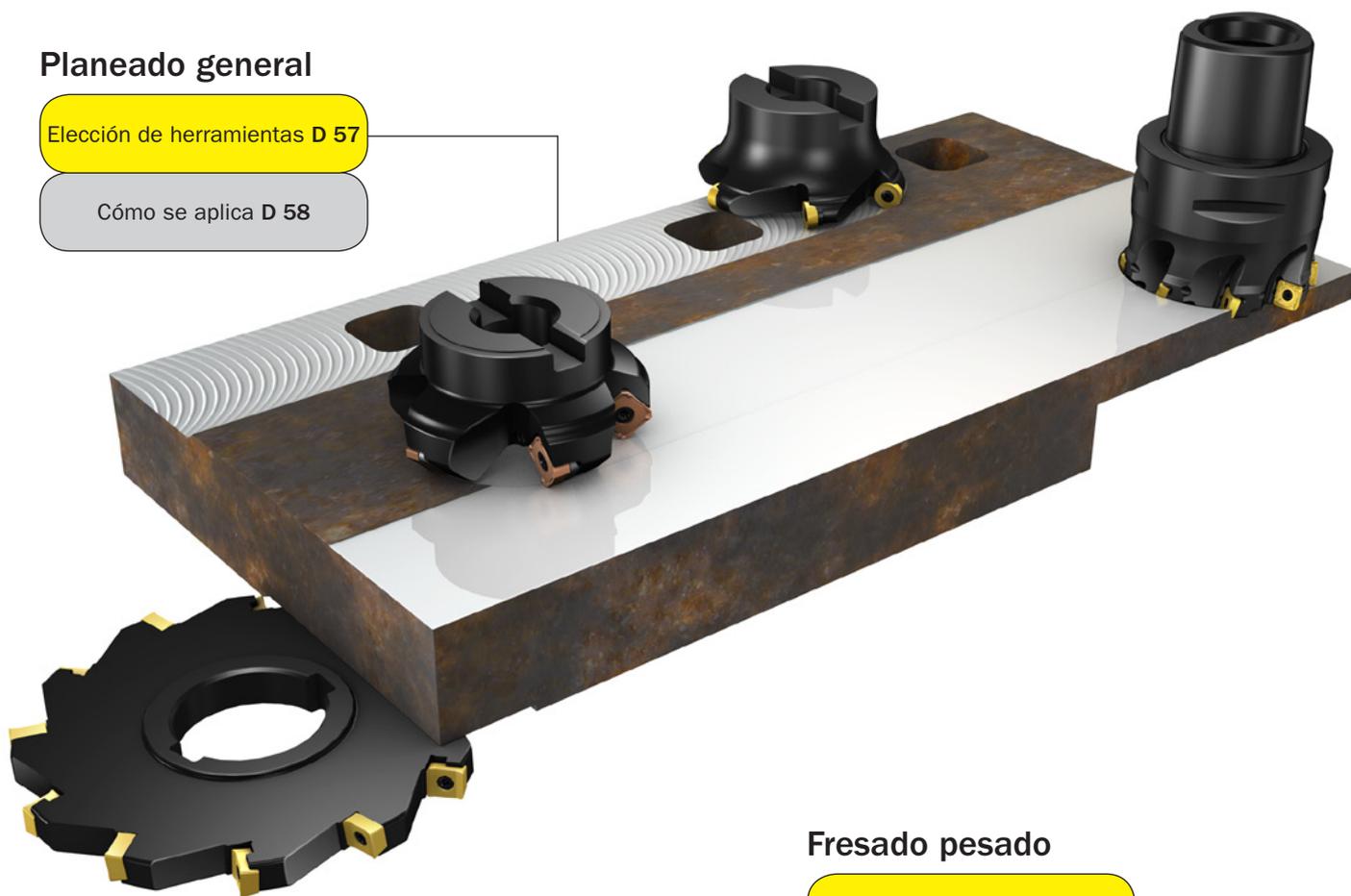
Planeado

Información general de aplicación

Planeado general

Elección de herramientas D 57

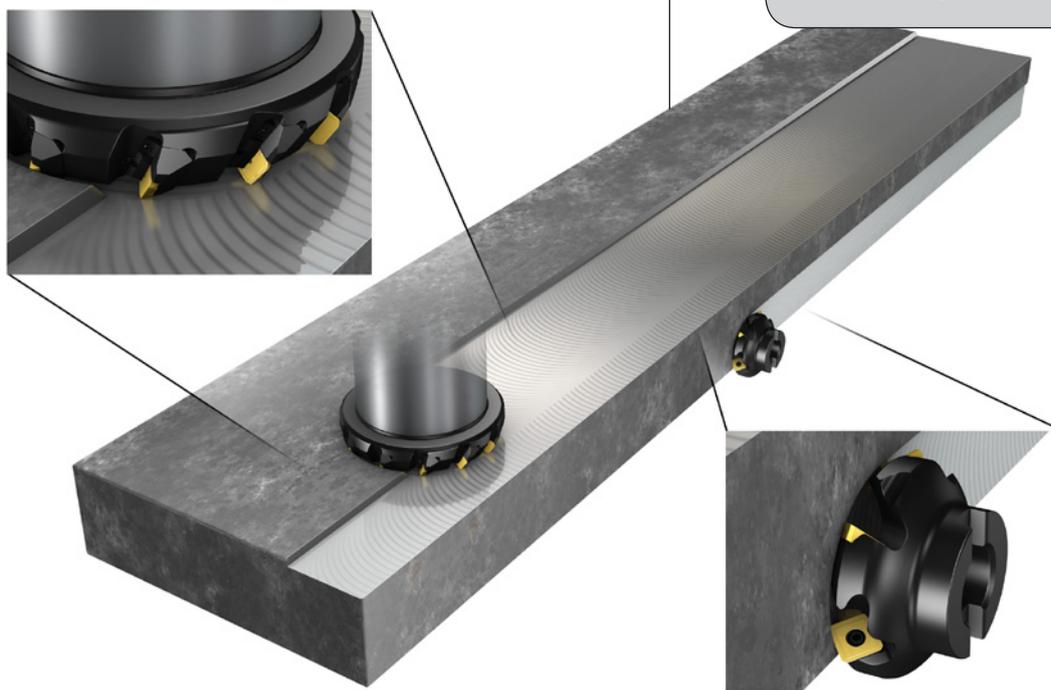
Cómo se aplica D 58

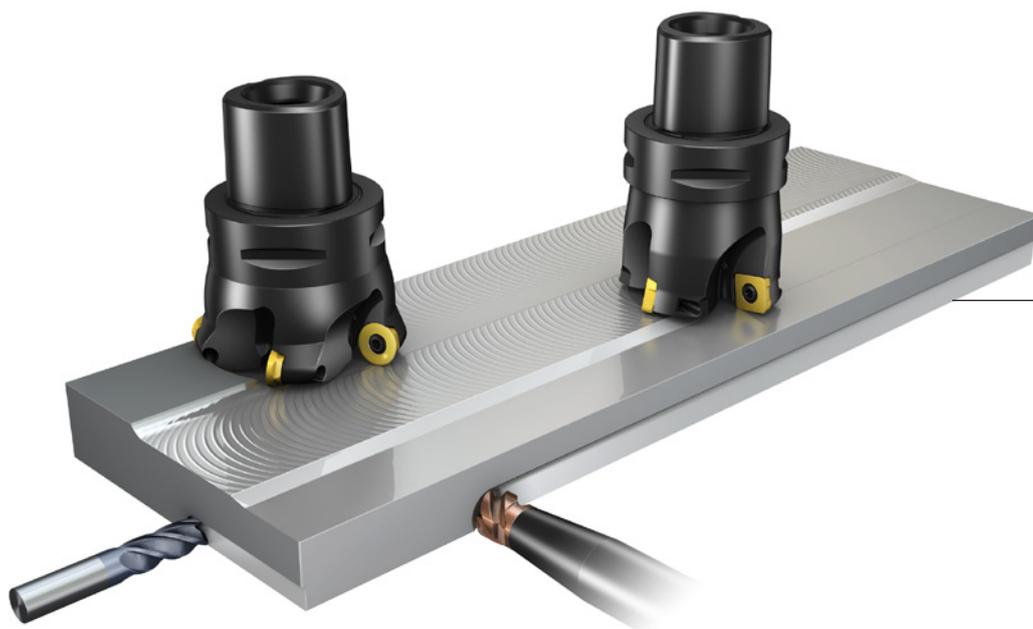


Fresado pesado

Elección de herramientas D 62

Cómo se aplica D 63





Fresado con alto avance

Elección de herramientas D 60

Cómo se aplica D 61

Acabado con plaquitas Wiper

Elección de herramientas D 64

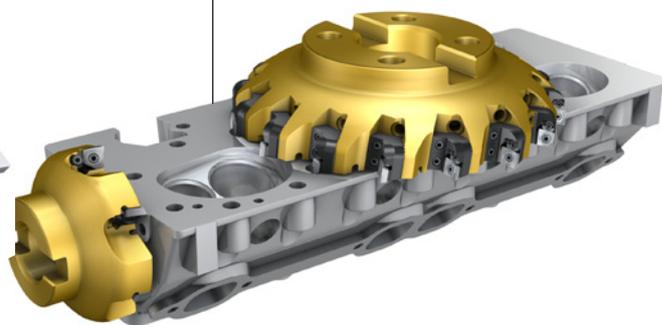
Cómo se aplica D 65



Fresas optimizadas según el material

K Consulte la página D 36.

N Consulte la página D 38.

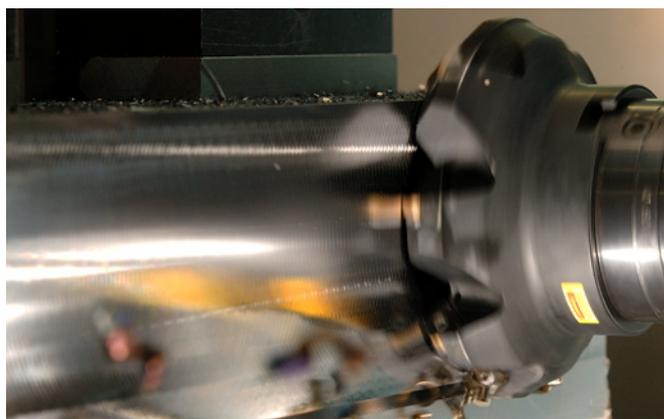


Fresado

Resolución de problemas D 128

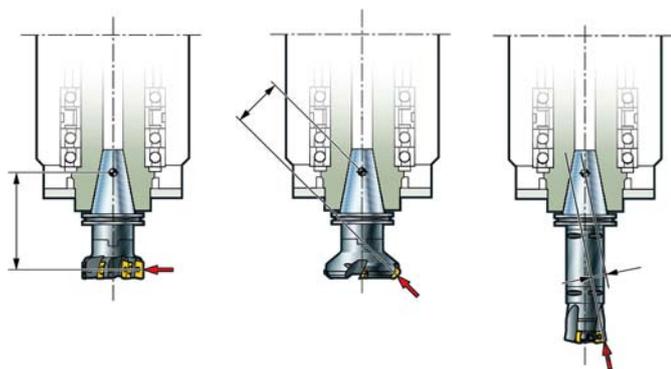
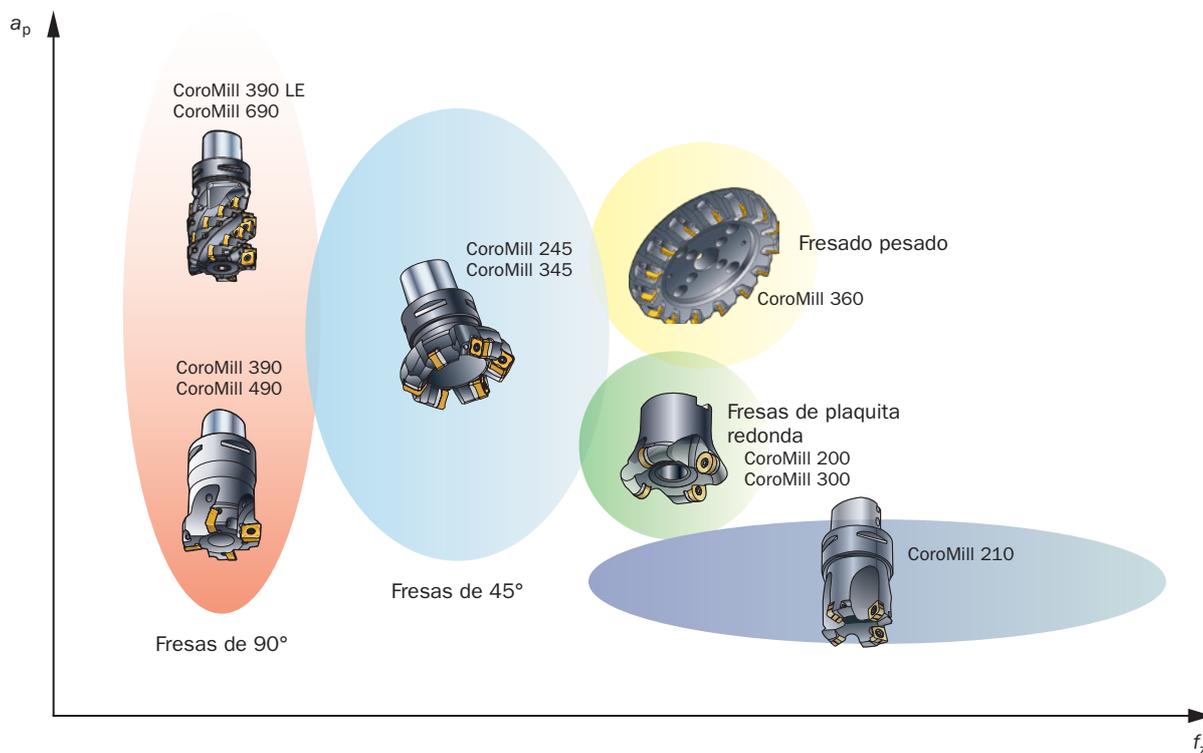
Planeado

El planeado es la operación de fresado más habitual y se puede realizar utilizando una amplia gama de herramientas distintas. Las fresas con ángulo de posición de 45° son las que se utilizan con más frecuencia, pero las fresas con plaquita redonda, las fresas de escuadrar y las fresas de disco también se utilizan en determinadas condiciones.



Información general sobre las fresas de planeado

En el diagrama siguiente se muestra la principal área de aplicación de los distintos conceptos de fresado, en términos de profundidad de corte, a_p , y avance por diente, f_z .



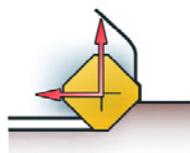
Dirección de las fuerzas de corte generadas por los distintos ángulos de posición.

Planeado general

Elección de herramientas

Fresas de 45°

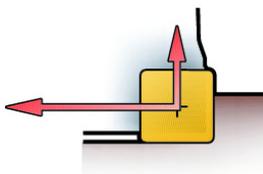
- Primera elección para uso universal
- Reduce la vibración con grandes voladizos
- Producción de virutas más finas, permitiendo una mayor productividad



	CoroMill® 245	CoroMill® 345	Sandvik AUTO
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	6/10	6	6
Diám. de fresa (D_c), mm	32 – 250	40 – 250	80 – 500
Material			

Fresas de 90°

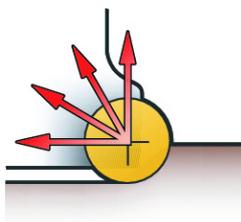
- Piezas de paredes delgadas
- Piezas de fijación débil
- Donde se requiere una forma de 90°



	CoroMill® 490	CoroMill® 290	CoroMill® 390
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	5.5	10.7	10/15.7
Diám. de fresa (D_c), mm	20 – 80	40 – 250	12 – 42/ 400 – 200
Material			

Fresas de plaquita redonda

- Fresa para uso universal
- Filo más resistente
- Muchos filos por plaquita
- Especialmente adecuada para aleaciones termorresistentes, ISO S.
- Acción de corte uniforme



	CoroMill® 200	CoroMill® 300
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	10	7/8
Diám. de fresa (D_c), mm	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Material		

Fresas de 60° – 65°

Consulte la página D 152.

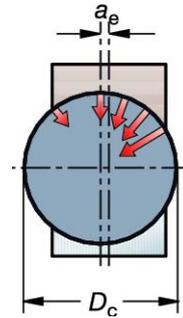
Fresas de 10°

Consulte la página D 60.

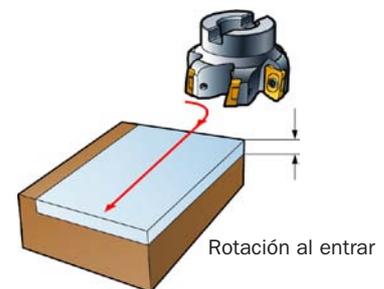
Cómo se aplica

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

- Tenga en cuenta la estabilidad de la máquina-herramienta, tamaño del husillo y tipo (vertical u horizontal), y la potencia disponible.
- Utilice un diámetro de fresa que sea entre un 20 y un 50% mayor que la pieza.
- Tenga en cuenta el espesor máximo de la viruta al colocar la fresa para optimizar el avance.
- Coloque la fresa descentrada para reducir al mínimo el espesor de la viruta en la salida.

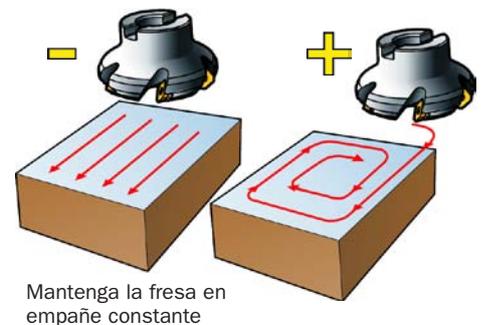


- Programe la fresa para que realice un recorrido de rotación al entrar en el corte y reduzca el avance para suavizar la entrada.



- Aplique fresado hacia abajo para favorecer la formación de viruta, es decir, una viruta de gruesa a delgada.
- Evite entradas y salidas al programar el recorrido de la herramienta.

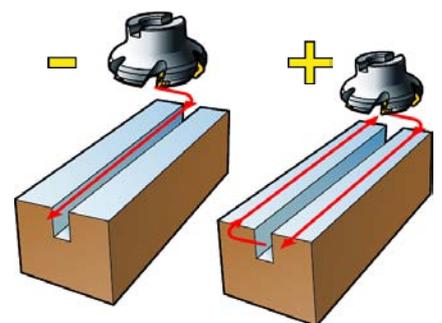
- Se debe evitar en lo posible que haya entradas y salidas frecuentes en la pieza. Pueden crear tensiones perjudiciales sobre el filo, o tendencia a paradas y vibración. Se recomienda programar un recorrido de la herramienta que mantenga la fresa en contacto total, en lugar de realizar varias pasadas en paralelo. Al cambiar de dirección, incluya un pequeño recorrido radial de la herramienta para que se mantenga en movimiento y en empañe constante.



Mantenga la fresa en empañe constante

Planeado intermitente de superficies con interrupciones

- Si es posible, evite fresar sobre las interrupciones (agujeros o canales). Estos cortes intermitentes plantean grandes exigencias sobre el filo a causa de las numerosas entradas y salidas.
- Como alternativa, reduzca la velocidad de avance recomendada un 50% sobre el área de la pieza que contiene las interrupciones.

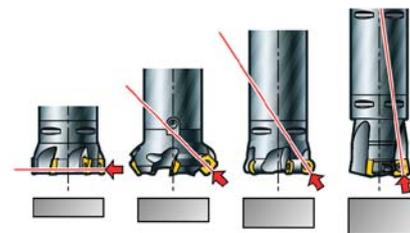


Evite fresar sobre interrupciones.



Planeado de secciones de paredes delgadas y con flexión

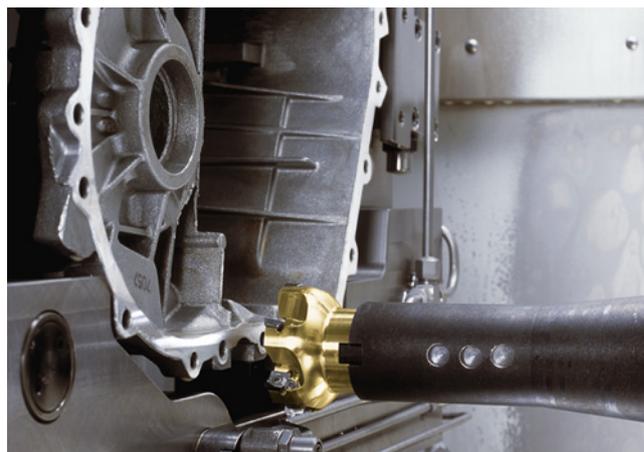
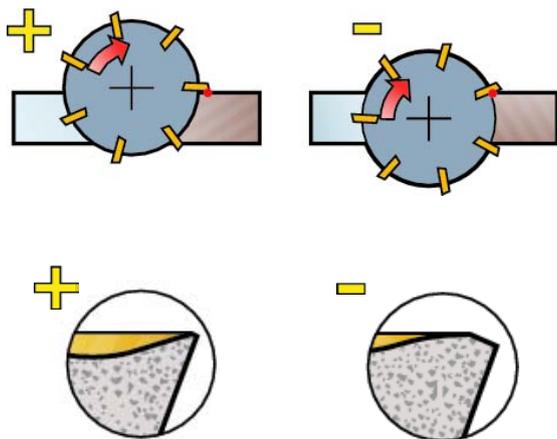
- Tenga en cuenta la dirección de las fuerzas de corte principales y su relación con la estabilidad de la pieza y la fijación.
- Al fresar piezas débiles en dirección axial, utilice una fresa para escuadrar de 90°, ya que dirige la mayor parte de las fuerzas de corte en dirección axial.
- Como alternativa, utilice una fresa para planear de corte ligero.
- Evite una profundidad de corte axial que sea inferior a 0,5–2 mm para minimizar las fuerzas axiales.
- Utilice una fresa de paso grande para reducir al mínimo el número de filos que actúan en el corte.
- Utilice filos agudos y positivos (-L) para minimizar las fuerzas de corte.



Las recomendaciones que se resumen aquí están descritas con más detalle en el apartado Presentación, consulte las páginas D 20–D 31.

Recanteado de secciones delgadas con fresas de planear

- Se debe colocar la fresa desplazada del centro para operaciones de planeado sobre los cantos de secciones delgadas. El mecanizado se hace más homogéneo y las fuerzas de corte se dirigen uniformemente a lo largo de la pared, lo que reduce el riesgo de vibración.
- Seleccione un paso de fresa para estas operaciones que mantenga más de una plaquita en el corte en todo momento.
- Utilice la geometría de plaquita más ligera posible (ligera en vez de media o media en vez de pesada).
- Seleccione un radio de plaquita más pequeño y faceta paralela más corta para reducir el riesgo de vibración en piezas de paredes delgadas.
- Utilice datos de corte bajos, poca profundidad de corte, a_p , y bajo avance/diente, f_z .

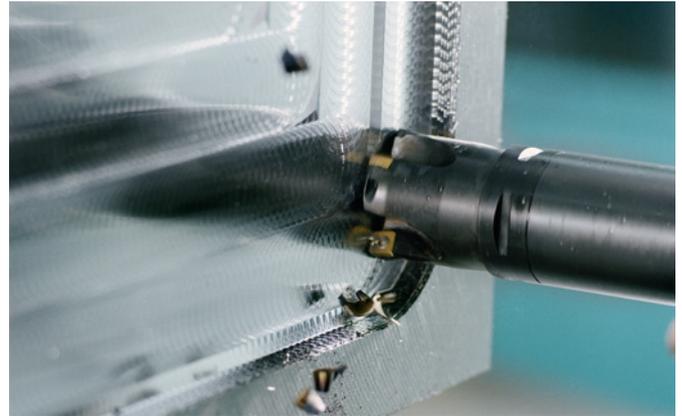


Si desea más información acerca del tamaño de fresa, empañe y posición respecto a la pieza, y formación de viruta, consulte Presentación, en las páginas D 22–D 25.

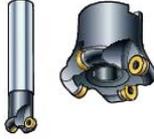
Fresado con alto avance

El planeado con alto avance por diente (hasta 4 mm/diente) es posible si se utilizan fresas que tengan pequeño ángulo de posición o fresas con plaquita redonda, debido al efecto adelgazador de la viruta. Aunque la profundidad de corte está limitada a menos de 2 mm, el avance extremo hace que sea un método de mecanizado muy productivo.

Hay conceptos de fresa específicos para fresar con avance extremadamente alto y pequeña profundidad de corte axial. Que el ángulo de posición sea pequeño es la condición previa para aplicar un alto avance, ligero y rápido.



Elección de herramientas

	CoroMill® 210	CoroMill® 316	CoroMill® Plura	CoroMill® 200	CoroMill® 300
					
	Fresas de alto avance			Fresas de plaquita redonda	
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	1.2 – 2	1.3	1.3	10	7/8
Diám. de fresa (D_c), mm	25 – 160	10 – 25	4 – 20	25 – 160	10 – 42/ 25 – 125
Material					

CoroMill® 210

- La fresa de planeado con alto avance y ángulo de posición de 10° más productiva, admite muy alto avance por diente, f_z .

CoroMill® Plura y CoroMill® 316

- Más del doble de velocidad de avance que las fresas de ranurar convencionales con menor profundidad de corte, a_p .
- Herramientas de alta precisión optimizadas para mecanizar a alta velocidad acero templado.
- Desbaste y semiacabado de contornos y configuraciones asimétricas a velocidad de avance extrema.

Nota: no se debe exceder el valor recomendado de a_p para CoroMill 210, CoroMill Plura y CoroMill 316. Para fresas con plaquita redonda y de radio, el valor de a_p se debe mantener muy por debajo del máximo recomendado para permitir fresar con alto avance.

CoroMill® 200 y CoroMill® 300

- Fresas de plaquita redonda.
- Mayor efecto adelgazador de la viruta con corte axial reducido.
- Acción de corte uniforme.
- Fresas de uso universal para condiciones tenaces o ligeras.

Cómo se aplica

Fresas con ángulo de posición pequeño

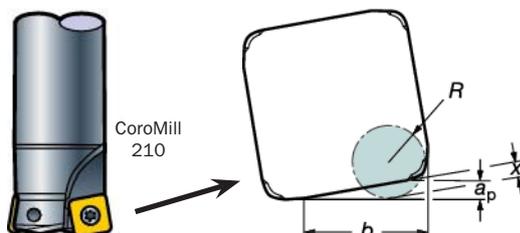
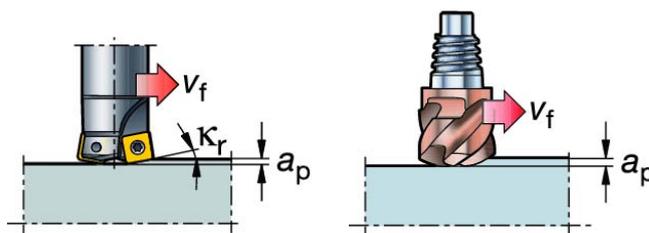
El espesor máximo de la viruta se reduce radicalmente con un ángulo de posición pequeño. Esto permite utilizar velocidades de avance extremadamente altas sin sobrecargar las plaquitas.

Para CoroMill 210:

- Es cierto a pesar de la limitación de profundidad de corte que impone el ángulo de posición de diez grados: máximo 2.0 mm con la plaquita de 14 mm y 1.2 mm con la plaquita de 9 mm.
- En condiciones muy favorables, es posible utilizar un avance por diente, f_z , de 4 mm/diente como máximo y es posible conseguir valores de velocidad de arranque de viruta (Q) de 1.400 cm³/min.

Nota: evite mecanizar hasta el fondo en escuadras de 90°, porque se perdería el efecto positivo del bajo ángulo de aproximación, es decir, la profundidad de corte se incrementaría radicalmente.

Como es habitual, es necesario reducir y adaptar la velocidad de avance según las condiciones concretas y para evitar vibración, que puede dañar las plaquitas.



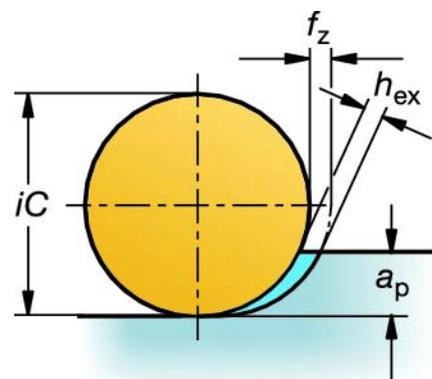
iC	Dimensiones, mm				Material sin mecanizar
iC	R	b	ap	x	
9	2.5	7.05	1.2	0.79	
14	3.5	12.0	2.0	1.48	

Si se utiliza CoroMill 210 en aplicaciones con alto avance, es posible programar los mismos datos de corte que para una fresa con plaquita redonda con un radio de plaquita R, consulte la tabla.

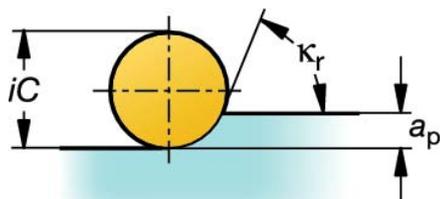
Fresas de plaquita redonda

Si se utilizan técnicas de fresado con alto avance con una fresa de plaquita redonda, como CoroMill 200 o CoroMill 300, se debe mantener la profundidad de corte en un valor bajo (máx. 10% del diámetro de la plaquita, iC) de lo contrario se reduciría el efecto adelgazador de la viruta y sería necesario reducir el avance, consulte la ilustración.

Nota: cuando se utilizan fresas con plaquita redonda, es importante reducir el avance al aproximarse a las paredes/escuadras, porque la profundidad de corte se incrementa repentinamente.



El espesor de la viruta, h_{ex} , varía con plaquitas redondas y depende de la profundidad de corte, a_p .



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

Plaquitas robustas para desbaste general

- El mejor rendimiento se consigue si la profundidad de corte es inferior al 25% del diámetro de la plaquita, iC .

Planeado pesado

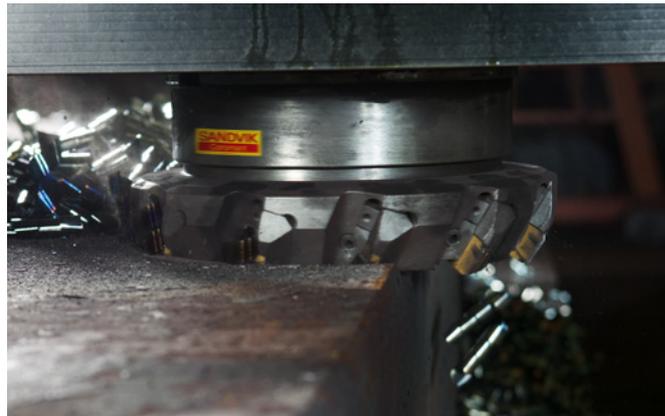
Entre estas aplicaciones se incluye el fresado en desbaste de piezas en bruto de material laminado en caliente o forjado, fundición, y estructuras soldadas en grandes fresadoras de pórtico y potentes máquinas fresadoras o centros de mecanizado.

Es necesario eliminar gran cantidad de material, por lo que se generan altas temperaturas y altas fuerzas de corte, que plantean exigencias específicas sobre las plaquitas de fresado:

- Carga pesada sobre el filo principal a la máxima profundidad de corte.
- Desgaste del ángulo producida por la cascarilla abrasiva cuando la profundidad de corte se aproxima a cero.

El ángulo de posición de 60° es óptimo para una fresa pesada. Este diseño ofrece:

- Buena capacidad de profundidad de corte, relativamente uniformes fuerzas de corte y efecto adelgazador de la viruta que permite alta velocidad de avance.
- La tolerancia axial del diseño permite que la plaquita tenga una faceta paralela generosa, que genera buen acabado superficial.



Elección de herramientas

	CoroMill® 360	CoroMill® 245-18	T-Max 45	CoroMill® 390-18	CoroMill® 300-20
					
Ángulo de posición (K_r), mm	60°	45°	45°	90°	Plaquetas redondas
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	13 / 18	10	12	15.7	10
Diám. de fresa (D_c), mm	160 – 500	32 – 250	100 – 400	40 – 200	66 – 200
Material					

CoroMill® 360

- Diseñada para un manejo eficiente de la herramienta y, como consecuencia, menor tiempo de parada, y mayor seguridad y rapidez en la regulación de plaquitas en la máquina.
- Capacidad de profundidad de corte hasta 18 mm, para buen arranque de viruta y mecanizado de superficies irregulares, onduladas.
- Alta productividad, velocidad de avance de 0.4 – 0.7 mm por diente.
- Amplia faceta paralela, buen resultado en semiacabado.
- Ángulo de plaquita robusto que resiste la abrasión de la cascarilla superficial a poca profundidad de corte.
- Resistencia de la fresa, ofrece seguridad en mecanizado muy exigente.

CoroMill® 245, tamaño de plaquita 18

- Fresa de planear intermedia que ofrece la capacidad de mecanizado más ligero.
- Admite profundidad de corte de 6–8 mm dentro de un intervalo de avance de 0.2 – 0.6 mm.
- Fresa de planear de primera elección para condiciones tenaces en grandes centros de mecanizado.
- Se puede utilizar con plaquitas Wiper para fresar superficies con buen acabado.

CoroMill® 390-18

Primera elección para fresado en escuadra y planeado medio.

CoroMill® 300, tamaño de plaquita 20

Fresa intermedia con filos resistentes para condiciones tenaces, como el fresado de una superficie con cascarilla e interrupciones. La geometría de plaquita redonda ofrece una acción de corte uniforme.

Es posible utilizar ocho filos en condiciones favorables.

La profundidad de corte máxima es 10 mm. El espesor máximo recomendado de la viruta varía mucho hasta 0,55 mm por diente, en función de la geometría de plaquita y la profundidad de corte. Encontrará más información en la página D 164.

T-Max 45

Fresa de planear de 45° y alto rendimiento, inicialmente diseñada para hacer frente a condiciones generales exigentes y operaciones que incluyan gran voladizo del husillo, con el avance por plaquita limitado por la tendencia a la vibración.

- Capacidad de profundidad de corte hasta 12 mm y avance hasta 0,5 mm, que permiten un arranque de viruta eficiente.
- Plaquetas gruesas con 2 mm de faceta paralela o Wiper, que se pueden ajustar axialmente, hacen que esta fresa sea una herramienta fiable para desbaste; aunque también es capaz de fresar en acabado.
- Mecanismo de sujeción de la plaquita accionado por muelle que facilita el manejo y rápida regulación de plaquetas.

Cómo se aplica

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

Entrada en el corte

Dadas las tenaces condiciones que son habituales en el fresado pesado, la entrada en el corte suele ser crítica y es preferible que se produzca de manera progresiva.

- Si es posible, programe el recorrido de la herramienta para que realice un movimiento de rotación al entrar en el corte.
- Si no, reduzca el avance hasta que la fresa alcance el empañe completo.

Posición y tamaño de la fresa

Para el fresado pesado, donde a menudo es necesario realizar muchas pasadas para fresar una superficie grande, es importante seguir las recomendaciones en cuanto a:

- Posición y empañe de la fresa
- Tamaño de la fresa respecto a la capacidad total de la máquina-herramienta
- Recorrido de la herramienta, para evitar salidas poco beneficiosas

Encontrará las recomendaciones en el apartado Presentación, página D 22.



Vigilancia de altas temperaturas

El fresado exigente y pesado genera altas temperaturas. Si se utilizan mesas magnéticas para sujetar la pieza, el gran volumen de viruta que se produce suele quedar retenido alrededor de la fresa. Como consecuencia, se produce evacuación parcial o interrumpida de la viruta y remecanizado de la misma, que resulta negativo para la vida útil de la herramienta. Para evitarlo, mantenga el área de trabajo libre de viruta.

Impida que los ángulos vulnerables de la plaquita friccionen contra costra y cascarilla, muy abrasivas, incrementando la profundidad de corte para desplazar el punto de contacto de la superficie hasta el filo principal de la plaquita, más resistente.

Nota: al colocar las plaquetas en al fresa, utilice guantes para evitar molestias y lesiones ocasionadas por el calor.

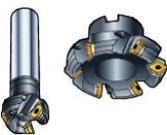
Acabado con plaquitas Wiper

Es posible conseguir excelentes acabados superficiales con plaquitas estándar combinadas con una o más plaquitas Wiper. Las plaquitas Wiper trabajan mejor con alto avance por vuelta, f_n , en fresas de gran diámetro con paso reducido y posibilidad de ajuste.

Es posible incrementar el avance por vuelta aprox. cuatro veces y aún mantener una buena calidad superficial. Las plaquitas Wiper se pueden utilizar para fresar en la mayor parte de materiales y generar buena textura superficial, incluso en condiciones desfavorables.



Elección de herramientas

	CoroMill® 345	CoroMill® 245	CoroMill® 365	CoroMill® Century	AUTO-AF	AUTO-FS
						
Ángulo de posición (K_r), mm	45°	45°	65°	90°	75°	90°
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	6	10	6	10	1	8.1
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 250	32 – 250	40 – 250	40 – 200	80 – 500	125 – 500
Acabado superficial (R_a)	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
Material						

CoroMill® 245

Hay una amplia gama de plaquitas Wiper disponible para acabado en la mayor parte de materiales. Las fresas de mayor diámetro y diseño de cartucho disponen de ajuste axial.

CoroMill® 345

Hay una plaquita Wiper disponible con dos filos Wiper a derecha y dos a izquierda de 5 mm de longitud.

CoroMill® 365

Hay dos plaquitas Wiper disponibles

- Una con dos filos a derecha y dos a izquierda
- Una con un filo Wiper extralargo, y un filo a derecha y otro a izquierda.

Las versiones de fresa Cap de mayor diámetro permiten ajuste axial utilizando placas de apoyo.

CoroMill® Century

Sistema con ajuste de precisión que permite utilizar plaquitas Wiper en más de un asiento en las fresas más grandes y en todos los asientos en las fresas más pequeñas, por lo que ofrece alta productividad al mismo tiempo que mantiene buen acabado superficial. Las calidades de plaquita disponibles cubren el acabado Wiper en la mayor parte de materiales.

AUTO-AF

Todos los tamaños de fresa disponen de cartuchos ajustables con asientos de plaquita adecuados para Wiper tipo L o tipo F, con filo Wiper más largo. Las fresas de mayor diámetro tienen diseño Cap.

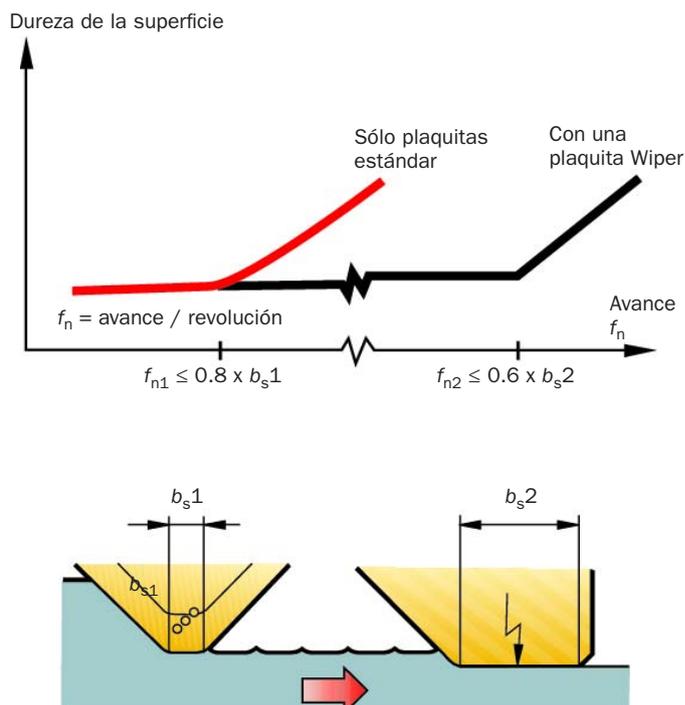
AUTO-FS

Las fresas de mayor diámetro tienen diseño Cap y ajuste axial utilizando placas de apoyo. Hay disponible una plaquita Wiper con cuatro filos.

Cómo se aplica

Acabado espejo con alto avance

- Si f_n supera el 80% de la longitud de la faceta paralela, b_s , en plaquitas estándar, un filo Wiper mejorará la superficie.
- Si el avance por vuelta, f_n , se incrementa en fresas de gran diámetro con mayor número de plaquitas, la necesidad de plaquitas Wiper se vuelve esencial para mantener el acabado superficial.
- La excentricidad axial de la fresa, que depende de la inclinación del husillo, el tamaño de la fresa, el montaje y la precisión del ajuste, influye en la ondulación de la superficie mecanizada. La faceta Wiper tiene un radio grande para compensarlo y produce una superficie sin escalones. Con un avance por vuelta limitado al 60% de la faceta Wiper esto queda garantizado.
- La faceta Wiper sobresale por debajo de las plaquitas aproximadamente 0.05 mm, cuando se monta en fresas con asientos de plaquita fijos. En las fresas CoroMill con diseño de cartucho, el filo Wiper se puede ajustar en esta posición con gran precisión. El saliente somete a las plaquitas Wiper a cargas superiores a las de las plaquitas convencionales y esto puede producir vibración. Por ello, las plaquitas Wiper se deben utilizar para mecanizado ligero con profundidad de corte moderada y en número limitado.
- La profundidad de corte debe ser ligera para limitar las fuerzas axiales y para reducir el riesgo de vibración. En acabado, la profundidad de corte axial recomendada es 0.8 – 1.0 mm.
- Se requiere mayor cuidado para montar una plaquita Wiper y colocar correctamente su filo largo.



Ejemplo:

- La anchura de la faceta paralela, b_s , en la plaquita es 1.5 mm.
- Hay 10 plaquitas en la fresa y el avance por diente, f_z , es 0.3 mm. El avance por vuelta, f_n , será 3 mm, es decir, duplica la longitud de la faceta paralela.
- Para garantizar un buen acabado superficial, el avance por vuelta debe tener un valor máximo del 80% de 1.5 mm = 1.2 mm.
- La plaquita Wiper correspondiente tendrá una faceta paralela con una anchura de aprox. 8 mm.
- Resultado: el avance por vuelta se podría incrementar a partir de 1.2 mm hasta el 60% de 8 mm = 4.8 mm. **Nota:** se deben tener en cuenta otras limitaciones, como la potencia de la máquina.

Otras sugerencias para conseguir "acabado espejo"

- Utilice alta velocidad de corte y/o plaquitas Cermet para obtener un acabado espejo.
- Utilice refrigerante o aceite pulverizado en materiales pastosos ISO M y S.
- Las plaquitas con recubrimiento PVD con filos agudos y un valor de a_p de 0,5 – 0,8 mm producen el mejor acabado superficial.

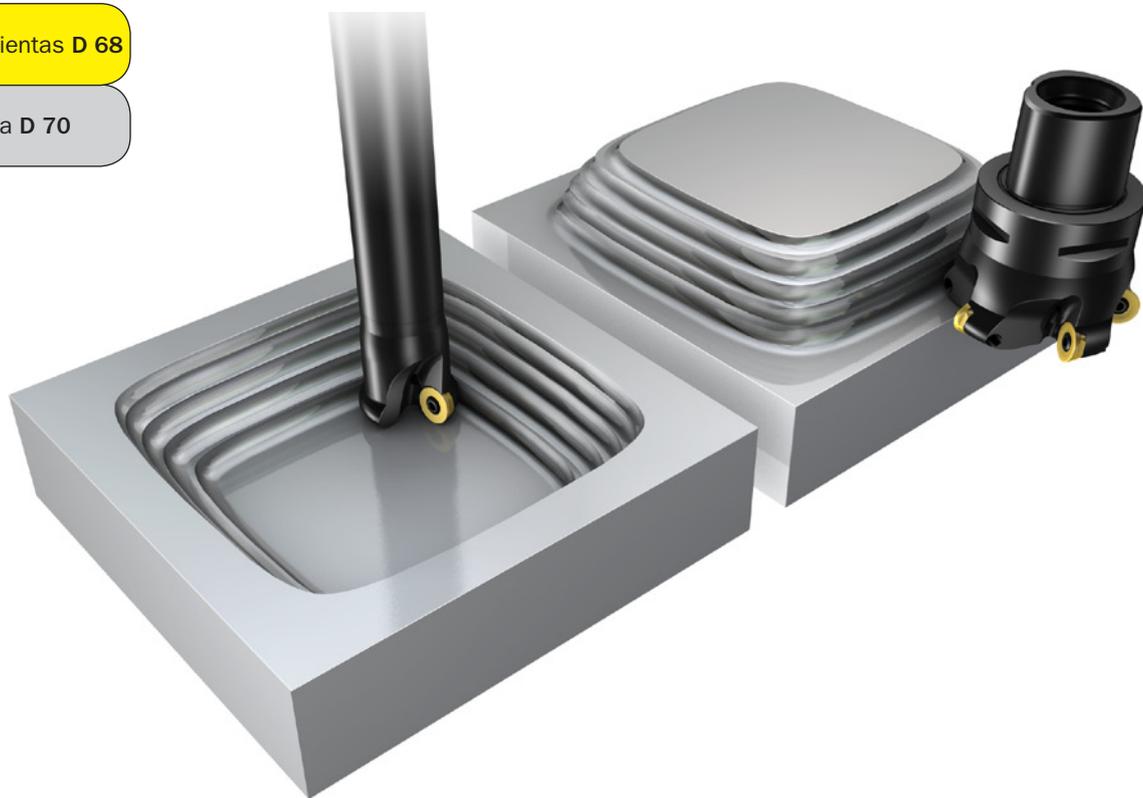
Fresado de perfiles

Información general de aplicación

Fresado de perfiles

Elección de herramientas D 68

Cómo se aplica D 70



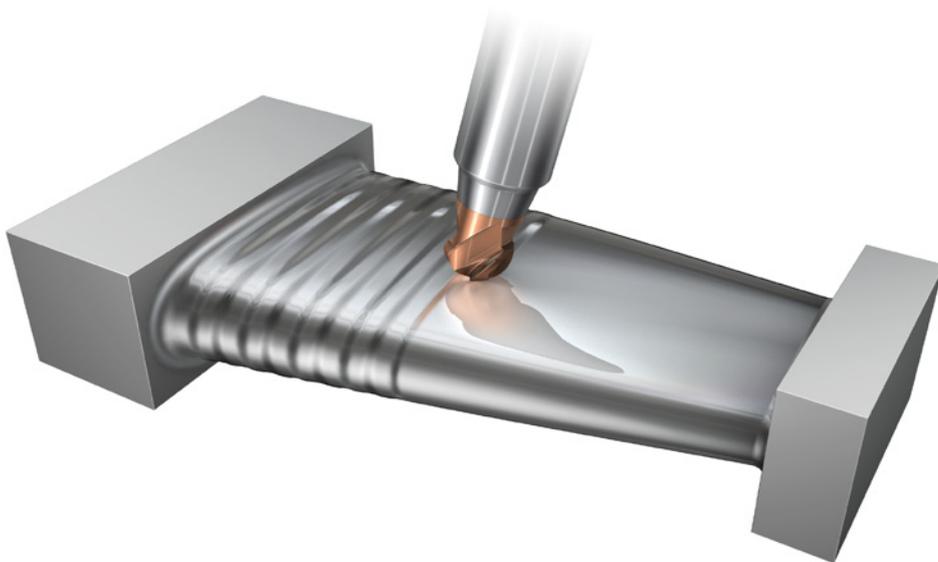
Tornofresado

Elección de herramientas D 81

Cómo se aplica D 82



Fresado de álabes: perfilado y tornofresado



Fresado

Resolución de problemas D 128

Fresado de perfiles

El fresado de perfiles cubre el fresado multieje de superficies cóncavas y convexas en dos y tres dimensiones.

Cuanto mayor sea la pieza y más complicada de mecanizar su configuración, más importante resulta el proceso de planificación.

El proceso de mecanizado se debería dividir en tres tipos de operaciones como mínimo:

- Desbaste/semidesbaste
- Semiacabado
- Acabado.

A veces se requiere superacabado, realizado a menudo mediante técnicas de mecanizado a alta velocidad. El fresado del material sobrante también llamado refresado, está incluido en las operaciones de semiacabado y acabado.

Para conseguir la mejor precisión y productividad, se recomienda realizar el desbaste y el acabado en máquinas separadas, y utilizar herramientas de mecanizado específicas para cada operación.

La operación de acabado se debería realizar en una máquina-herramienta de 4/5 ejes con software avanzado y técnicas de programación. De esta manera se puede reducir considerablemente, o incluso eliminar completamente, el laborioso trabajo



de acabado manual. El resultado final será un producto con mejor precisión geométrica y mayor calidad de la estructura superficial.

Elección de herramientas

Fresas para desbaste y semidesbaste

	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216
Diseño	VFD radio de punta	BNE	Radio de punta	BNE	BNE
Diám. de fresa (D_c), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		10 – 50
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	38		13		44.6
Material					

VFD = Herramienta con canales de profundidad variable
BNE = Fresa para ranurar de punta esférica

Fresas para desbaste y semidesbaste

	CoroMill® 390		CoroMill® 300		CoroMill® 200	CoroMill® 790	
Diseño	Radio		Toroidal	Redondas	Redondas	Radio	
Diám. de fresa (D_c), mm	12 – 200		10 – 42	25 – 125	25 – 160	25 – 54	40 – 100
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	12 – 42	40 – 200	7/8		10	12/18	
Material							

Fresas para acabado y superacabado

	CoroMill® Plura		CoroMill® 316		CoroMill® 216F	CoroMill® 790	
Diseño	VFD radio de punta	BNE	Radio de punta	BNE	BNE	Radio	
Diám. de fresa (D_c), mm	4 – 20	1 – 20	10 – 25		8 – 32	25 – 54	40 – 100
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	38		13		4.8	12/18	
Material							

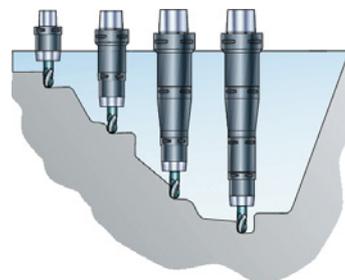
BNE = Fresa para ranurar de punta esférica

Cómo se aplica

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

Es necesario estudiar minuciosamente el perfil de la pieza con objeto de seleccionar las herramientas correctas y encontrar el método de mecanizado más adecuado:

- Defina los radios mínimos y la cavidad de máxima profundidad.
- Estime la cantidad de material que es necesario eliminar.
- Considere el montaje de la herramienta y la sujeción de la pieza de cara a evitar vibraciones, consulte la página D 30.
- Todo el mecanizado se debería realizar en máquinas específicas para conseguir buena precisión geométrica del perfil.
- Si se utilizan máquinas-herramienta precisas e independientes para las operaciones de acabado y superacabado, es posible reducir, o en algunos casos eliminar, la necesidad de laboriosos pulidos manuales.
- Puede ser necesario utilizar programación avanzada para conseguir ahorros importantes.
- Utilice una fresa de ranurar CoroMill Plura con técnica de alta velocidad para mecanizar con el mejor acabado posible, consulte la página D 75.
- En desbaste y semiacabado de piezas grandes, por regla general, se consigue más productividad con herramientas y métodos convencionales. Una excepción de esta regla es el aluminio, para el que también se utilizan altas velocidades de corte en desbaste.



Vibración: métodos de reducción

La vibración supone un obstáculo para fresar perfiles profundos con gran voladizo. Los métodos habituales para resolver este problema son reducir profundidad de corte, velocidad o avance.

- Utilice herramientas modulares rígidas con buena precisión de desviación.
- Las herramientas modulares incrementan la flexibilidad y el número de combinaciones posibles.
- Utilice herramientas antivibratorias o barras de extensión cuando la longitud total de la herramienta, desde la línea de calibración hasta el punto más bajo del filo, supere 4–5 veces el diámetro en la línea de calibración.
- Utilice extensiones fabricadas con metal pesado, si es necesario incrementar de forma radical la rigidez ante la flexión.
- Utilice herramientas de corte y mangos equilibrados para velocidad del husillo superior a 20,000 rpm.
- Elija el diámetro más grande posible, respecto al diámetro de la fresa, para extensiones y adaptadores .
- 1 mm de diferencia radial entre el mango y la herramienta de corte es suficiente. Utilice fresas sobredimensionadas.
- El fresado en "plunge" es un método alternativo para fresar con herramientas muy largas, consulte el apartado Métodos específicos, en la página D 116.



Extender gradualmente la longitud de la herramienta

Para mantener la máxima productividad en operaciones de desbaste, en las que la pasada final se ubica a mayor profundidad de la pieza, es importante trabajar con series de extensiones para la fresa.

- Comience con la extensión más corta, porque las extensiones más largas limitan la productividad y tienden a generar vibración.
- Cambie la extensión de la herramientas en posiciones predeterminadas en el programa. La geometría de la cavidad determinará los puntos adecuados para el cambio.
- Adapte los datos de corte a cada longitud de herramienta para mantener la máxima productividad.



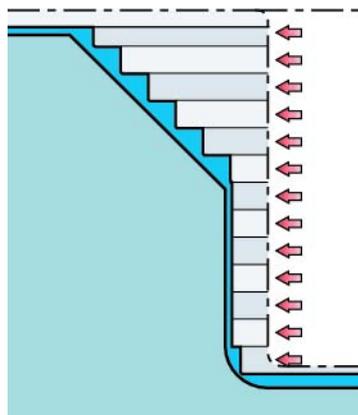
Apertura a partir de una pieza enteriza

- Al abrir una cavidad, es importante elegir un método que minimice a_p , y que deje además existencias constantes para la siguiente operación de fresado del perfil.
- Las fresas de planear y escuadrar, o las fresas de filo largo, dejarán existencias escalonadas que será necesario eliminar. Esto genera fuerzas de corte variables y desviación de la herramienta. Como resultado se obtienen existencias irregulares para la fase de acabado, que influirá en la precisión geométrica de la forma final.
- El uso de fresas con plaquita redonda (CoroMill 300 o CoroMill 200) generará transiciones uniformes entre las pasadas y dejará menos existencias, en cantidad más regular, para la operación de perfilado, por ello la calidad de la pieza será mejor.
- Una tercera alternativa es utilizar una fresa de alto avance (CoroMill 210) para abrir la cavidad. Esto también dejará unas existencias pequeñas, e incluso constantes, debido a la pequeña profundidad de corte, es decir, escalones pequeños.

Si desea más información, consulte la página D 102. Métodos para abrir y ampliar agujeros.

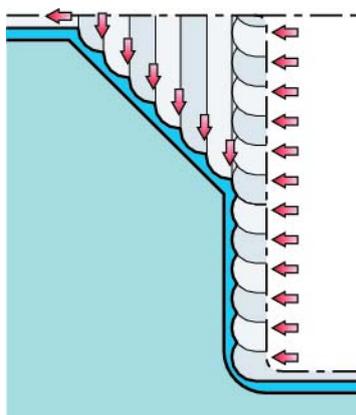
Fresa en escuadra

– Escariado de existencias sobrantes grandes e irregulares



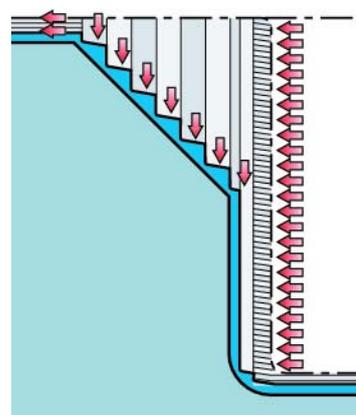
Fresa de plaquita redonda

+ Escariado de existencias sobrantes reducidas



Fresa de alto avance

+ Escariado de existencias sobrantes reducidas



Recorrido de la herramienta: ¿contorneado o fresado de copia?

El método más habitual y sencillo de programar el recorrido de la herramienta para crear una cavidad es utilizar la técnica normal de fresado de copia, con muchas entradas y salidas en el material. Sin embargo, esto implica un uso muy limitado de la potencia que ofrecen hoy en día el software, las máquinas y las herramientas de mecanizado.

Resulta esencial mantener una actitud abierta de aproximación a la selección de métodos, recorridos de herramienta, y herramientas de sujeción y fresado.

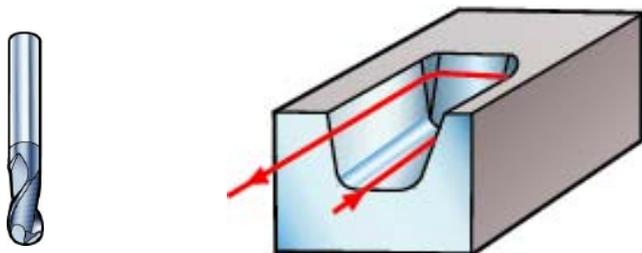
En lugar de utilizar técnicas de programación que se limitan a "cortar" material con un valor de Z constante, tiene más ventajas utilizar recorridos contorneados de la herramienta junto con fresado hacia abajo. Entre los resultados se incluye:

- Tiempo de mecanizado considerablemente más corto.
- Mejor utilización de máquina y herramienta.
- Mejora de la calidad geométrica de la superficie mecanizada.
- Menos trabajo de acabado y pulido manual, muy laborioso.

El trabajo inicial de programación es más difícil y quizá pueda llevar más tiempo; sin embargo, este tiempo se recupera con rapidez ya que el coste por hora de mecanizado suele ser el triple que el coste de uso de una estación de trabajo.

Fresado de contornos

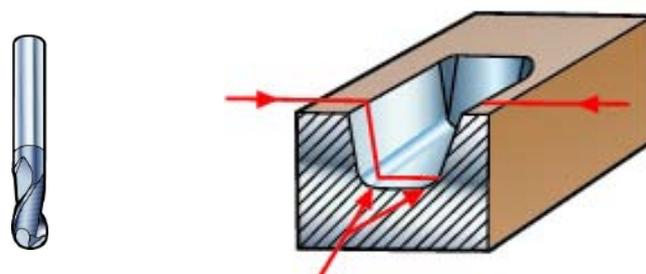
Favorable



- + Control de la velocidad de corte - v_c
- + Permite HSM
- + Alta velocidad de avance
- + Productividad
- + Vida útil de la plaquita prolongada
- + Seguridad

Fresado de copia

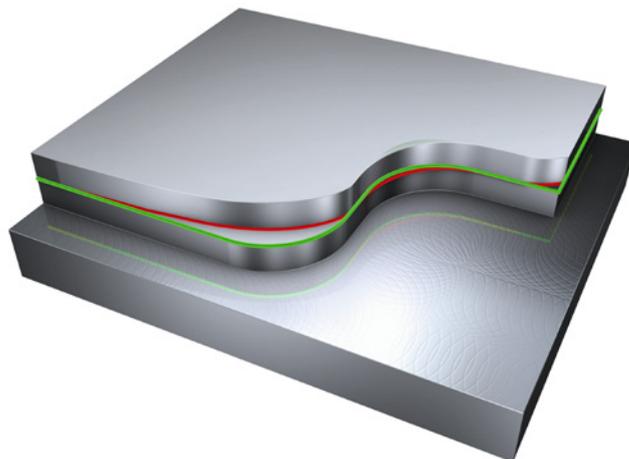
Habitual



- Carga pesada en el punto central de la plaquita
- Menor velocidad de avance
- Vida útil de la herramienta reducida
- Impacto mecánico
- Errores de forma
- Programas y tiempo de mecanizado más largos

Función de control anticipado

Tanto para el fresado de contornos como para el de copia, es preferible utilizar una máquina con software que incluya funciones de control anticipado para evitar desviaciones del recorrido de la herramienta.



Contorneado

- Utilice un recorrido de herramienta de tipo contorneado, como el “Fresado por niveles”, como mejor método para garantizar el fresado en concordancia.
- Al contornear con la periferia de la fresa se obtiene en muchos casos una mayor productividad, ya que se encuentran en contacto con el corte más dientes en un diámetro de la herramienta mayor.
- Si hay alguna limitación de la velocidad del husillo en la máquina, el contorneado ayudará a mantener y controlar la velocidad de corte.
- El contorneado también crea menos cambios repentinos de carga de trabajo y dirección. Durante el fresado con alta velocidad y alto avance, y en materiales templados, esto resulta especialmente importante ya que el filo y el proceso son más vulnerables a los cambios que puedan ocasionar diferencias de desviación o crear vibraciones.
- Para prolongar la vida útil de la herramienta, mantenga un corte continuo y durante el mayor tiempo posible.

Nota: mecanice siempre con el centro de la herramienta si la velocidad de corte es cero.



Torneado general

B

Tronzado y ranurado

C

Roscado

D

Fresado

E

Taladrado

F

Mandrinado

G

Portaherramientas/
Máquinas

H

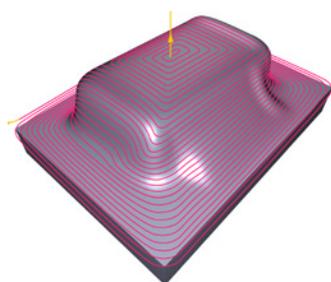
Materiales

I

Información
general/Índice

Estrategia en el recorrido de la herramienta

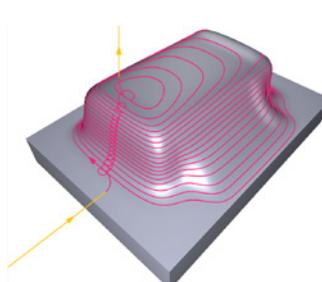
Contorneado con Z constante, dos ejes.
Desbaste y acabado



Fresado por niveles, contorneado con Z constante

- Habitual si está disponible la función de control CAM de irregularidad máxima
- Empaño y retirada uniformes
- Fácil programación
- Amplia selección de herramientas

Contorneado helicoidal, de tres a cinco ejes.
Acabado



Contorneado con recorrido de la herramienta de mecanizado en rampa

- Cambios de dirección uniformes
- Buena precisión de forma y acabado superficial
- Altura de irregularidades controlada
- Empaño constante
- Programas cortos
- Herramientas cortas

Fresado de copia

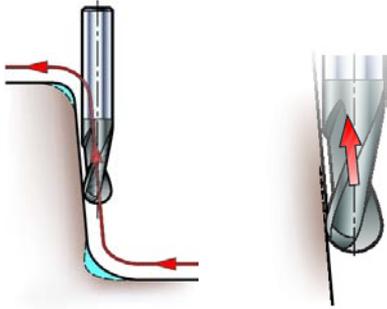
El recorrido de la herramienta durante el fresado de copia suele ser una combinación de fresado hacia arriba y hacia abajo, y requiere numerosos y poco favorables empañes y retiradas del corte.

Cada una de estas entradas y salidas implica una flexión de la herramienta, que deja una marca elevada en la superficie.

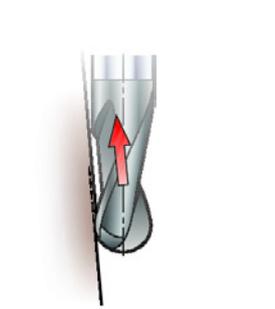
Las fuerzas de corte y la flexión de la herramienta se reducen después y entonces se produce un ligero rebaje de material en el área de salida.

Conclusiones:

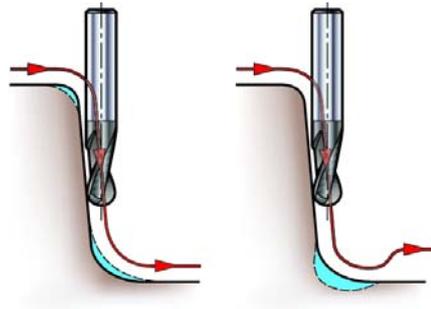
- Se debe evitar el fresado de copia junto a paredes muy inclinadas, siempre que sea posible. En operaciones en "plunge", el espesor de la viruta es grande y la velocidad de corte debe ser baja.
- Existe el riesgo de desmenuzamiento del filo en el centro de la herramienta, especialmente cuando la fresa alcanza el área del fondo.
- Adapte la velocidad de avance con la función de control anticipado. Si no es así, la desaceleración no será lo bastante rápida como para evitar dañar el centro de la herramienta.
- Habrá una amplia longitud de contacto cuando la fresa alcance la pared, con riesgo de desviación, vibración o rotura de la herramienta.
- Si utiliza fresas de ranurar de punta esférica, el área más crítica es la del centro de la herramienta, ya que la velocidad de corte es cero. Evite utilizar el área del centro y aplique fresado en punta inclinando el husillo o la pieza para mejorar las condiciones.
- Resulta algo más favorable para el proceso de mecanizado que el copiado se realice hacia arriba en las paredes con mucha pendiente ya que el espesor de la viruta alcanza el valor máximo a una velocidad de corte más favorable.



Riesgo de arañazos



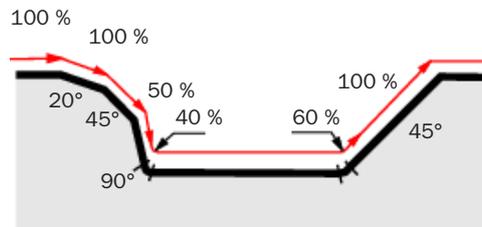
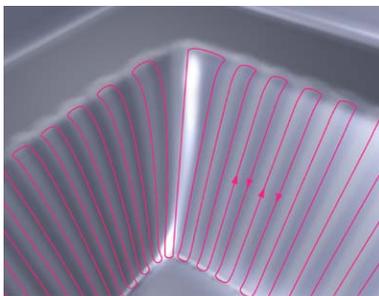
Copiado hacia arriba:
Espesor máximo de la viruta al valor recomendado de v_c .



En el fondo de la cavidad:
Riesgo de desmenuzamiento en el centro de la herramienta. Errores de forma comunes, especialmente cuando se utiliza la técnica de mecanizado a alta velocidad.

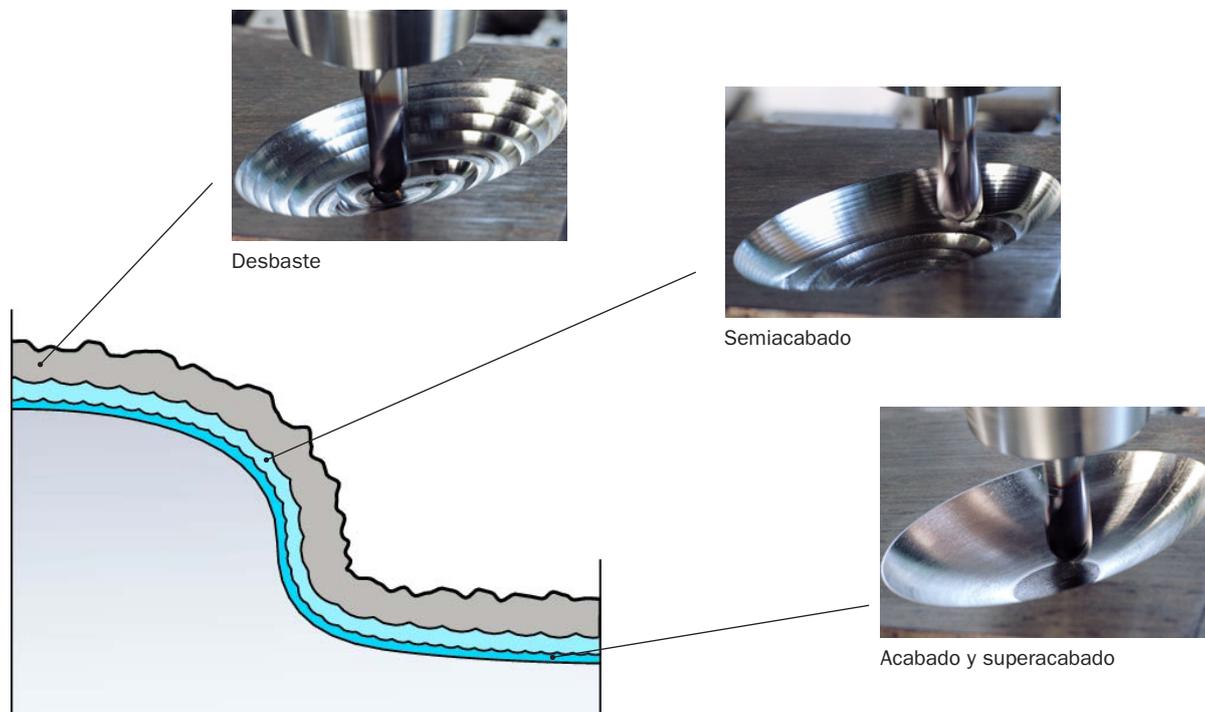


Copiado hacia abajo:
Gran espesor de la viruta con valor muy bajo de v_c .



Reducción del avance para evitar acortar la vida útil de la herramienta

El fresado inverso hacia arriba y hacia abajo expondrá la herramienta a fuerzas alternativas de flexión y de corte. Si se reduce la velocidad de avance en las secciones críticas del recorrido de la herramienta, se reduce el riesgo de desmenuzamiento del filo y se consigue un proceso de mecanizado más seguro y una vida útil de la herramienta más prolongada.



Existencias constantes para obtener un buen acabado

Que las existencias sean constantes es uno de los criterios realmente básicos para conseguir alta productividad sostenida en el fresado de perfiles, especialmente si se utiliza alta velocidad.

- Para alcanzar la máxima productividad en estas operaciones, habituales en la fabricación de moldes y matrices, es importante adaptar el tamaño de las fresas a cada operación.
- El objetivo principal es crear una tolerancia de trabajo distribuida uniformemente, o existencias, para reducir los cambios de carga y dirección de cada herramienta utilizada.

A menudo es más favorable reducir en escala el tamaño de las distintas fresas, de mayor a menor, especialmente en desbaste ligero y semiacabado, en lugar de utilizar sólo un diámetro en cada operación.

- La mejor calidad de acabado se consigue cuando las operaciones precedentes dejan existencias tan pequeñas y constantes como sea posible.
- El objetivo siempre debe ser acercarse tanto como sea posible a los requisitos especificados para la forma final.
- Un proceso de corte seguro.

Ventajas con existencias constantes

- Algunas operaciones de semiacabado y casi todas las de acabado se pueden realizar con atención parcial o a veces incluso sin supervisión.
- El impacto sobre las guías de la máquina-herramienta, los tornillos esféricos y los rodamientos del husillo será menos negativo.

Velocidad de corte real

Si se utiliza el valor nominal del diámetro de la herramienta al calcular la velocidad de corte de una fresa de punta esférica o de plaquita redonda, la verdadera velocidad de corte, v_c , será mucho más baja, si la profundidad de corte, a_p , es superficial. El avance de mesa y la productividad quedarán muy limitadas.

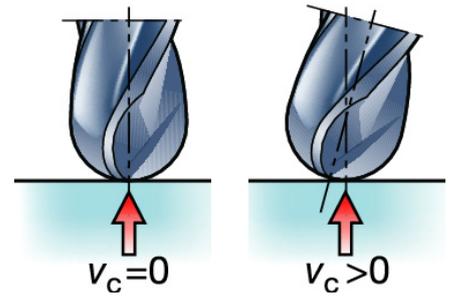
$$v_c = \frac{\pi \times n \times D_{cap}}{1000} \text{ m/min}$$

Los cálculos de la velocidad de corte deben estar basados en el diámetro real o eficaz del corte, D_{cap} .

Fresa de ranurar y escuadrar	Fresa de punta esférica	Fresa de plaquita redonda
<p>$D_c = 6 \text{ mm}$ $v_c = 250 \text{ m/min}$ $n = 13\,262 \text{ rpm}$ $D_c = D_{cap} = 6 \text{ mm}$</p>	<p>$D_c = 6 \text{ mm}$ $v_c = 250 \text{ m/min}$ $n = 36\,942 \text{ rpm}$ $D_{cap} = 2.15 \text{ mm}$</p> $D_{cap} = 2 \times \sqrt{a_p \times (D_c - a_p)}$	<p>$D_{cap} = D_3 - iC + \sqrt{iC^2 - (iC - 2 \times a_p)^2}$</p>

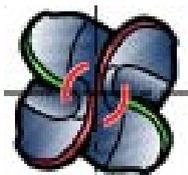
Fresado tridimensional: fresa inclinada

- Cuando se utiliza una fresa de ranurar de punta esférica, el área más crítica del filo es el centro de la herramienta, donde la velocidad de corte se aproxima a cero, dato muy poco beneficioso para el proceso de mecanizado. La evacuación de la viruta en el centro de la herramienta es crítico, debido al espacio tan estrecho que presenta el bisel.
- Por tanto, se recomienda inclinar el husillo o la pieza entre 10 y 15 grados, para desplazar la zona de corte del centro de la herramienta.
 - Velocidad de corte mínima más alta.
 - Optimización de la vida útil de la formación de viruta.
 - Mejor acabado superficial.



CoroMill® Plura y CoroMill® 316, fresas de corte central

Parte central, z = 2



Parte periférica, z = 4



Z = 2



Z = 4

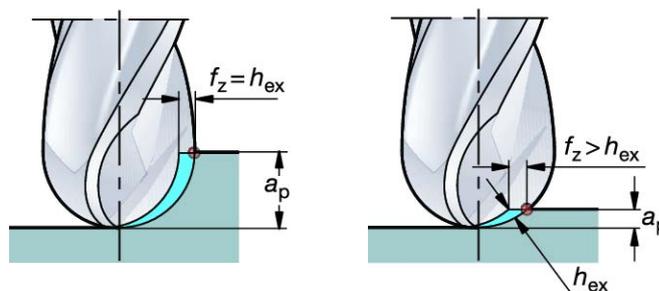
Para garantizar cuatro filos eficaces, la fresa se debe inclinar aprox. 10-15 grados.

Mecanizado superficial

Admite valores superiores de velocidad de corte, v_c , y avance/diente, f_z

Si se utiliza una fresa de plaquita redonda o de punta esférica con menor profundidad de corte, es posible incrementar la velocidad de corte, v_c , debido al corto tiempo de empañe que experimenta el filo. El tiempo para propagación del calor en la zona de corte se reduce es decir, la temperatura del filo y de la pieza se mantienen bajas.

Además, el avance/diente, f_z , se puede incrementar gracias a la reducción del espesor de la viruta, consulte Presentación, página D 20.



Mecanizado superficial

Ejemplo de mecanizado superficial:

Fresa no inclinada frente a fresa inclinada

En este ejemplo se demuestran las posibilidades de incremento de la velocidad de corte cuando el valor de a_e/a_p es pequeño y también las ventajas de utilizar la fresa inclinada.

Fresa de punta esférica CoroMill Plura

$D_c = 10$ mm, calidad GC 1610.

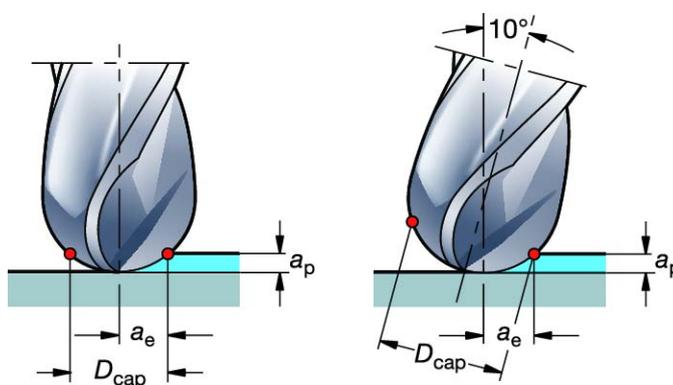
Material: acero, 400HB

Recomendación de datos de corte para mecanizado profundo

$a_p = D_c/2$:

$v_c = 170$ m/min

$f_z = 0.08$ mm/r = h_{ex}



Operación	Fresa no inclinada	Fresa inclinada (10°)
<p>• Semiacabado $a_p = 2$ mm</p> <p>La velocidad se puede seguir incrementando aprox. un 75% debido al mecanizado superficial y al reducido tiempo de empañe:</p> <p>$v_c = 300$ m/min</p> <p>El avance por diente, f_z, es el mismo tanto para la fresa no inclinada como para la inclinada, pero el número eficaz de filos, z_c, es distinto cerca del centro, como se describe en la página anterior.</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 8$ mm</p> <p>$v_c = 300$ m/min $n = 11\ 940$ rpm</p> <p>$h_{ex} = 0.08$ mm $f_z = 0.12$ mm/diente $z_c = 2$ $f_n = 0.24$ mm/r</p> <p>$v_f = 2\ 860$ mm/min</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 8.9$ mm</p> <p>$v_c = 300$ m/min $n = 10\ 700$ rpm</p> <p>$h_{ex} = 0.08$ mm $f_z = 0.12$ mm/diente $z_c = 4$ $f_n = 0.48$ mm/r</p> <p>$v_f = 5\ 100$ mm/min</p>
<p>• Superacabado $a_e = 0.1$ mm</p> <p>Es posible incrementar la velocidad de corte en un factor de 3-5 debido al tiempo de contacto extremadamente breve:</p> <p>$v_c = 5 \times 170 = 850$ m/min</p> <p>Nota: En superacabado se debe utilizar una fresa de dos dientes $z_n = 2$, para minimizar la desviación. Con este valor tan pequeño de a_p, el valor de f_z estará limitado por las exigencias de acabado superficial. Por tanto, el valor de h_{ex} no debe tenerse en cuenta. Como regla general, en superacabado se debe utilizar aprox. el mismo valor de f_z que de a_e.</p> <p>$f_z = 0.12$ mm/r</p>	<p>No se recomienda utilizar una fresa no inclinada para superacabado</p>	<p>$D_c = 10$ mm $D_{cap} = 4.4$ mm</p> <p>$v_c = 850$ m/min $n = 61\ 100$ rpm</p> <p>$h_{ex} = 0.02$ mm $f_z = 0.12$ mm/diente $z_c = 2$ $f_n = 0.24$ mm/r</p> <p>$v_f = 14\ 600$ mm/min</p>

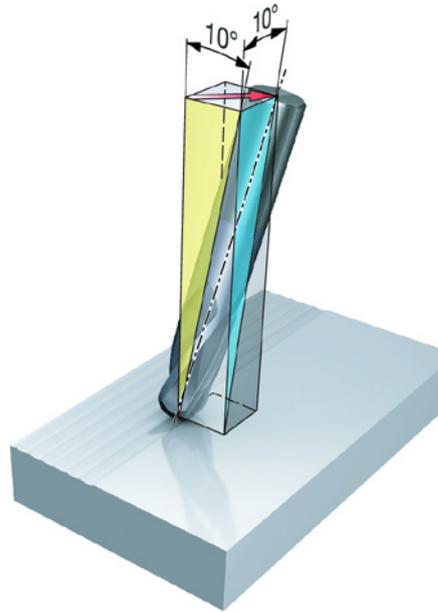
Generación de superficies perfiladas

Una fresa de punta esférica, o un filo redondo, creará una superficie con una altura de arista determinada, h , que depende de:

- Anchura, a_e , del corte
- Avance por diente, f_z .

Otros factores importantes son la profundidad de corte, a_p , que influye sobre las fuerzas de corte y el indicador del salto radial, TIR. Para conseguir los mejores resultados:

- Utilice portaherramientas HydroGrip de alta precisión con acoplamiento Coromant Capto.
- Minimice el voladizo de la herramienta.



El fresado en concordancia con la fresa inclinada aprox. 10° en dos direcciones garantiza un buen acabado superficial y un rendimiento fiable.

Desbaste y semidesbaste

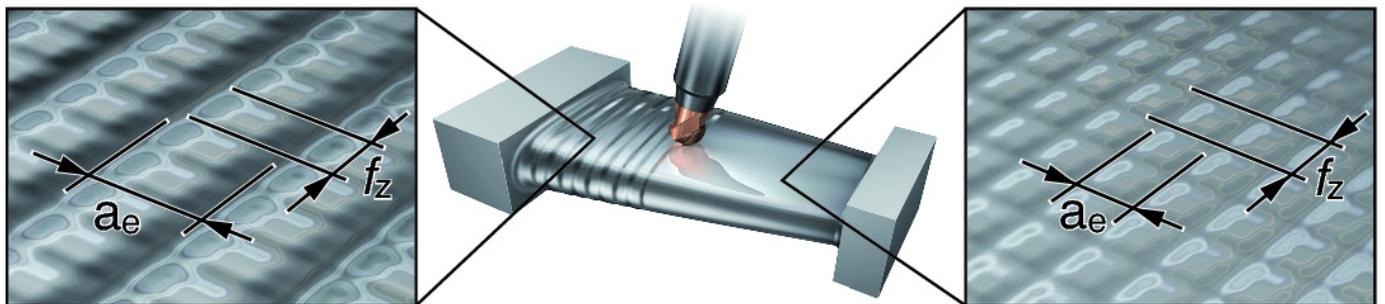
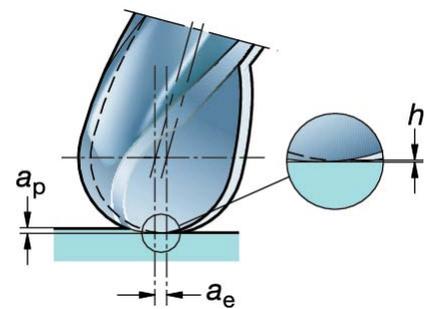
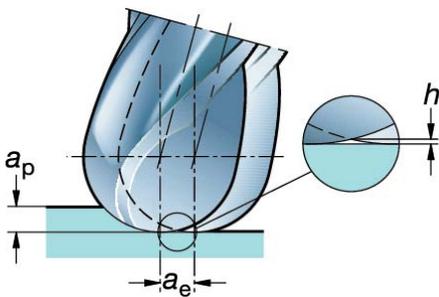
Si el avance por diente es mucho más pequeño que la anchura y profundidad de corte, la superficie generada presentará una altura de arista mucho más pequeña en la dirección del avance.

Acabado y superacabado

Es beneficioso conseguir una textura superficial uniforme y simétrica en todas direcciones, que se pueda pulir con facilidad más tarde, con independencia del método de pulido que se utilice.

Esto se consigue si $f_z \approx a_e$.

Utilice siempre una fresa inclinada de dos dientes en superacabado para conseguir la mejor textura superficial.



Semidesbaste con f_z mucho más pequeño que a_e .

Superacabado con fresa inclinada y f_z igual a a_e .



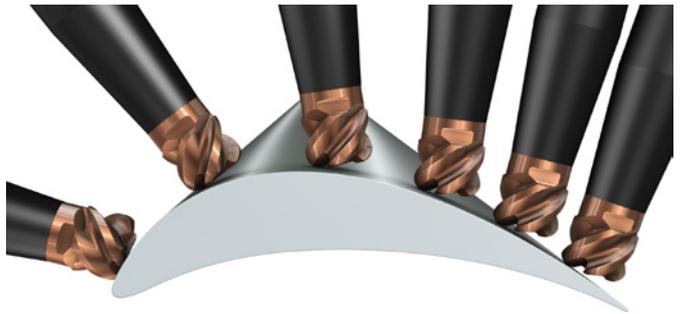
CoroMill® Plura



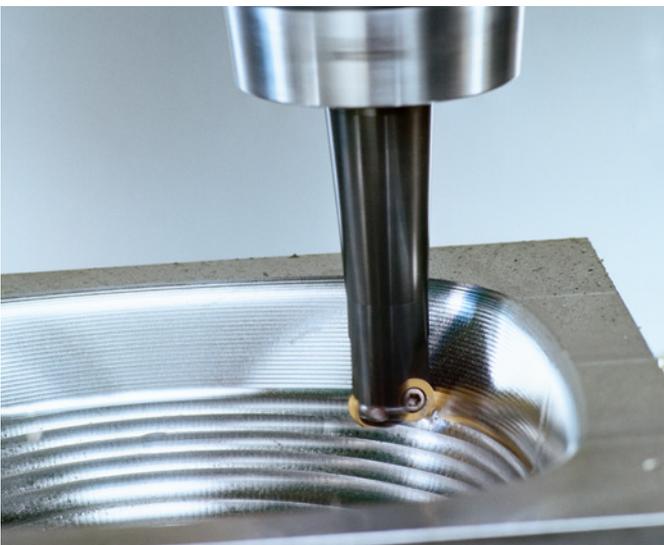
CoroMill® 390



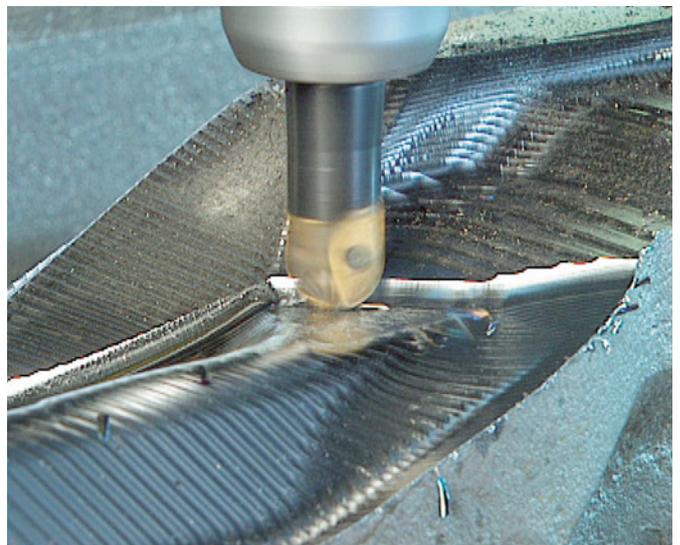
CoroMill® 300



CoroMill® 316



CoroMill® 300 toroidal



CoroMill® 216

Tornofresado

El tornofresado se define como el fresado de una superficie curva mientras se hace girar la pieza alrededor de su punto central.

Formas y estructuras excéntricas que difieren considerablemente de las que se producen con métodos convencionales de fresado o torneado, a menudo se pueden crear por tornofresado. Este método permite un alto régimen de arranque de material con excelente control de viruta.

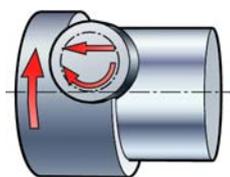
- Es posible producir una superficie cilíndrica sólo con avanzar la fresa en dirección radial durante la rotación.
- Si la fresa se desplaza simultáneamente en dos direcciones, es posible crear superficies excéntricas, por ejemplo, levas.
- El desplazamiento en más de 2 ejes requiere una herramienta con capacidad de mecanizado en rampa.
- Para mecanizar una forma cónica, se requieren 5 ejes.
- El tornofresado de perfiles complejos, por ejemplo, álabes de turbina, requiere el desplazamiento simultáneo en 5 (ó 4) ejes, 2 ó 3 para la pieza y 1 ó 2 para la herramienta.
- Es posible producir piezas, como álabes de turbina, avanzando la fresa en más de 2 ejes y, simultáneamente, girando la pieza.



Elección del método

Tornofresado frontal, 4/5 ejes

Método principal para mecanizado exterior.

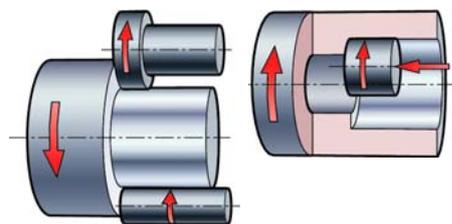


- + Extensiones de herramienta cortas
- + Menor diámetro de herramienta/bajo par
- + Piezas exteriores/delgadas
- + Perfilado
- Superficie cilíndrica no natural
- Interior.

Tornofresado periférico, 3/4 ejes

Los mismos principios que para fresado/mechanizado en rampa circular, pero con rotación de la pieza.

Se utiliza sobre todo para operaciones interiores.



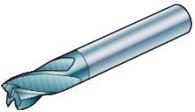
- + Mecanizado interior
- + Superficie cilíndrica
- + Canales estrechos
- + Fresado de roscas
- + Redondez
- Perfilado
- Diámetros mayores/alto par
- Voladizo grande

Elección de herramientas

Fresas de tornofresado para desbaste

	Fresa de ranurar 90° CoroMill® 390	Filo largo CoroMill® 390LE	Fresa de planear 45° CoroMill® 245	Alto avance CoroMill® 210	Plaquita redonda CoroMill® 300
					
Profundidad de corte (a_p)	++	+++	++	–	+
Anchura del corte (a_e)	++	++	++	–	+++
Avance de mesa (v_f)	++	+	++	+++	+++
Arranque de viruta, Q (cm ³ /min.)	+	+++	++	+	+++
Mecanizado del fondo	+	–	–	–	+++
Potencia/estabilidad	++	–	++	+	+++
Acabado superficial	+++	+	+++	–	++
Materiales difíciles	+	+	++	++	+++
Desbaste y acabado	+++	+	+++	–	++

Fresas de tornofresado para acabado

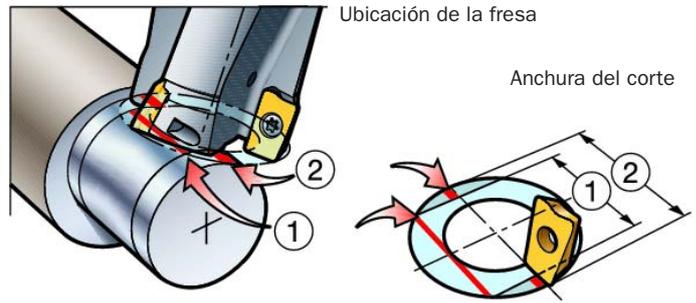
	Fresa de ranurar entera 90° CoroMill® Plura	Fresa de ranurar de plaquita intercambiable 90° CoroMill® 390	Fresa de planear de plaquita intercambiable 90° CoroMill® Century	Plaquita redonda CoroMill® 300
				
Superficie plana	+++	+++	+++	+
Número de plaquitas Wiper	4	1	De 1 a todas	0
Avance por diente	–	+	+(*+++)	++
Arranque de viruta, Q (cm ² /min.)	–	+	+(*+++)	++
Contra la escuadra	+++	+++	+++	–
Materiales difíciles	+	+	+	+++
Perfil estrecho	+++	+	+	–

* Sólo para mecanizado axial y con todas las plaquitas Wiper.

Cómo se aplica

Posición de la fresa cuando se utilizan plaquitas redondas

En tornofresado frontal, se utiliza una plaquita Wiper para generar el contacto en línea recta entre la fresa y la superficie mecanizada con objeto de crear la parte cilíndrica de la pieza. Dada la convexidad de la superficie fresada, la faceta Wiper debe ser plana en vez de tener un radio grande. Para cubrir todo el ancho de corte, es necesario colocar la herramienta con doble desplazamiento como mínimo, primero E_{w1} durante la primera vuelta de la pieza y, a continuación, desplazar a E_{w2} para el segundo corte.



1 = Primer corte
2 = Segundo corte

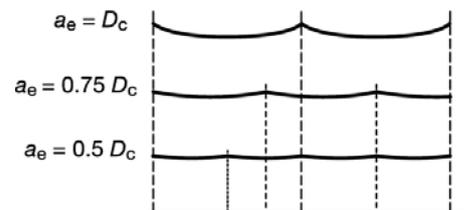
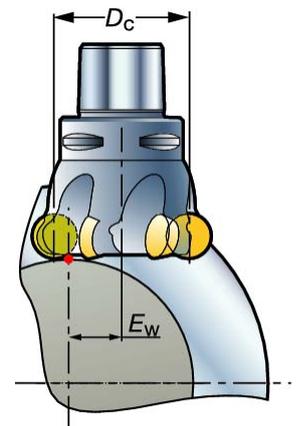
Posición de la fresa, plaquitas redondas/no Wiper

Para producir una superficie lo más plana posible, resulta óptima una fresa de pequeño diámetro con anchura de corte, a_e , inferior al 40% del diámetro eficaz de la fresa, D_c .

Sin embargo, es necesario incrementar el valor de a_e para conseguir la mejor productividad. Esto se puede hacer incrementando:

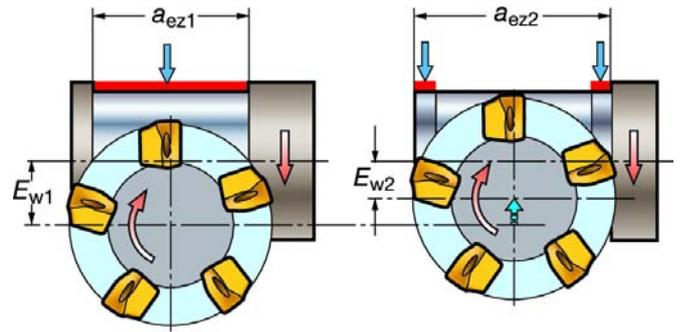
- Diámetro de la fresa
- Relación de empañe radial, a_e/D_c .

Para que la altura de la arista sea aceptable, la fresa debe estar desplazada del centro. La amplitud del desplazamiento depende del valor de a_e , y se toma del diagrama para el valor correspondiente de a_e/D_c .



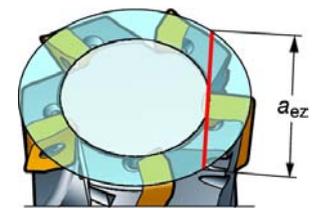
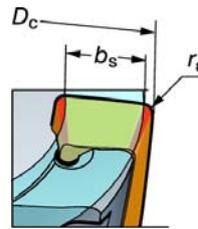
Desplazamiento y anchura del corte

Para fresar una superficie que es más ancha que el diámetro de la fresa, es necesario permanecer en la posición inicial y después desplazar la fresa en dirección axial hasta la longitud requerida, que es, por otro lado, no superior al 80% del valor de a_{ez1} por vuelta. Si se requiere una escuadra de 90°, la fresa se debe desplazar hasta una segunda posición, E_{w2} .



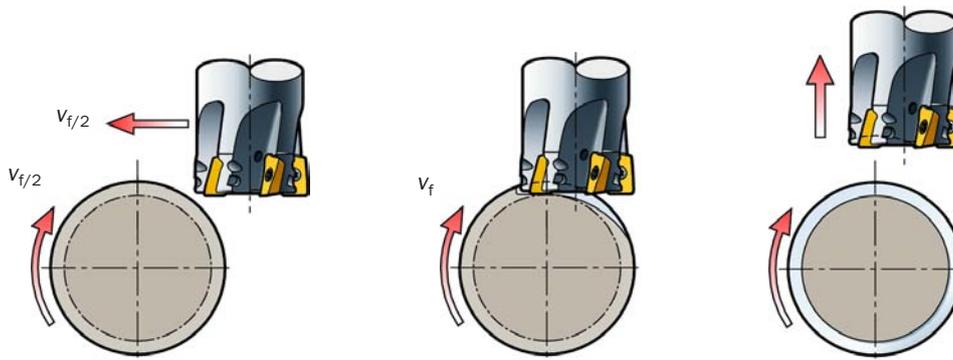
Anchura de la plaquita Wiper

Anchura del corte



Principio de penetración

La herramienta de fresado debe avanzar hacia la pieza en dirección radial. La velocidad de rotación de la pieza debería corresponder con la recomendación de avance/diente de la plaquita. La fresa debe salir de la pieza axialmente.



Programación

Encontrará información detallada sobre la programación de tornofresado en la Guía de aplicaciones de tornofresado, C-2920:26. Póngase en contacto con su representante local de Sandvik Coromant si desea más información.

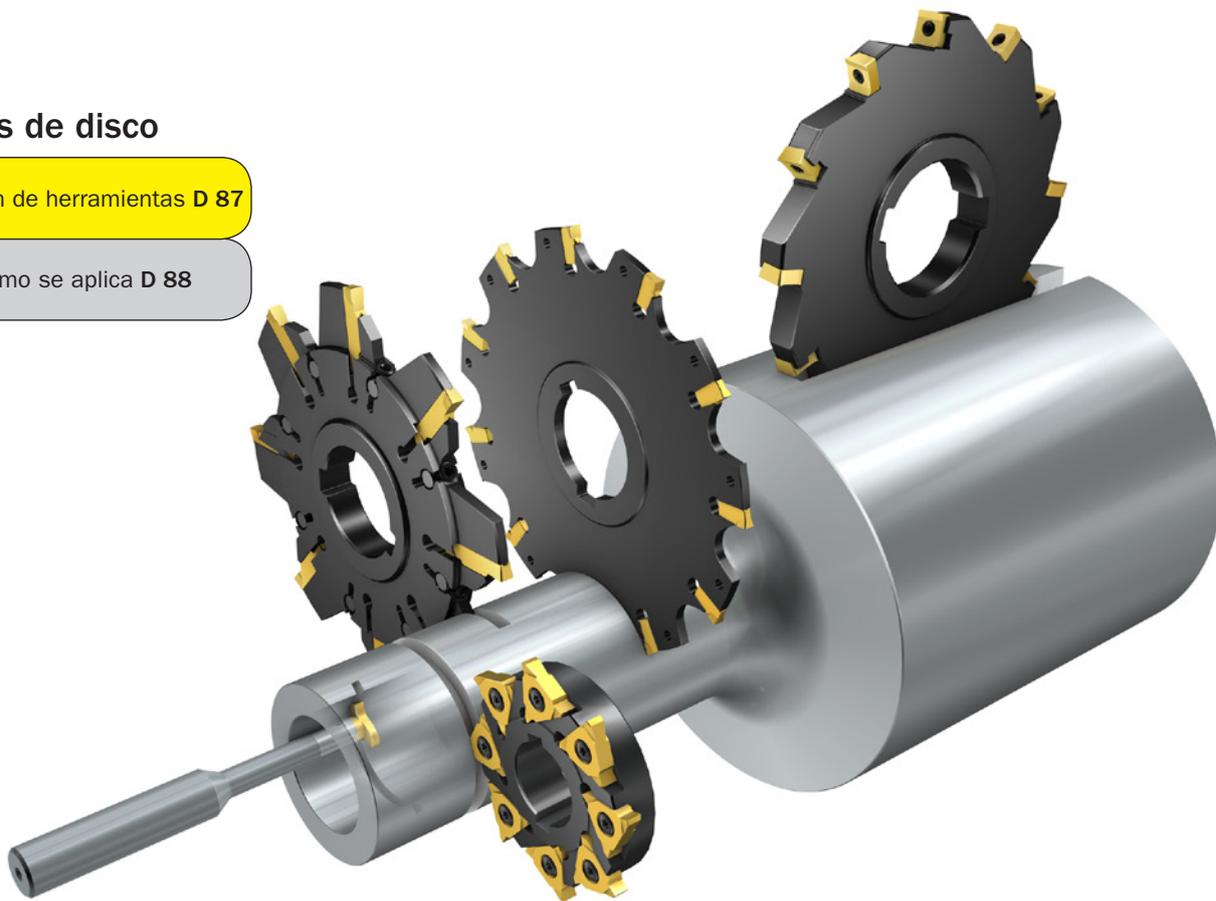
Fresado de ranuras y roscas

Información general de aplicación

Fresas de disco

Elección de herramientas D 87

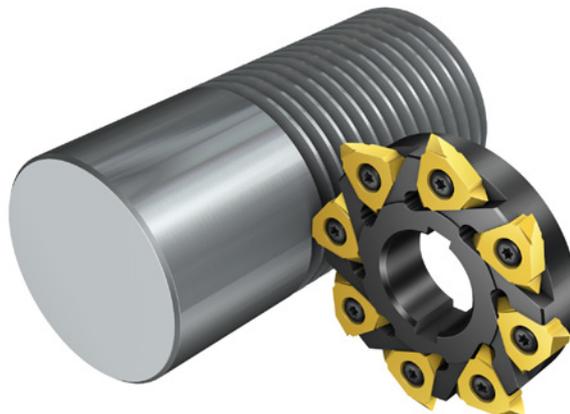
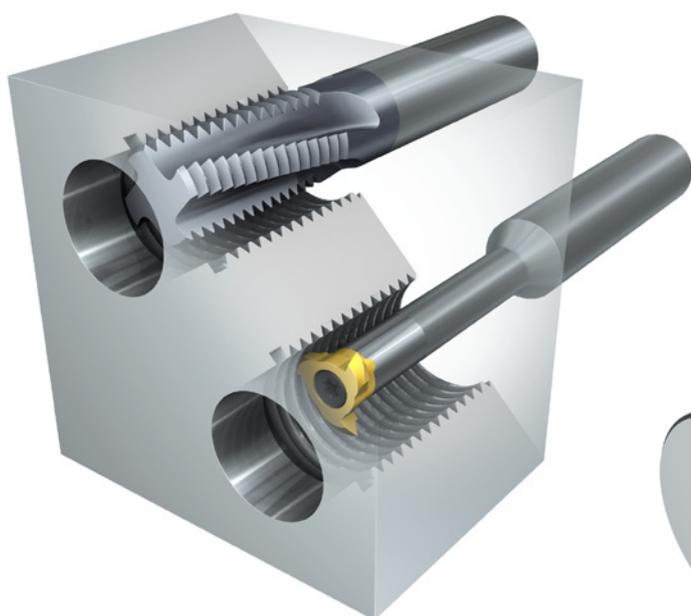
Cómo se aplica D 88



Fresado de roscas

Elección de herramientas D 95

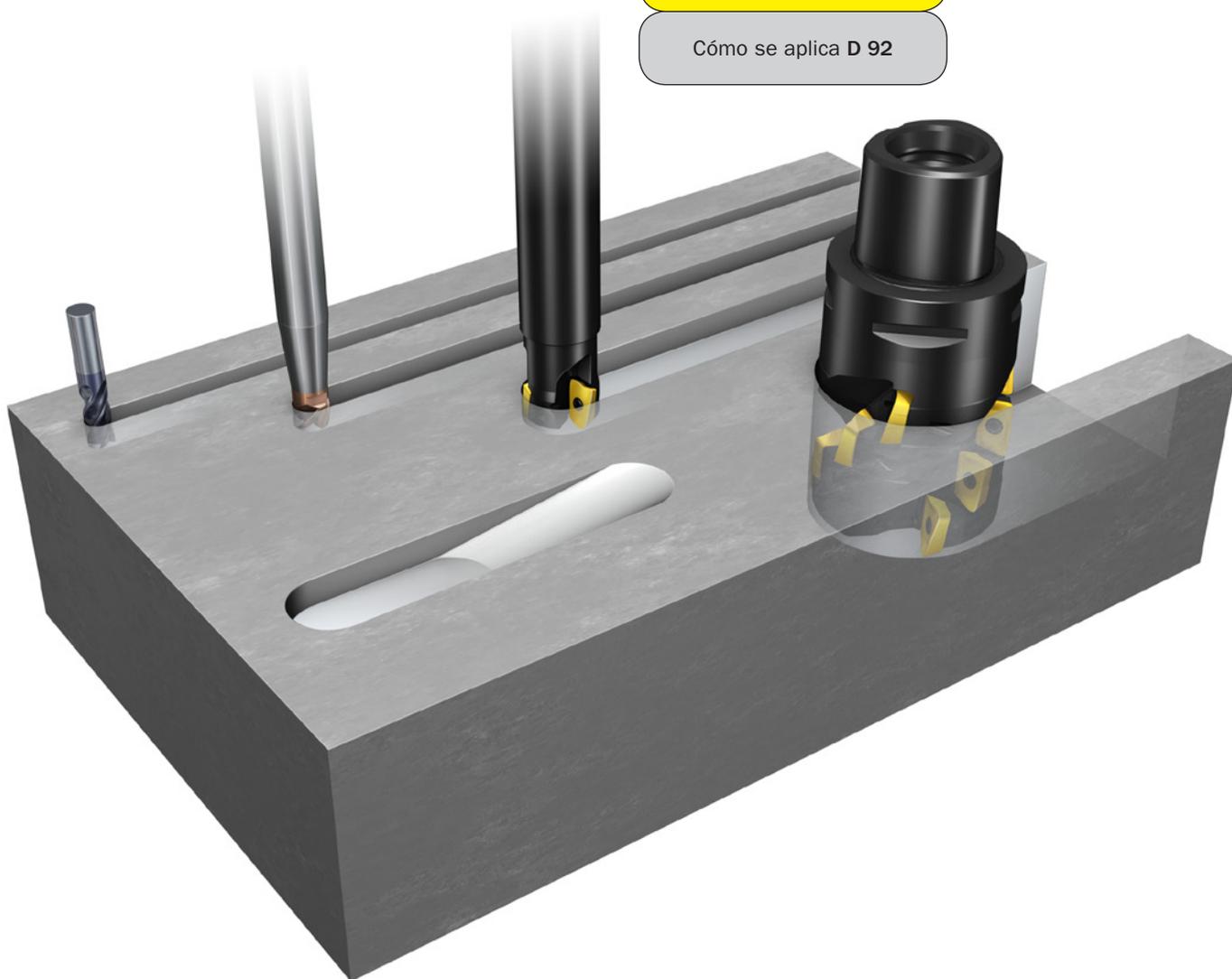
Cómo se aplica D 97



Fresado de ranuras

Elección de herramientas D 91

Cómo se aplica D 92



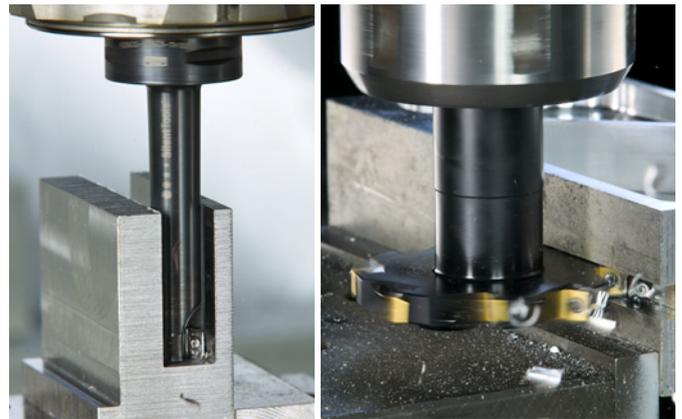
Fresado

Resolución de problemas D 128

Fresado de ranuras

El fresado de ranuras es una operación en la que es preferible el uso de fresas de disco a las de ranurar.

- Los canales o ranuras pueden ser cortos o largos, cerrados o abiertos, rectos o no, profundos o superficiales, anchos o estrechos.
- La selección de la herramienta viene determinada normalmente por la anchura y profundidad de la ranura y, hasta cierto punto, por su longitud.
- El tipo de máquina disponible y la frecuencia de la operación determinarán también si se debe utilizar una fresa de ranurar, una fresa de filo largo o una fresa de disco.
- Las fresas de disco ofrecen el método más eficiente para fresar gran volumen de ranuras largas y profundas, especialmente cuando se utilizan fresadoras horizontales. La evolución de las fresadoras verticales y de los centros de mecanizado, sin embargo, implica que también se utilicen con frecuencia fresas de ranurar y de filo largo en distintas operaciones de fresado de ranuras.



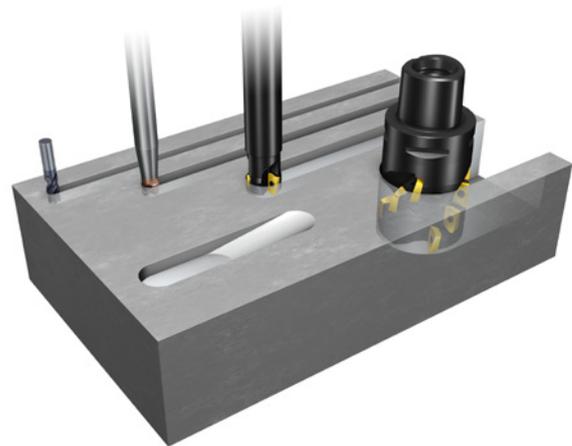
Comparación entre conceptos de fresa

Fresas de disco



- + Ranuras abiertas
- + Ranuras profundas
- + Tolerancia/anchura ajustable
- + Fresado múltiple
- + Corte
- + Amplia gama de productos para distinta anchura/profundidad
- Ranuras cerradas
- Sólo ranurado lineal
- Evacuación de la viruta

Fresado de ranuras



- + Ranuras cerradas
- + Ranuras superficiales
- + Ranuras no lineales
- + Versatilidad, métodos adicionales:
 - Fresado de ranuras trocoidal para materiales difíciles (acero templado, HRSA, etc.)
 - Fresado en "plunge" para solucionar problemas con grandes voladizos de la herramienta
 - Se pueden añadir con facilidad otras operaciones de semiacabado/acabado
 - Estas fresas se pueden utilizar para otras operaciones que no sean el fresado de ranuras
- Ranuras profundas
- Fuerzas elevadas
- Sensible a la vibración si se flexiona

Fresas de disco

Las fresas de disco pueden mecanizar ranuras largas, profundas y abiertas de manera más eficiente y ofrecen la mejor estabilidad y productividad en este tipo de fresado. También se pueden construir formando “trenes” para mecanizar más de una superficie en el mismo plano y al mismo tiempo.



Elección de herramientas

Fresas laterales

	CoroMill® 331	CoroMill® 329	T-Max Q-cutter	CoroMill® 327	CoroMill® 328
					
Anchura de corte máx. (a_p), mm	10/26.5	2.5 – 4	6.1	5.15	5.15
Profundidad de corte máx. (a_r), mm	34.0/114.5	18	119	6.5	5.0
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 125/ 80 – 315	125 – 160	80 – 315	9.7 – 27.7	39 – 80
Material					

CoroMill® 331

Fresa polivalente de alta precisión. Es la fresa más productiva para hacer ranuras y para tronzar. Es posible producir ranuras anchas con varias fresas CoroMill montadas juntas en un tren.

CoroMill® 329

Herramienta versátil para hacer ranuras de alta calidad, ranuras de fondo plano y para tronzar.

Fresa T-Max® Q

Fresa complementaria para ranuras estrechas y de fondo plano. Elección básica para tronzar.

CoroMill® 327

Ranurado interior y achaflanado en agujeros de más de 10 mm de diámetro. Radio completo para anillos de sellado, y ranuras circlip y chaflanes.

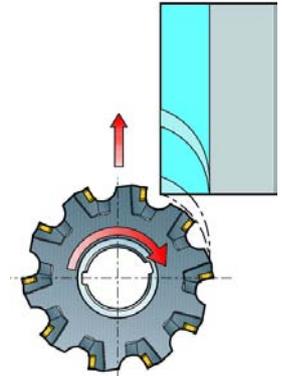
CoroMill® 328

Ranurado general, ranuras circlip y achaflanado en agujeros de más de 39 mm de diámetro. Ranurado general exterior e interior.

Aplicación

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

- Elija el tamaño, paso y posición de la fresa de manera que haya en el corte por lo menos un filo en todo momento.
- Verifique el espesor de la viruta para conseguir el avance por diente óptimo.
- Reduzca el avance a la entrada debido al espesor de la viruta a la salida.
- Para operaciones de fresado exigente, verifique los requisitos de potencia y par.
- La rigidez de eje y voladizo es muy importante en aplicaciones en las que los ejes tienen un extremo libre. La fijación y el apoyo del eje deben ser resistentes para hacer frente a las fuerzas de corte del fresado hacia arriba.



Fresado hacia abajo

- Primera elección como método.
- Utilice un tope firme en la dirección de la fuerza de corte tangencial para evitar que fuercen la pieza hacia abajo contra la mesa. La dirección del avance se corresponde con la de las fuerzas de corte, y esto implica que es importante la rigidez y la eliminación de holguras, ya que la fresa tiene tendencia a avanzar hacia arriba.

Fresado hacia arriba

- Alternativa en aplicaciones donde surjan problemas debido a rigidez insuficiente o si se trabajan materiales exóticos.
- Soluciona los problemas generados por montajes débiles y atascos de viruta en ranuras más profundas.

Volante de inercia:

- Buen complemento para montajes débiles y si la potencia y el par disponibles son bajos.
- Coloque el volante de inercia tan próximo a la herramienta como sea posible.
- Reforzar el montaje de la pieza siempre es una buena inversión.

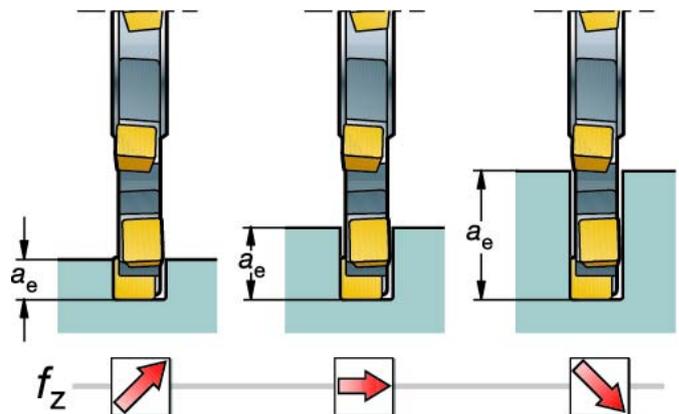
Fresado de ranuras abiertas utilizando fresas de disco

Cálculo del avance por diente

El factor crítico en fresado periférico utilizando fresas de disco, como CoroMill 331, es conseguir un avance por diente, f_z que sea adecuado. Un valor insuficiente presenta serios inconvenientes, por lo que se debe prestar especial atención a este cálculo.

El avance por diente, f_z , se debe reducir para ranuras más profundas e incrementar para las más superficiales con objeto de mantener el espesor máximo de la viruta recomendado.

Si necesita más información acerca de la optimización del avance, consulte el apartado Presentación, Espesor máximo de la viruta, fresado periférico, en la página D 20.





Ejemplo:

Al mecanizar una ranura completa con CoroMill 331 con una plaquita de O5 y geometría PL, el espesor máximo de la viruta debería ser 0.10 mm o el equivalente.

Nota: como dos plaquitas trabajan juntas para mecanizar toda la anchura de la ranura, el avance se calcula utilizando la mitad del número de plaquitas z_n .

a_e/D_c (%)	f_z (mm/diente)
25	0.12
10	0.17
5	0.23

Profundidad de corte

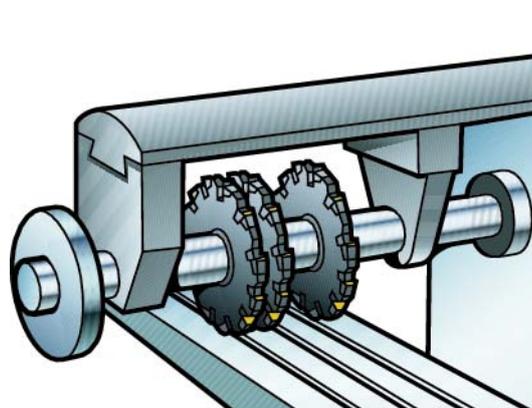
En general, CoroMill 331 mecanizará canales hasta una profundidad a_e de 4 x anchura a_p . Para ranuras más profundas se puede pedir una fresa especial, consulte la página D 190. Si se van a mecanizar ranuras más profundas, se debería reducir el avance por diente. Si la ranura es más superficial, incremente el avance.

Nota: la profundidad de la ranura puede estar limitada por el diámetro del refuerzo del eje, la resistencia a la deformación de las chavetas de accionamiento y la capacidad de las cavidades para viruta.

Volante de inercia en máquinas horizontales

Sólo unos pocos dientes están actuando en un momento dado en las operaciones con fresas de disco y esto puede generar fuertes vibraciones de torsión debido a la intermitencia del mecanizado. Todo ello resulta negativo para el resultado del mecanizado y para la productividad.

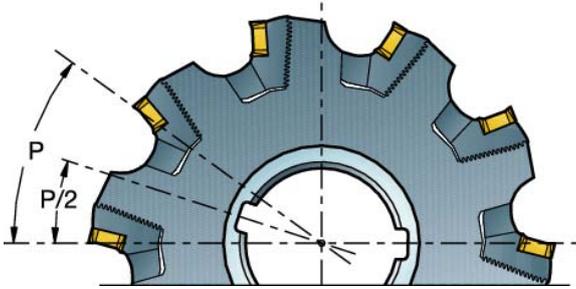
- Utilizar un volante de inercia suele ser una buena solución para reducir esta vibración.
- Los problemas ocasionados porque la máquina carezca de potencia, par o estabilidad, se resuelven a menudo utilizando correctamente un volante de inercia.
- La necesidad de un volante de inercia es mayor en máquinas pequeñas con poca potencia, o en máquinas con mucho desgaste, que en máquinas más grandes, estables y potentes.
- Coloque el volante de inercia tan próximo a la herramienta como sea posible.
- Si se utiliza un volante de inercia el mecanizado será más uniforme, se reducirá el ruido y la vibración, y se prolongará la vida útil de la herramienta.
- Además de utilizar fresado hacia arriba, se puede acoplar un volante de inercia al eje en el que se instale la fresa.
- Con objeto de mejorar aún más la estabilidad con fresas de disco, utilice el volante de inercia más grande que permita la aplicación.
- Combinar varios discos de acero al carbono, cada uno con un agujero central y un chavetero que se ajuste al eje, sigue siendo el mejor método para construir un volante de inercia.
- El efecto del peso del volante de inercia se incrementa con su diámetro. Esto significa que siempre que las circunstancias permitan un diámetro mayor, debe reducirse el peso del volante.
- Si es necesario y el espacio lo permite, el peso del volante se puede distribuir en varios volantes.
- Una elevada velocidad del husillo y un corte mayor reducen la necesidad de un volante.
- Utilice el diámetro de fresa más pequeño posible, de manera que se pueda incrementar la velocidad del husillo para una velocidad de corte dada.



Fresado múltiple utilizando fresas montadas en un patrón escalonado

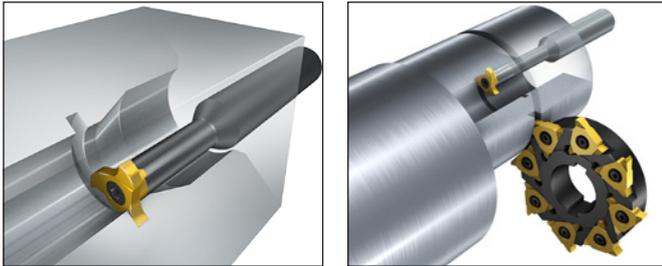
Las fresas CoroMill 331, CoroMill 329, T-Max Q y las versiones de CoroMill 328 que van montadas con agujero y chaveta se pueden colocar según un patrón escalonado para fresar más de una ranura al mismo tiempo.

Las fresas se desplazan la mitad del paso respecto a la otra para evitar las vibraciones. También reduce la necesidad de un volante de inercia.



Una de las chavetas se desplaza de la línea central la mitad del paso.

Fresado de ranuras y canales estrechos y poco profundos

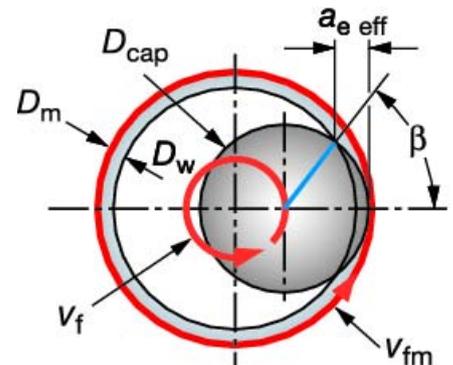


Las fresas CoroMill 327/328 disponen de plaquitas de varios filos con perfiles que se adaptan a casi todos los tipos de ranuras pequeñas.

Entre las aplicaciones habituales se incluye el mecanizado de ranuras interiores, circlip y para anillos de sellado, y ranuras exteriores pequeñas, rectas o circulares, especialmente en piezas que no se pueden hacer girar.

Ranurado interior

- Se debe programar una entrada uniforme cuando se utilice fresado circular.
- Tenga en cuenta la relación entre el diámetro de la fresa y el diámetro del agujero, D_c/D_w . Cuanto más pequeña sea esta relación, mayor será el empañe.



Recomendaciones de velocidad de corte y espesor de la viruta para CoroMill® 327

v_c , m/min:

P	200	(150-400)
M	100	(80-160)
K	250	(200-400)

h_{ex} , mm:

0.04 (0.01 – 0.07)

Los datos de corte más adecuados para CoroMill 328 se encuentran en Información general/Índice, en el capítulo I.

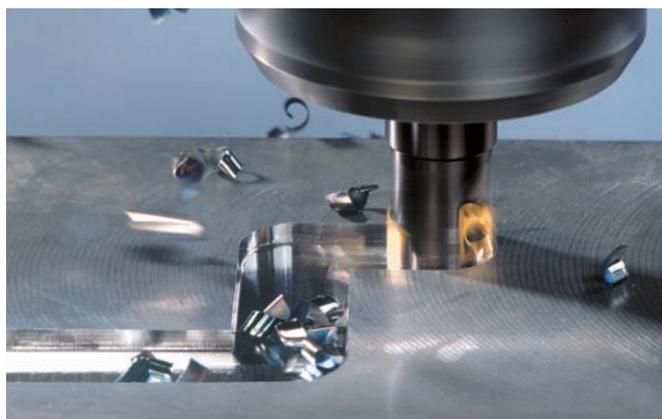
Fresado de ranuras

Las fresas de ranurar se seleccionan para ranuras más cortas y superficiales, especialmente las cerradas y cavidades, y para fresar chaveteros.

Las fresas de ranurar son las únicas herramientas que pueden mecanizar ranuras cerradas:

- Rectas, curvas o acodadas
- Más anchas que el diámetro de la herramienta, cavidades designadas.

Las operaciones de ranurado más pesado se realizan a menudo con fresas de filo largo.



Elección de herramientas

Fresas de ranurar y de filo largo

	CoroMill® 690	CoroMill® 390	CoroMill® 490	CoroMill® 316	CoroMill® Plura
					
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	112	15.7/85	5.5	11	38
Diám. de fresa (D_c), mm	50 – 84	12 – 42/32 – 200	20 – 80	10 – 25	2 – 20
Mecanizado en rampa*	No	Sí	No	Sí	Sí
Material					

*El mecanizado en rampa es un método adecuado para ranuras cerradas, consulte Métodos específicos, página D 104.

Aplicación

Lista de comprobación de aplicaciones y sugerencias

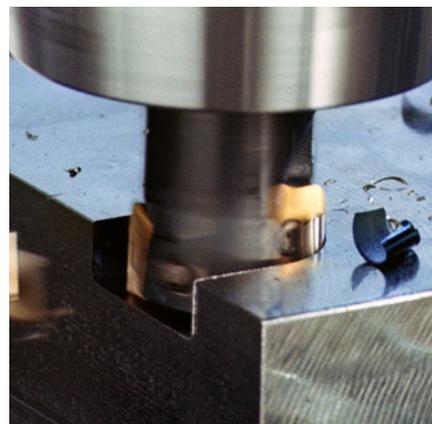
- Utilice fresas de ranurar de corte ligero, y duración prolongada y homogénea, montadas en portaherramientas de alto rendimiento.
- Minimice la distancia desde el portaherramientas hasta el filo para que el voladizo sea lo más corto posible.
- Si el voladizo es grande, haga cortes más superficiales con mayor avance.
- Tenga en cuenta el avance por filo para producir un espesor de la viruta satisfactorio. Utilice fresas de paso grande para evitar virutas delgadas, que pueden provocar vibración, superficie deficiente y formación de rebabas.
- Utilice el tamaño de herramienta más grande posible para conseguir la mejor relación diámetro/longitud, que incrementa la estabilidad.
- Utilice fresado hacia abajo siempre que pueda para que la acción de corte sea más favorable.
- Verifique que la viruta puede ser evacuada correctamente de la ranura. Utilice aire comprimido para evitar acumulación de viruta.
- Utilice el acoplamiento Coromant Capto para mejorar la estabilidad y apoyo hacia el husillo.

Si necesita información sobre cómo se mejora una ranura o cavidad fresada según la forma y calidad requeridas, consulte Métodos específicos, página D 120.

Ranurado con fresas

El mecanizado de ranuras o canales, también conocido como ranurado, presenta tres facetas:

- Las ranuras cerradas por ambos extremos se denominan cavidades y requieren fresas de ranurar que puedan trabajar en dirección axial. Si desea más información sobre mecanizado de cavidades, consulte la página D 115.
- El fresado de ranuras es una operación exigente. La profundidad de corte axial se debe reducir por regla general hasta cerca del 70% de la longitud del filo. También se deben tener en cuenta la rigidez de la máquina y la evacuación de la viruta para determinar el mejor método para ejecutar la operación.
- Las fresas de ranurar son sensibles a los efectos de las fuerzas de corte. Desviación y vibración pueden ser factores de limitación, especialmente con alta velocidad de mecanizado y con grandes voladizos.



Ranurado de chaveteros

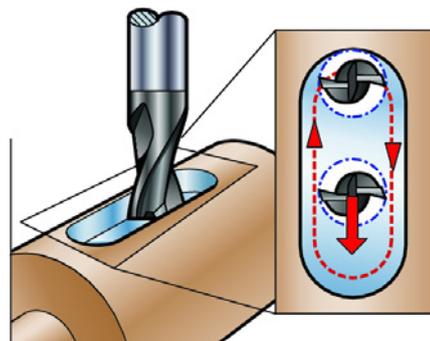
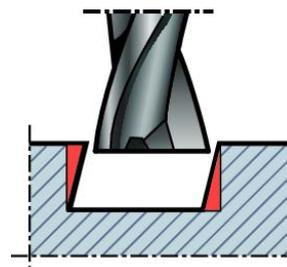
Esta operación requiere algún tipo de guía además de las recomendaciones generales para fresar superficies rectas y ranuras.

Debido al sentido de las fuerzas de corte y a la tendencia de la herramienta a flexar, una ranura fresada en una sola operación no tendrá una forma perfectamente cuadrada.

Se logrará la mayor precisión y productividad si se utiliza para esta operación una fresa de ranurar subdimensionada y se divide la operación en dos etapas:

1. Fresado de chaveteros, desbaste de la ranura completa.
2. Fresado periférico, acabado alrededor de la ranura mediante fresado hacia arriba con el fin de crear una esquina perfectamente cuadrada.

La profundidad de corte radial se debe mantener baja en operaciones de acabado para evitar la desviación de la fresa, que suele ser la causa principal del acabado superficial deficiente y/o de que la escuadra no tenga 90° reales.



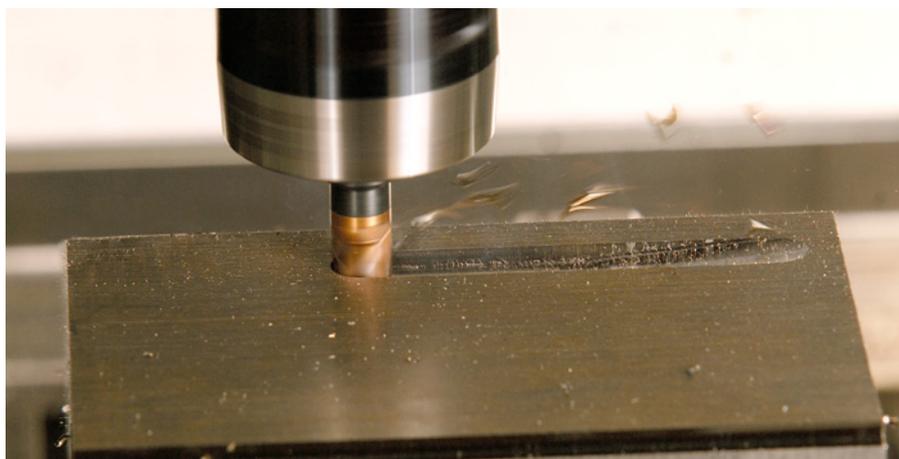
Fresado de chaveteros en dos operaciones.

Métodos para abrir una ranura o cavidad cerrada en una pieza en bruto

En la preparación para fresar ranuras largas y estrechas, el mecanizado en rampa lineal es el método más habitual, después del taladrado, para abrir una cavidad.

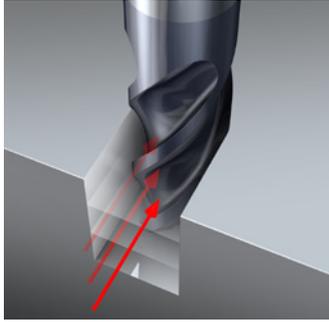
Para ranuras poco profundas, se puede utilizar como alternativa el fresado axial.

El mecanizado en rampa circular se utiliza para fresar ranuras y cavidades más anchas. Si desea más información, consulte Métodos específicos, página D 102.



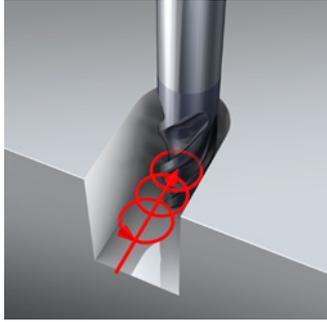
Comparación de tres métodos distintos

Fresado de ranuras convencional



- + Se pueden utilizar máquinas convencionales de 3 ejes
- + Alto régimen de arranque de viruta en condiciones estables
- + Programación simple
- + Amplia selección de herramientas
- Genera alta fuerza de corte radial
- Sensible a la vibración, las ranuras profundas requieren varias pasadas

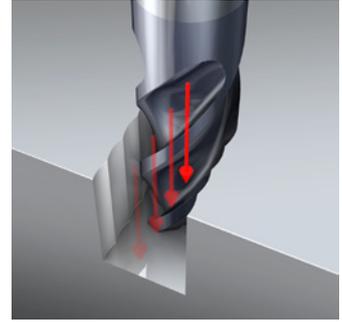
Fresado trocoidal



- + Genera baja fuerza de corte radial, menos sensible a las vibraciones
- + Mínima desviación al fresar ranuras profundas
- + Método productivo para:
 - mecanizar acero templado y HRSA (ISO H y S)
 - aplicaciones sensibles a las vibraciones
- + La anchura de la ranura debe ser un 70% como máximo del diámetro de la fresa, D_c
- + Buena evacuación de viruta
- + Poca generación de calor
- Requiere más programación

Si desea más información, consulte Métodos específicos, página D 121.

Fresado en "plunge"

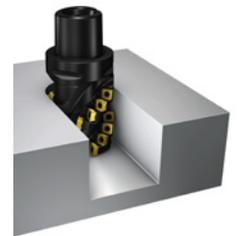


- + Para solucionar problemas en aplicaciones sensibles a las vibraciones:
 - con gran voladizo de la herramienta
 - en ranurado profundo
 - con máquinas o montajes débiles
- Baja productividad en condiciones estables
- Requiere una operación de refresado/acabado
- La fresa puede obstruir la evacuación de la viruta
- Limitada selección de herramientas

Si desea más información, consulte Métodos específicos, página D 116.

Ranurado en desbaste con fresas de filo largo

- Para mecanizar en desbaste se suelen utilizar fresas con gran capacidad de arranque de viruta.
- Las versiones más cortas pueden producir ranuras que tengan profundidad y diámetro máximo idénticos en fresadoras potentes y estables.
- Utilice husillos estables ISO 50, ya que estas fresas son apropiadas para considerables fuerzas radiales.
- Verifique los requisitos de potencia y par, ya que suelen ser los factores que pueden limitar un resultado óptimo.
- Tenga en cuenta el paso óptimo para cada tipo de operación.



Paso:	L	M	H
Fresado en escuadra:	Profundo a_p / a_e	Medio a_p / a_e	Moderado a_p / a_e
Fresado de ranuras:	Moderado a_p	Limitada	-
v_c m/min:			



Los diseños más largos están inicialmente destinados para operaciones de recan-teado, consulte Fresado en escuadra, página D 50.

Fresado de roscas

El fresado de roscas en piezas estacionarias es una buena alternativa a la utilización de machos de roscar y también puede suponer una alternativa al torneado de roscas.

Con las fresas CoroMill es posible mecanizar roscas muy cerca de una escuadra o de la base de un agujero.

El corte intermitente del fresado ofrece buen control de viruta en materiales de viruta larga.



Elección de herramientas

Las fresas de ranurar CoroMill Plura, y también CoroMill 327 y CoroMill 328, ofrecen geometrías optimizadas para fresar roscas.

	CoroMill® Plura	CoroMill® 327	CoroMill® 328
			
Paso, mm	0.7 – 3	1 – 4.5	1.5 – 6
Diám. de fresa (D_c), mm	3.2 – 19	11.7 – 21.7	39 – 80
Material			

Información general

- Seleccione la herramienta más corta siempre que sea posible.
- En la información sobre pedido se muestra la rosca interior más pequeña que puede mecanizar cada herramienta. También puede usarse la misma fresa de roscar para roscas de cualquier tamaño mayor del mismo paso. Si desea más información, consulte el catálogo principal.

Encontrará información sobre los estándares de roscas, y sobre torneado de roscas frente a fresado de las mismas, consulte Roscado, capítulo C.

Las recomendaciones de taladrado previo están en Información general/Índice, capítulo I, Tablas de roscas.

Uso de fresas CoroMill® para mecanizar roscas

Ventajas

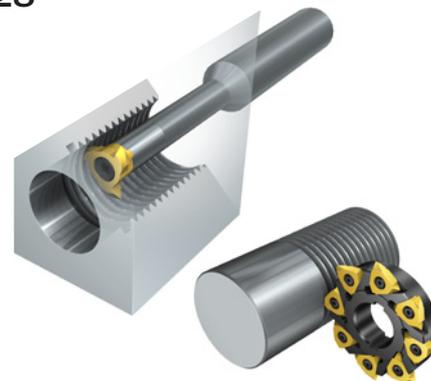
- La misma herramienta para roscas a derecha e izquierda.
- La misma herramienta para una amplia gama de diámetros de roscas sin límite superior de tamaño de agujero.
- Rosca completa también cerca del fondo de agujeros ciegos.
- Se puede ajustar a la tolerancia especificada.
- Solución preferida para requisitos de largo alcance y para evitar vibraciones.
- Buen control de viruta.
- Buena evacuación de la viruta que asegura el rendimiento.
- Resultados favorables en materiales templados y cuando maquinabilidad y formación de viruta son deficientes.
- El suministro interior de refrigerante facilita el roscado en materiales de difícil mecanización.
- En caso de rotura de la herramienta, resulta fácil extraer la fresa sin dañar la pieza.

Desventajas

- Las fresas de roscar siempre producen marcas de avance. Según el tamaño del paso, el tamaño del agujero y la inmersión radial, la rosca se desviará del perfil perfecto.
- Las fuerzas de corte relativamente altas de CoroMill Plura pueden provocar desviación de la herramienta y roscas ligeramente distorsionadas/cónicas.
- El paso es individual para cada CoroMill Plura.

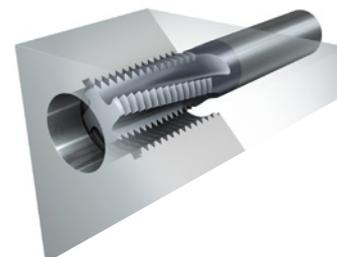
Roscado con un solo diente, CoroMill® 327 y CoroMill® 328

- La misma plaquita para distintos pasos.
- Sus fuerzas de corte bajas hacen de estas fresas una buena alternativa para roscas interiores medias y grandes, y cuando la estabilidad sea deficiente, por ejemplo, fresado de roscas que requiera grandes voladizos de la herramienta y/o en piezas de paredes delgadas.
- Bajo requisito de potencia.
- Primera elección para mecanizar roscas exteriores más grandes en piezas asimétricas.
- Para series pequeñas y producción mixta.



Roscado multidiente con CoroMill® Plura

- Completa una rosca en una única pasada de 360°.
- Encontrará selección de herramientas, datos de corte y programación en la guía CoroMill Plura.



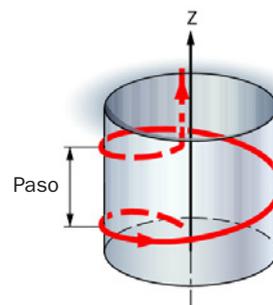
Aplicación

General

- Realice siempre el empañe y retirada de CoroMill Plura, CoroMill 327 y CoroMill 328 realizando un movimiento suave de la herramienta.
- Es preferible el fresado hacia abajo.
- Cuando se fresan roscas en acero templado u otros materiales de difícil mecanización, tal vez resulte necesario separar la operación en varias pasadas reduciendo los valores de a_e o f_z .

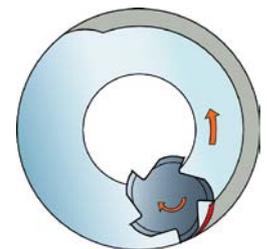
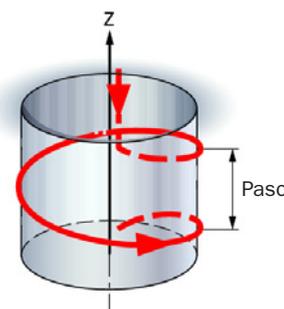
Roscas a derecha

La fresa se coloca inicialmente lo más cerca posible del fondo del agujero y después se desplaza hacia arriba en sentido contrario al de las agujas del reloj.



Roscas a izquierda

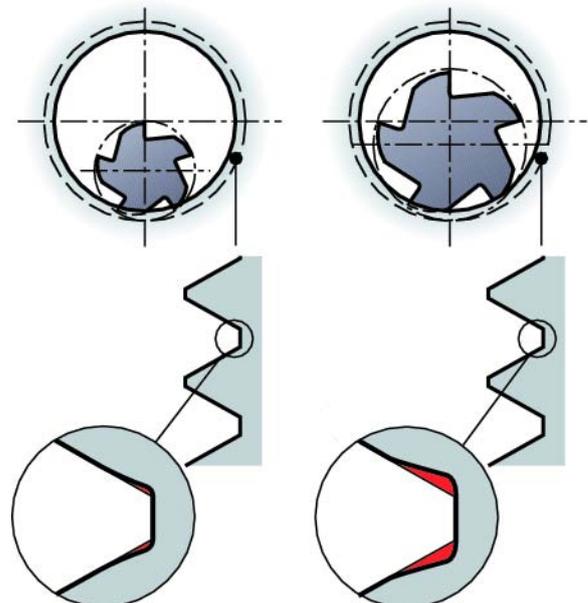
El fresado de una rosca a izquierdas sigue un recorrido opuesto, de arriba hacia abajo, aunque también en sentido contrario al de las agujas del reloj.



Se recomienda el fresado en concordancia.

Desviación del perfil de rosca

- Las fresas de roscar crean un error insignificante y muy pequeño en el perfil de la rosca.
- Depende de la relación entre el diámetro de roscado y el diámetro de mecanizado, y también del paso.
- Una buena regla es que la relación entre el diámetro de roscado y el diámetro de mecanizado no sea inferior a 1.5.



Roscado exterior: CoroMill® 327 y CoroMill® 328

Todas las plaquitas de roscado se utilizan inicialmente para roscas interiores. Sin embargo, todas las plaquitas de perfil parcial (perfil en V) se pueden utilizar también para roscas exteriores.

Nota: debe tener en cuenta la profundidad de la rosca.

Ejemplo:

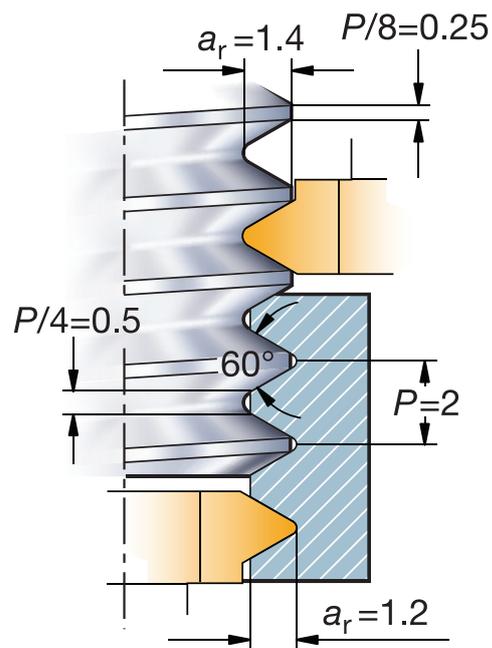
CoroMill 327 con código de pedido 327R12-22 100VM-TH.

Recomendación:

- Paso entre 1 y 2 mm (mínimo 1, máximo 2)
- a_r máximo 1.2 mm

Conclusión:

- Para roscas interiores, el paso 2 es suficiente, ya que a_r es 1.2 mm (a_r máximo 1.2 mm).
- Para roscas exteriores, el paso 2 no es suficiente, ya que a_r es 1.4 mm (a_r máximo 1.2 mm).
- Utilice un paso entre 2.5 y 3.5 para mecanizar las roscas.



Requisitos de la máquina-herramienta

- El fresado de roscas requiere una máquina-herramienta capaz de movimientos simultáneos en los ejes X, Y y Z.
- Los ejes X e Y determinan el diámetro de la rosca, mientras que el eje Z controla el paso.
- Es preferible realizar el fresado de roscas sin refrigerante.
- Es posible aplicar distintos sistemas de microlubricación, que utilizan aire comprimido con una pequeña cantidad de aceite especial, para ayudar a la evacuación de la viruta.

Programación

General

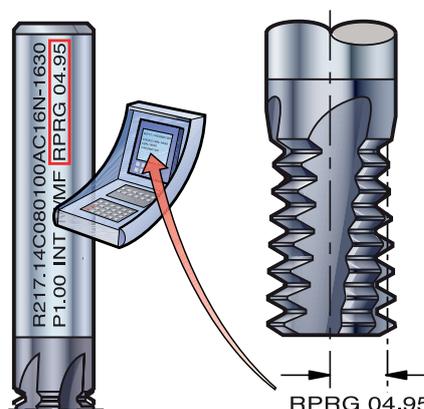
Es necesario considerar minuciosamente el diámetro de mecanizado de cada herramienta a la hora de programar la operación.

- Programar con corrección de radio permite ajustar fácilmente la tolerancia de rosca.
- Si se mecaniza una tolerancia de rosca demasiado estrecha, es posible aplicar una compensación mediante un pequeño ajuste (reducción) del valor de corrección de radio.

CoroMill® Plura

CoroMill Plura tiene el valor de programación individual del radio (RPRG, por sus siglas en inglés) marcado en el mango de la herramienta.

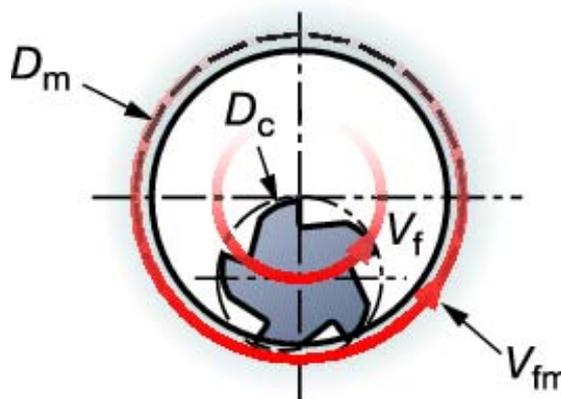
- El valor RPRG indica el diámetro de paso exacto de cada fresa y la corrección de radio necesaria para que la calidad de la rosca sea óptima.
- El valor RPRG se incluye normalmente en el programa.
- Con el uso de RPRG se impedirá que la primera rosca sea demasiado grande, siempre que las condiciones operativas sean buenas.



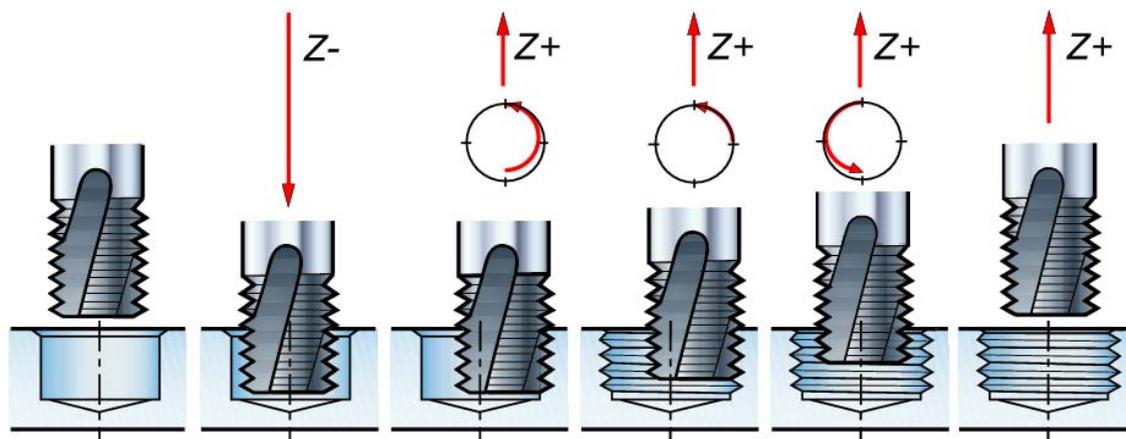
Valor de programación del radio de la herramienta.

Recomendaciones sobre datos de corte

- En aplicaciones interiores, la periferia de la herramienta girará más rápido que la línea central de la herramienta.
- La programación de la velocidad de avance (mm/min) en la mayor parte de fresadoras se basa en la línea central del husillo. Es necesario incluir este hecho en los cálculos de fresado de roscas con objeto de evitar recortes en la vida útil de la herramienta, además de vibración o roturas.
- Las fresas de roscar CoroMill Plura presentan un área de contacto superficial más amplia que las fresas de ranurar de la misma longitud y, a menudo, una relación entre longitud y diámetro menos favorable.
- Con las fresas de roscar se puede utilizar la misma velocidad de corte que con las fresas de ranurar convencionales.
- Para mecanizado superficial, la velocidad de avance no debe superar 0,15 si se quiere producir una buena superficie de rosca.



$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m - D_{cap})}{D_m}$$



Métodos específicos

Información general de aplicación

Mecanizado en rampa lineal

Elección de herramientas D 106

Cómo se aplica D 108

Fresado con interrupciones de avance

Elección de herramientas D 119

Cómo se aplica D 119

Mecanizado en rampa circular Fresado circular

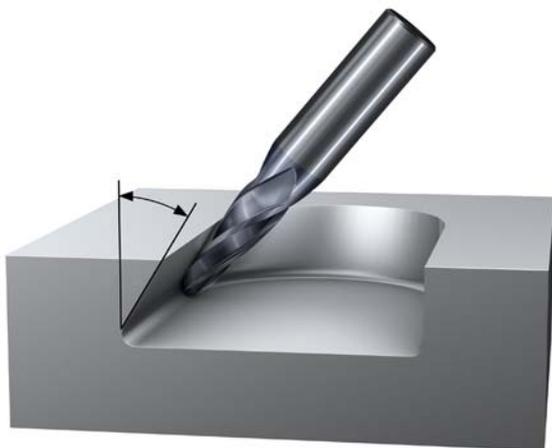
Elección de herramientas D 106

Cómo se aplica D 110

Fresado circular

Elección de herramientas D 126

Cómo se aplica D 127



Cavidades cerradas

Elección de herramientas D 125

Cómo se aplica D 125

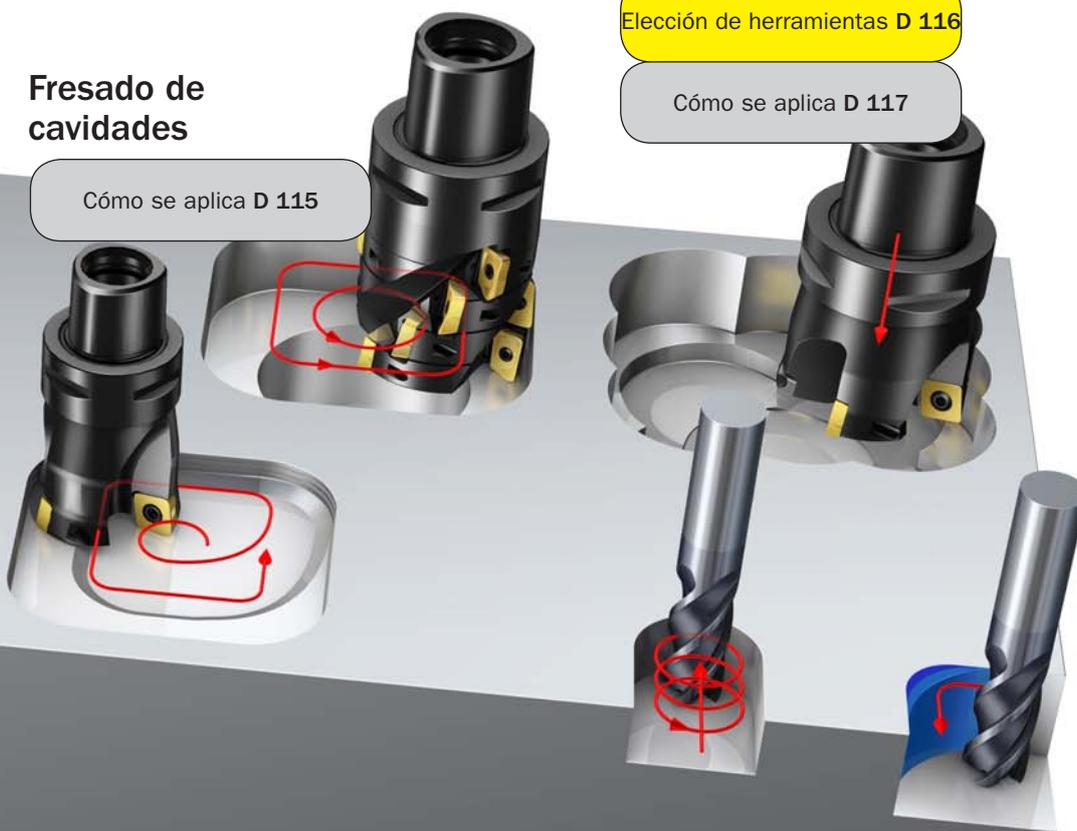
Fresado de cavidades

Cómo se aplica D 115

Fresado en "plunge"

Elección de herramientas D 116

Cómo se aplica D 117



Métodos de recorte

Elección de herramientas D 120

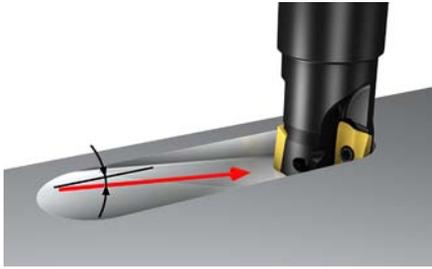
Cómo se aplica D 121

Fresado

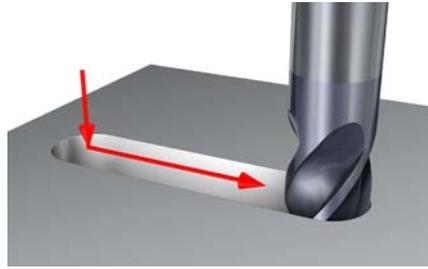
Resolución de problemas D 128

Información general: agujeros y cavidades

Mecanizado de cavidades en una pieza entera



Mecanizado en rampa lineal

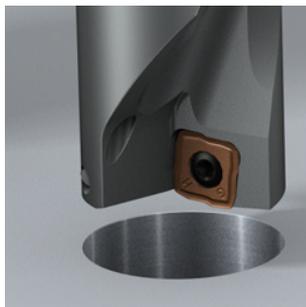


Fresado con interrupciones de avance

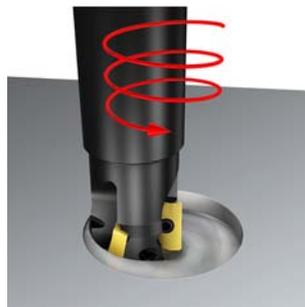
Abrir una ranura

Siempre es preferible el mecanizado en rampa lineal (2 ejes simultáneamente) al fresado con interrupciones de avance.

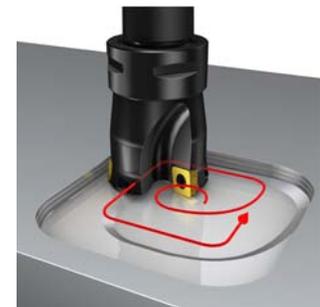
El fresado con interrupciones de avance es un método alternativo, pero suele producir virutas largas y genera fuerzas de corte poco deseables sobre la fresa.



Taladrado



Mecanizado en rampa circular



Mecanizado en rampa en una cavidad

Abrir un agujero o una cavidad

El taladrado es el método tradicional y el más rápido para mecanizar un agujero, pero la rotura de la viruta puede suponer un desafío en algunos materiales y carece de flexibilidad para crear distintos diámetros y formas que no sean redondas.

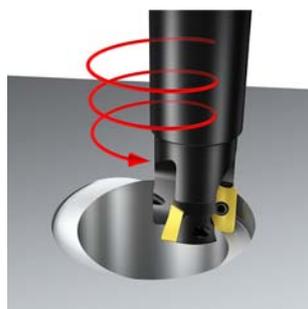
El mecanizado en rampa circular (3 ejes simultáneamente) es un método menos productivo que el taladrado, pero puede ser una buena alternativa en estos casos:

- Agujeros de gran diámetro cuando la potencia de la máquina está limitada.
- Producción de series cortas. Regla práctica para diámetros superiores a 25 mm: el fresado resulta económico hasta series de aprox. 500 agujeros.
- Se van a mecanizar agujeros de distintos tamaños.
- Espacio limitado en el almacén de herramientas para colocar muchos tamaños de broca.
- Mecanizado de agujeros ciegos, si se requiere fondo plano
- Piezas poco rígidas, de paredes delgadas.
- Cortes intermitentes.
- Materiales difíciles de taladrar, debido a problemas de rotura y evacuación de la viruta.
- No se dispone de refrigerante.
- Cavidades/alojamientos ("agujeros que no sean redondos").

Ampliar un agujero o una cavidad



Mandrinado



Mecanizado en rampa circular



Fresado circular

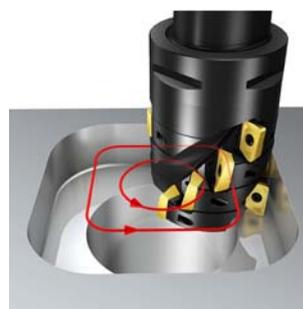
Ampliar un agujero

El método más rápido es el mandrinado, por las mismas razones que el taladrado, pero el fresado es a veces una buena alternativa, ver página anterior. Se pueden utilizar dos métodos de fresado alternativos: mecanizado en rampa circular (3 ejes) o fresado circular (2 ejes). Es preferible el mecanizado en rampa circular cuando la profundidad del agujero es mayor que a_p máx. o en aplicaciones sensibles a las vibraciones. También la redondez/concentricidad del agujero es mejor con mecanizado en rampa, especialmente si el voladizo es grande. Se puede mejorar la redondez si se gira la pieza en lugar de desplazar la fresa siguiendo un recorrido circular, en las dos operaciones de mecanizado en rampa y fresado circular.

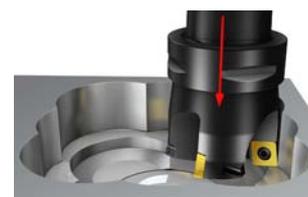
Ampliar una cavidad

El fresado en escuadra interior y el fresado en "plunge" requieren un agujero previo, y deben compararse con el mecanizado de una cavidad en rampa directamente en un bloque enterizo, ver página anterior.

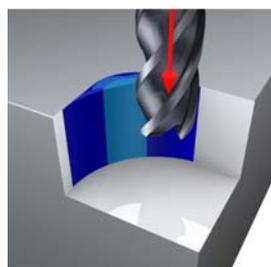
- El mecanizado en rampa (3 ejes) tiene ventaja porque sólo requiere una herramienta y permite mecanizar formas 3D, por eso es adecuado para fresar perfiles. Si se aplica con técnicas de alto avance (ligero y rápido), las fuerzas de corte adoptan una dirección favorable que minimiza los problemas de vibración.
- A menudo, el fresado en "plunge" soluciona problemas con grandes voladizos y/o cavidades profundas.
- El fresado en escuadra interior requiere más programación que el fresado en "plunge", pero es más rápido.



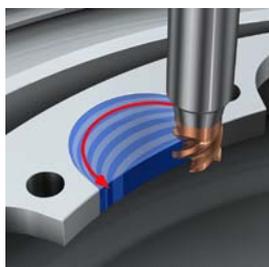
Fresado en escuadra interior



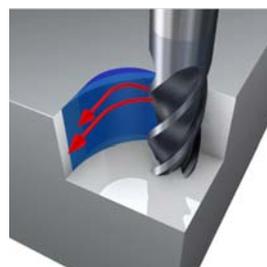
Fresado en "plunge"



Operaciones de "plunge" en esquinas



Técnica de recorte, ligero y rápido



Recorte de esquinas



Trocoidal

Refresado (material sobrante)

Tras el desbaste de una cavidad suele quedar material sobrante, especialmente en las esquinas. El fresado en "plunge" con una fresa más pequeña es uno de los métodos utilizados para aproximarse a la forma final. El recorte (ligero y rápido) es otra técnica que se utiliza a menudo para fresar esquinas. El fresado trocoidal es un tipo de técnica de recorte que también se utiliza para fresar ranuras, cavidades, etc.

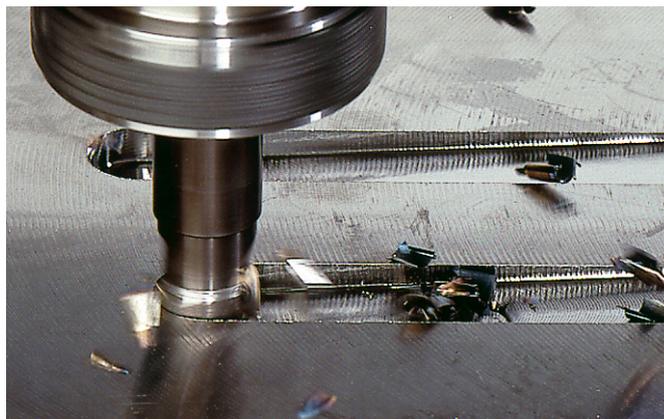
Mecanizado en rampa lineal (2 ejes)

El mecanizado en rampa lineal se utiliza habitualmente como aproximación eficaz a la pieza cuando se van a mecanizar canales/alojamientos/cavidades cerradas ya que elimina la necesidad de taladrar.

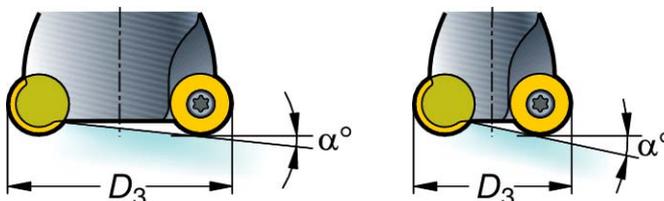
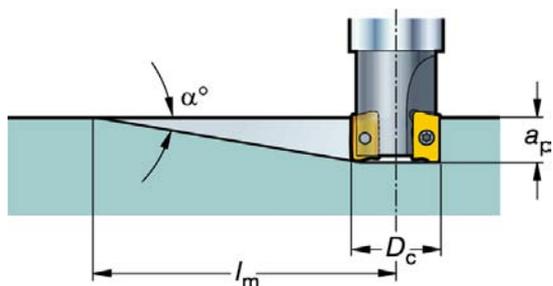
El mecanizado en rampa lineal está definido por el avance simultáneo en dirección axial (Z) y en una dirección radial (X o Y), es decir, una rampa de dos ejes.

Siempre es preferible el mecanizado circular al mecanizado recto (ranurado), porque se reduce el corte radial y permite realizar fresado hacia abajo (en concordancia) puro, con mejor evacuación de la viruta.

La rotación en sentido contrario al de las agujas del reloj garantiza el fresado hacia abajo.

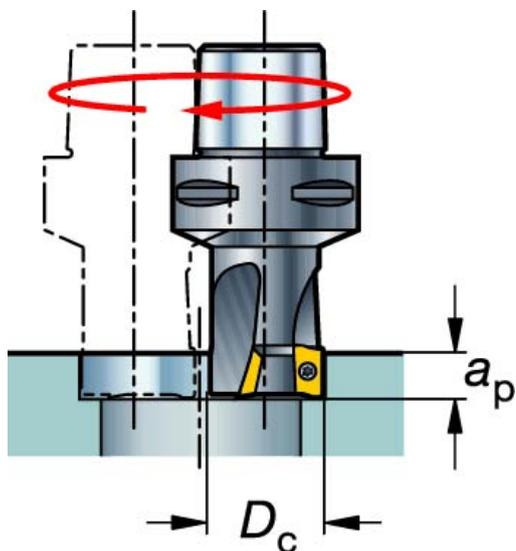


Mecanizado en rampa lineal para abrir una ranura cerrada.



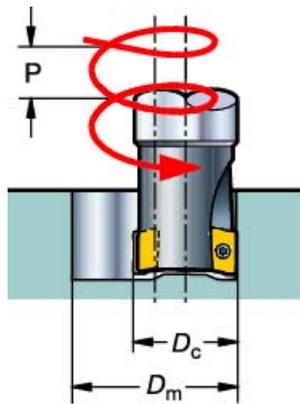
Fresado circular (2 ejes)

El fresado circular es un método alternativo a la utilización tradicional de herramientas de mandrinar. Es posible ejecutar un fresado circular con sólo desplazar en un recorrido circular la mayoría de las fresas de 90 grados.

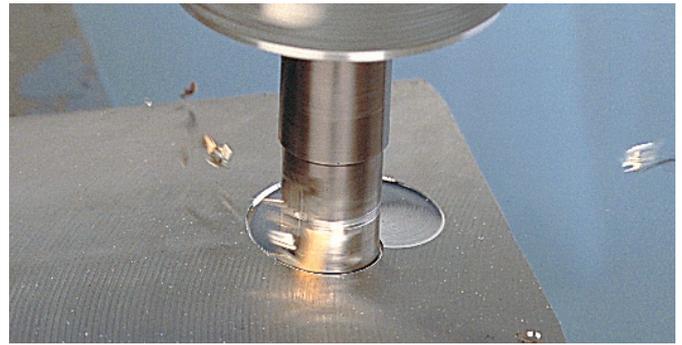


Mecanizado en rampa circular (3 ejes)

El avance de la fresa siguiendo un recorrido de rampa circular, con desplazamiento simultáneo en los ejes X, Y y Z, se utiliza a menudo para abrir cavidades/alojamientos. También es un método alternativo al taladrado y mandrinado para mecanizar agujeros, ver comparación en la página D 102.



P = paso (mm/rev)



Mecanizado en rampa circular en pieza entera.



Mecanizado en rampa circular para ampliar un agujero.

Mecanizado en rampa circular: fresas de primera elección

Diámetro de agujero

		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	
P	Fondo plano	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 210											
	Agujero pasante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210														
M	Fondo plano	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 300											
	Agujero pasante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 300						CoroMill® 300														
K	Fondo plano	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 210											
	Agujero pasante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210														
N	Fondo plano	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390								CoroMill® 790							
	Agujero pasante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 790														
S	Fondo plano	CoroMill® Plura/CoroMill® 316						CoroMill® 390				CoroMill® 300											
	Agujero pasante	CoroMill® Plura/CoroMill® 316	CoroMill® 390						CoroMill® 210														

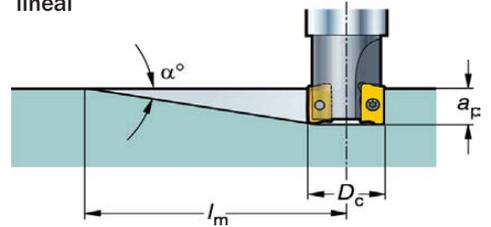
Elección de herramientas

Las fresas que pueden mecanizar rampas lineales también pueden mecanizar rampas circulares.

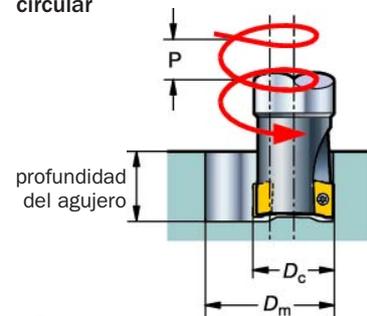
Nota: al mecanizar un agujero ciego, el valor mínimo de D_m será mayor si se requiere un fondo de perfil plano. Se puede calcular con la fórmula indicada en la página D 111.

	CoroMill® Plura				CoroMill® 316			
	VFD, hélice de 50°				Fresa para ranurar con radio de esquina			
	Circular		Lineal		Circular		Lineal	
Máx. profundidad del agujero	$< a_p$		$a_p = 0.9 \times D_c$		$a_p < 0.55 \times D_c$		Máx.	
Calidad del agujero	H7				H7			
D_c alt. D_3 (mm)	Agujero pasante				Agujero pasante			
	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m
4	4.8	0.26	6.7	30.6				
6	7.2	0.43	6.7	46.0				
8	9.6	0.53	6.7	61.3				
10	12	0.66	6.7	76.6	12	0.78	10	31.2
12	14.4	1.39	10	61.2	14.4	0.89	10	37.4
16	19.2	1.77	10	81.7	19.2	1.1	10	49.9
20	24	2.21	10	102.1	24	1.37	10	62.4
25					30	1.65	10	78.0

Mecanizado en rampa lineal



Mecanizado en rampa circular



P = paso

	CoroMill® 390								CoroMill® 790							
	Tamaño de plaquita 11 y 18* $r_e = 0.8$ mm				Tamaño de plaquita 17 con $r_e = 0.8$ mm				Tamaño de plaquita 16 con $r_e = 0.8$ mm				Tamaño de plaquita 22 con $r_e = 0.8$ mm			
	Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal	
Máx. profundidad del agujero	$< l_3^{**}$		Máx.		$< l_3^{**}$		Máx.		$< l_3^{**}$		Máx.		$< l_3^{**}$		Máx.	
Calidad del agujero	H9				H9				H7				H7			
D_c alt. D_3 (mm)	Agujero pasante				Agujero pasante				Agujero pasante				Agujero pasante			
	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m
12	14	0.4	6.0	99												
16	20	2.0	10.5	54												
20	24	2.0	5.5	104												
25	39	3.0	5.0	114	33	6.0	15.5	59	28.8	4.3	19	45.7				
32	53	3.3	3.6	159	47	4.5	6.7	135	42.8	8.1	13	66				
36	61	2.7	2.6	220					50.8	9.3	11	78				
40	78*	7.0*	6.8*	132*	63	4.0	3.9	231	58.8	10.2	9	89	51	11.5	18	74
44	86*	6.5*	6.0*	149*					60.8	10.8	8	101	59	13.7	16	84
50	98*	6.0*	5.5*	163*	83	1.0	2.8	323	78.8	11.6	7	118	71	15.7	13	100
54	106*	4.5*	5.0*	179*					86.8	11.9	6	130	79	11.7	12	111
63	124*	4.0*	4.0*	225*	109	1.6	2.1	430					97	18	9	134
66	130*	3.5*	3.7*	243*									103	18	9	141
80	158*	3.0*	3.1*	290*	143	1.6	1.6	565					131	18	7	176

* La plaquita de 18 tiene geometría específica para rampas -xMR

	CoroMill® 210								CoroMill® 300								
	Tamaño de plaquita 09				Tamaño de plaquita 14				Tamaño de plaquita 08				Tamaño de plaquita 10				
	Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal		
	< I ₃ **		Máx.		< I ₃ **		Máx.		< I ₃ **		Máx.		< I ₃ **		Máx.		
Calidad del agujero		H13		H13		H13		H13		H13		H13		H13		H13	
D _c alt. D ₃ (mm)		Agujero pasante		a _p = 1.2 mm		Agujero pasante		a _p = 2.0 mm		Agujero pasante		a _p = 4 mm		Agujero pasante		a _p = 5 mm	
	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	
25	32	1.2	14.5	4.6					36.4	2	8.0	28.5	32.4	2.5	13.5	20.8	
32	46	1.2	8	8.5					50.4	2	5.0	45.7	46.4	2.5	7.5	38.0	
35	52	1.2	7	9.7					56.4	2	4.0	57.2					
36	54	1.2	7	9.7													
40									66.4	2	3.5	65.4	52.4	2.5	6.5	43.9	
42	66	1.2	5	13.7					70.4	2	3.0	76.3	62.4	2.5	5.0	57.2	
50	82	1.2	3.5	19.6					86.4	2	2.5	91.6	66.4	2.5	4.5	63.5	
52	86	1.2	3.3	20.8	76	2	5.8	19.6	90.4	2	2.0	114.5					
63	108	1.2	2.6	26.4	98	2	3.8	30.1	112.4	2	1.5	152.8					
66	114	1.2	2.4	28.6	104	2	3.2	35.7	118.4	2	1.5	152.8					
80					132	2	2.4	47.7	146.4	2	1.0	229.2					

	CoroMill® 300												
	Tamaño de plaquita 12				Tamaño de plaquita 16				Tamaño de plaquita 20				
	Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal		
	< I ₃ **		Máx.		< I ₃ **		Máx.		< I ₃ **		Máx.		
Calidad del agujero		H13		H13		H13		H13		H13			
D _c alt. D ₃ (mm)		Agujero pasante		a _p = 6 mm		Agujero pasante		a _p = 8 mm		Agujero pasante		a _p = 10 mm	
	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	D _m mín.	P mm/r	α°	l _m	
32	42.6	3	12.0	28.2									
34	46.6	3	11.5	29.5									
35	48.6	3	10.5	32.4									
40	58.6	3	8.0	42.7									
42	62.6	3	7.5	45.6									
50	78.6	3	5.5	62.3									
52	82.6	3	5.0	68.6	75.6	4	7.0	65.2					
63	104.6	3	3.5	98.1	97.6	4	5.0	91.4					
66	110.6	3	3.5	98.1	103.6	4	4.5	101.6	96	5	9.4	60.5	
80	138.6	3	2.5	137.4	131.6	4	3.5	130.8	124	5	6.7	85.2	
100					171.6	4	2.5	183.2	164	5	4.8	119.2	
125					221.6	4	1.5	305.5	124	5	3.5	163.5	

	CoroMill® 200															
	Tamaño de plaquita 10				Tamaño de plaquita 12				Tamaño de plaquita 16				Tamaño de plaquita 20			
	Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal		Circular		Lineal	
Máx. profundidad del agujero	$< l_3^{**}$		Máx.													
Calidad del agujero	H13															
D_c alt. D_3 (mm)	Agujero pasante		$a_p = 5$ mm		Agujero pasante		$a_p = 6$ mm		Agujero pasante		$a_p = 8$ mm		Agujero pasante		$a_p = 10$ mm	
	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m	D_m mín.	P mm/r	α°	l_m
25	32	2.5	13	22												
32					42	3	13	26								
40					58	3	9.5	32	50	4	13	35				
50					78	3	6.5	49	70	4	11	35	62	5	13	43
63					104	3	4.5	68	96	4	7	48	88	5	11	45
80					138	3	3.5	98	130	4	5	70	122	5	7	67
100					178	3	2.5	137	170	4	3.5	102	162	5	5	95
125									220	4	2.5	131	212	5	3.5	127
160													282	5	2.5	191

Cómo se aplica

Mecanizado en rampa de dos ejes: lineal

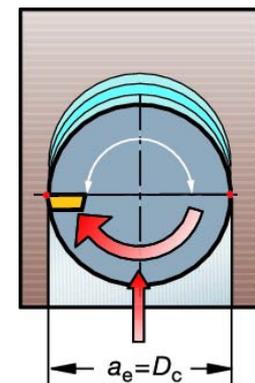
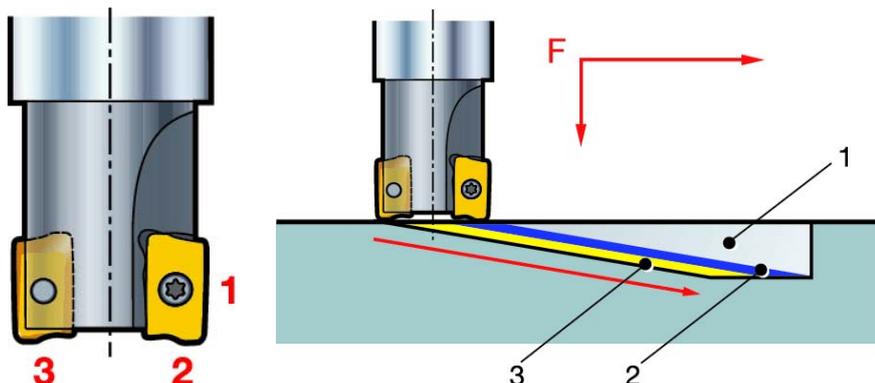
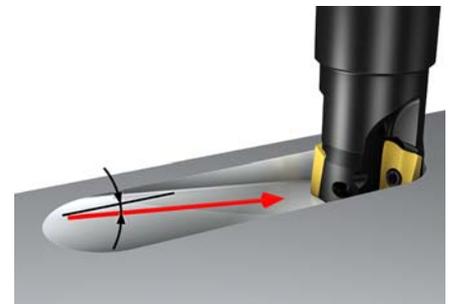
Un proceso de mecanizado exigente

Hay tres procesos de mecanizado que se producen simultáneamente durante la operación de mecanizado en rampa:

- 1) Mecanizado periférico con la plaquita anterior.
- 2) Mecanizado del fondo con la plaquita anterior.
- 3) Mecanizado del fondo con la plaquita posterior.

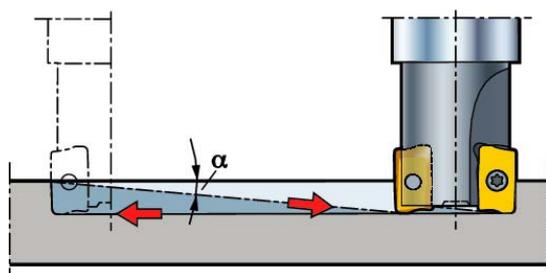
Las fuerzas de corte son axiales y radiales.

Se produce una tensión añadida sobre la herramienta debido al ranurado y esto implica que $a_e = D_c$, que se generan grandes fuerzas radiales y virutas largas.



Recomendaciones de mecanizado

- Reduzca el avance al 75% del valor normal.
- Si se realiza el fresado de la ranura directamente después de mecanizar la rampa, es importante continuar con avance más bajo durante una distancia que sea igual al diámetro de la fresa, hasta que la plaquita posterior haya dejado de trabajar.
- Utilice refrigerante para optimizar a la evacuación de la viruta.
- Disminuya el radio en la herramienta para reducir el área de contacto.
- El mecanizado en rampa recto se debe limitar a ranuras estrechas de menos de 30 mm de ancho, si el acceso para rampas helicoidales está limitado.

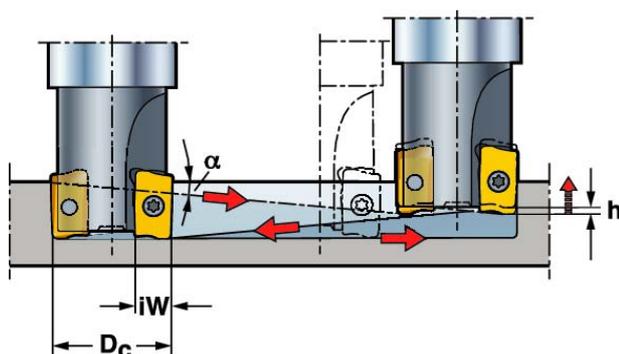


Mecanizado en rampa de una pasada.

Mecanizado en rampa progresivo

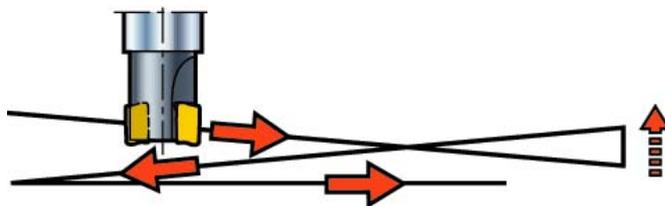
Si se mecanizan rampas con varias pasadas para producir una ranura profunda, resulta sencillo incrementar la productividad mecanizando en rampa en ambos sentidos (rampas progresivas) en lugar de pasar en un solo sentido (rampa de una pasada).

Nota: si se avanza la fresa con el máximo ángulo de rampa, se debe levantar la distancia h antes de cambiar el sentido. De esta forma se evita dañar la parte central del cuerpo de la fresa.



Corrección del recorrido de la herramienta:

$$h = \text{Tang } \alpha (D_c - (2 \times iw))$$



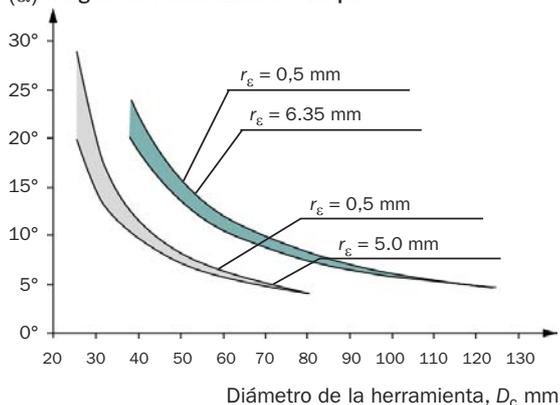
Mecanizado en rampa progresivo con máximo ángulo de rampa.

El radio de la plaquita afecta al ángulo de rampa máximo

Ejemplo: CoroMill® 790

Las curvas del diagrama son válidas para los radios mínimo y máximo. Para los radios intermedios es necesario interpolar.

(α) Ángulo de mecanizado en rampa



■ = Tamaño de plaquita 22

■ = Tamaño de plaquita 16

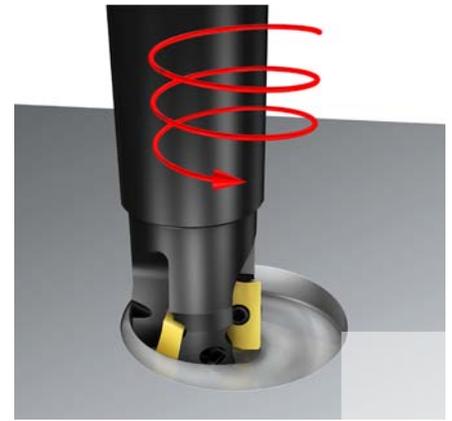
Mecanizado en rampa circular: producción de agujeros

El mecanizado en rampa circular (también llamado interpolación helicoidal, interpolación espiral, taladrado orbital, etc.) es una alternativa al taladrado.

Se define como el desplazamiento simultáneo de un recorrido circular (X e Y) y de un recorrido de avance axial (Z) con un paso determinado.

Si se compara con el mecanizado en rampa lineal (ranurado), la interpolación helicoidal es un proceso mucho más uniforme porque se reduce el corte radial, se consigue fresado hacia abajo (en concordancia) puro y mejora la evacuación de la viruta.

La rotación en sentido contrario al de las agujas del reloj garantiza el fresado hacia abajo.

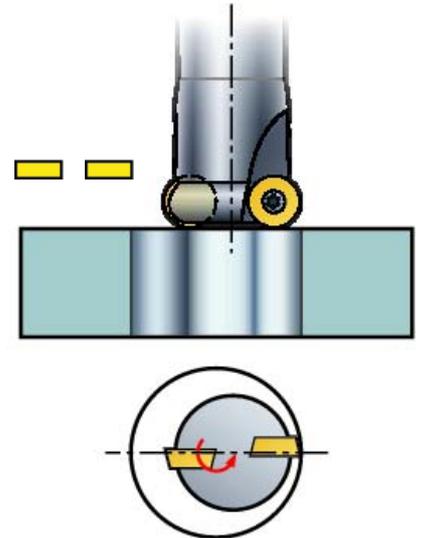
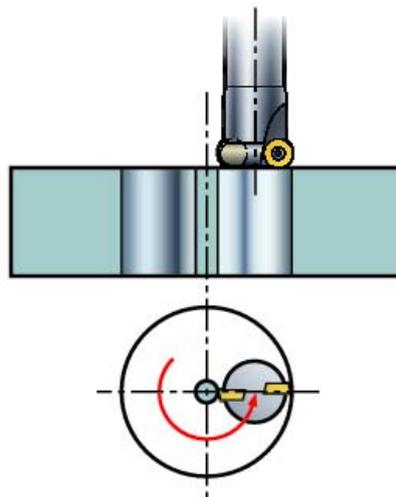
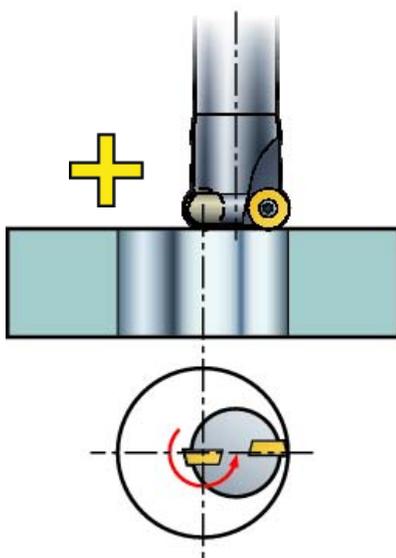


Consideraciones sobre el proceso

Hay tres aspectos clave para el mecanizado en rampa circular: si no se aplica correctamente, los problemas son inevitables.

1. Selección del diámetro de fresa según el tamaño del agujero
2. Paso por vuelta
3. Velocidad de avance

1. Selección del diámetro de fresa según el tamaño del agujero



La selección del tamaño de fresa es muy importante cuando se utilizan fresas sin corte en la zona central.

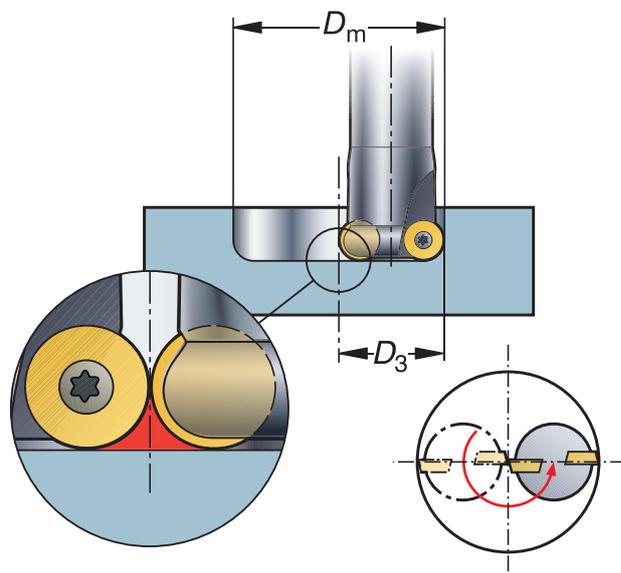
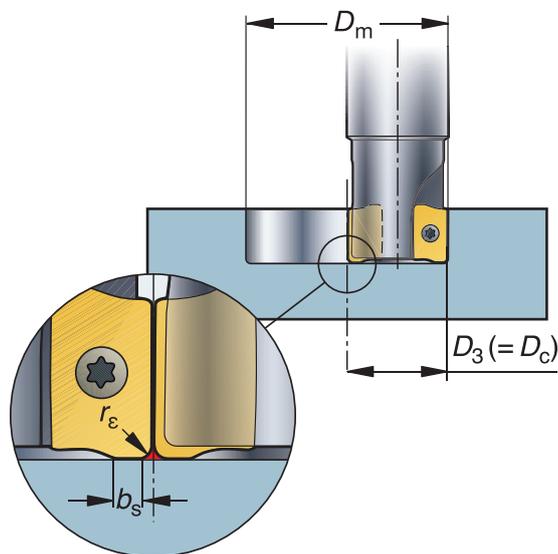
El diámetro de fresa permite garantizar que la plaquita mecanice sobre la línea central del agujero.

El diámetro de fresa es demasiado pequeño y dejará un núcleo en el centro, como en trepanado. Esto resulta aceptable para grandes cortes ('arquetas') pero será necesario prever el apoyo del núcleo en el momento de su caída.

Si la fresa es demasiado grande, la plaquita no pasará tampoco por la línea central del agujero, se formará un tetón en el que quedará atascada la parte baja de la fresa.

Agujero de diámetro máximo

- El diámetro de agujero máximo, D_m , que se puede mecanizar en una espiral continua, es $2 \times D_3$.
- Se trata en realidad de ranurado y quedará un tetón en el centro del agujero ciego.
- El tetón se elimina con avance hacia el centro para aplanar el fondo.



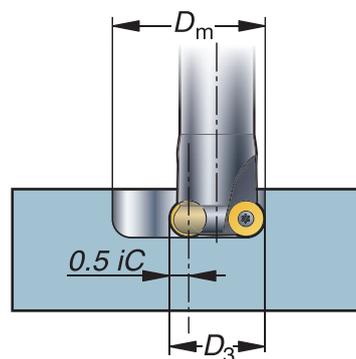
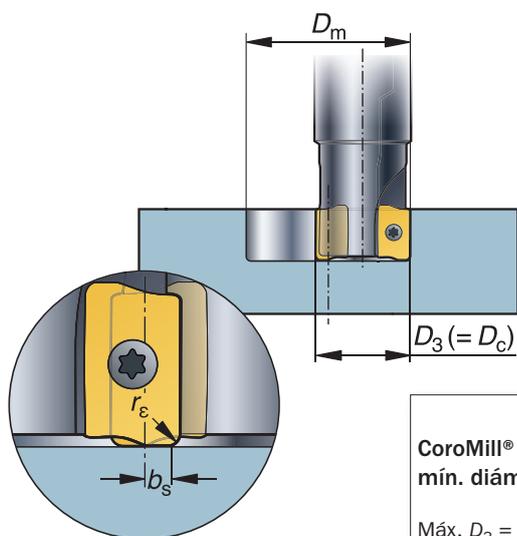
Máx. diámetro del agujero D_m

$$\text{Máx. } D_m = D_3 \times 2$$

$$\text{Min. } D_3 = \frac{D_m}{2}$$

Diámetro mínimo, fondo plano

- Para garantizar que no quede un tetón en el fondo de un agujero ciego, es necesario calcular el tamaño de radio de la plaquita.
- Si la fresa es demasiado grande, no será posible eliminar el tetón con avance hacia el centro.
- Para CoroMill 390, la longitud Wiper, b_s , también se debe sumar al tamaño de radio.



CoroMill® 390 –
mín. diámetro de agujero D_m

$$\text{Máx. } D_3 = \frac{D_m}{2} + (r_\epsilon + b_s)$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - (r_\epsilon + b_s)) \times 2$$

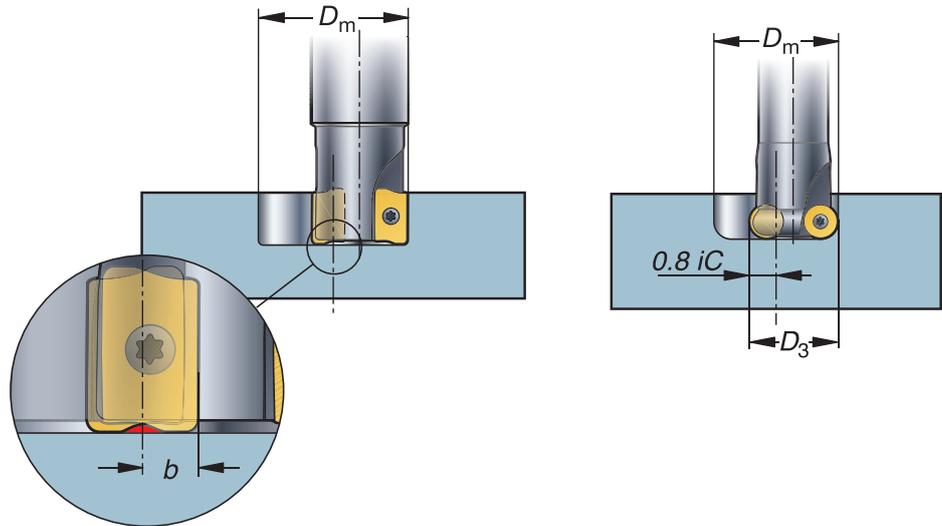
CoroMill® 300 –
mín. diámetro de agujero D_m

$$\text{Máx. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0.5 \text{ iC}$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0.5 \text{ iC}) \times 2$$

Agujero pasante de diámetro mínimo

- Diámetro mínimo que evita la colisión del cuerpo de la fresa debido a falta de corte en el centro.
- b es el paso máximo permitido para avance axial y es el mismo para el solapamiento máximo.
- Para plaquitas redondas, b se debe calcular como $b = 0.8 \times iC$.
- El tetón no se puede eliminar.



CoroMill® 390 -
mín. diámetro de agujero D_m

$$\text{Máx. } D_3 = \frac{D_m}{2} + b$$

$$\text{Min. } D_m = (D_3 - b) \times 2$$

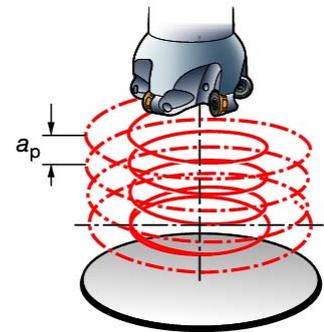
CoroMill® 300 -
mín. diámetro de agujero D_m

$$\text{Máx. } D_3 = \frac{D_m}{2} + 0.8 iC$$

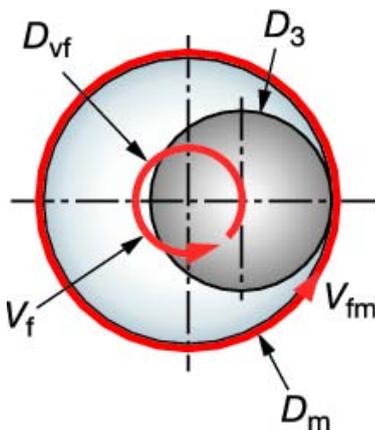
$$\text{Min. } D_m = (D_3 - 0.8 iC) \times 2$$

2. Paso

El paso no puede nunca ser mayor que el valor máximo de a_p para el concepto de fresa y depende del diámetro del agujero, el diámetro de la fresa y el ángulo de la rampa.



3. Velocidad de avance



El valor del avance siempre depende del valor de h_{ex} que se corresponde con la velocidad de avance periférica, v_{fm} . Sin embargo, muchas máquinas requieren avance en el centro de la herramienta, v_f , que se debe calcular como corresponde:

$$f_z = h_{ex}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times Z_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

D_{vf} = recorrido programado de la fresa

Velocidad de avance programada:

v_{fm} = si se utiliza compensación de radio

v_f = si se utiliza avance del centro de la herramienta

Ampliación de un agujero existente

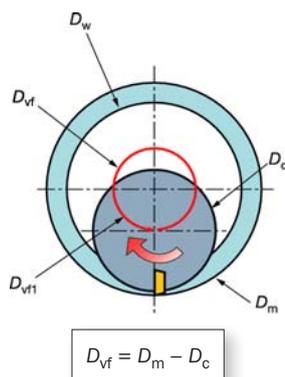
La ampliación de un agujero existente se puede llevar a cabo mediante un mecanizado en rampa circular o un fresado circular.

Mecanizado en rampa circular, 3 ejes

- Mecanizado en rampa constante.
- Sin entradas ni salidas.
- La fresa en empañe constante.
- Rampa, mecanizado del fondo.

Primera elección:

- La profundidad del agujero es superior al valor máximo de a_p de la herramienta.
- La mejor concentricidad y redondez del agujero.
- En aplicaciones sensibles a las vibraciones.

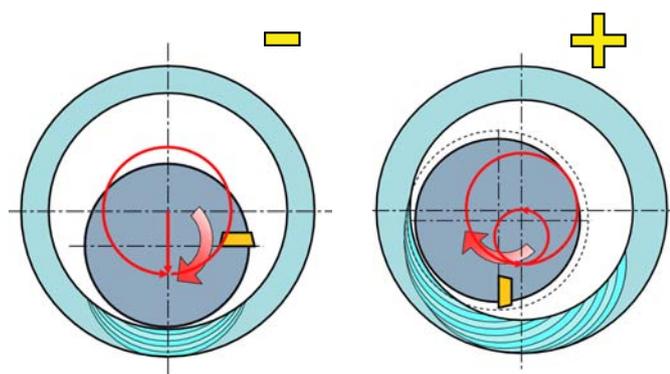
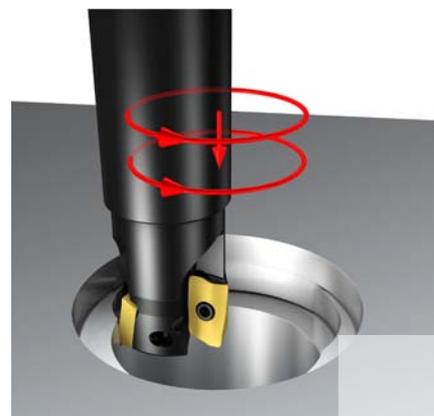
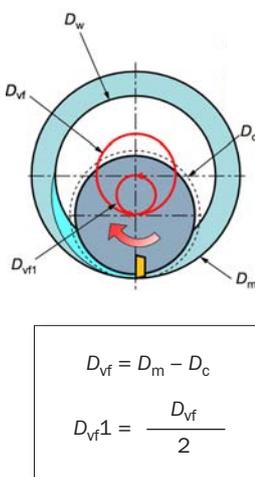


Fresado circular, 2 ejes

- Z se mantiene constante.
- Entrada y salida en cada nivel.
- Se debe programar movimiento de rotación al entrar en el corte.
- La tolerancia de agujero no es tan buena como en helicoidal.
- Quedan marcas de escalón de cada pasada.

Primera elección:

- Programar un recorrido de herramienta de más de 360 grados para evitar las marcas de escalón.
- Sólo se requiere una pasada.
 - Fresa con alto valor de a_p (CoroMill Plura, fresa de filo largo CoroMill 390).
 - Agujero superficial.
- Capacidad de mecanizado en rampa deficiente o nula, filo largo sin apoyo axial.



Entrada en el corte, el recorrido de rotación al entrar en el corte garantiza viruta delgada a la salida. Bajo ángulo de empañe, reduce la vibración y garantiza alta productividad.

Cálculo del avance

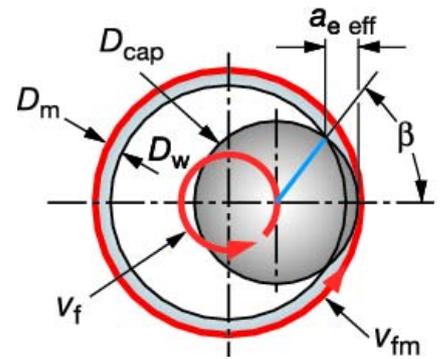
Es necesario reducir el avance debido a:

- Incremento del valor de a_e respecto al corte recto, que reduce el efecto adelgazador de la viruta.
- El avance periférico es mayor que el avance en el centro de la herramienta.
- Calcule el avance en función de D_{vf} .

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \beta}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times Z_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

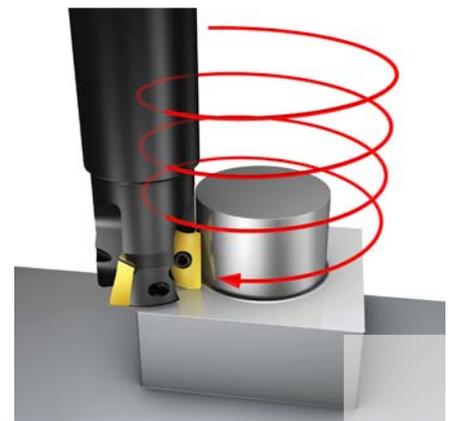


Fresado/mecanizado en rampa circular exterior

Si se compara con el fresado/mecanizado en rampa circular interior:

- El avance del centro de la herramienta, v_f , se incrementa en lugar de reducirse.
- La profundidad radial, a_e , se hace mucho más pequeña cuando se fresa por el exterior, por tanto, se puede utilizar una velocidad de corte más alta.
- h_{ex} se calcula de la misma forma que para el recantado.
- La técnica de programación es, por otra parte, muy similar al fresado interior de agujeros.

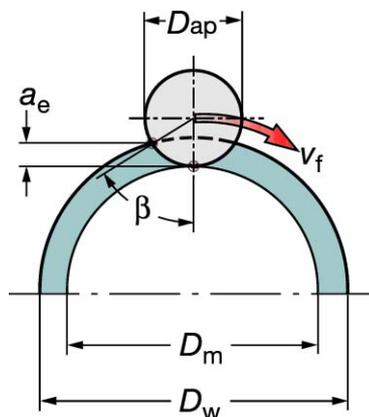
Encontrará información completa, cálculos y fórmulas en el apartado Información general/Índice, capítulo I.



Mecanizado en rampa circular exterior (3 ejes).

$$v_f = \frac{v_{fm} \times (D_m + D_{cap})}{D_m}$$

$$a_{e \text{ eff}} = \frac{D_w - D_m}{2}$$



Fresado circular exterior (2 ejes).

Apertura/ampliación de cavidades o alojamientos

Hay dos estrategias claras:

1. Mecanizado en rampa circular (3 ejes), valor reducido de a_p

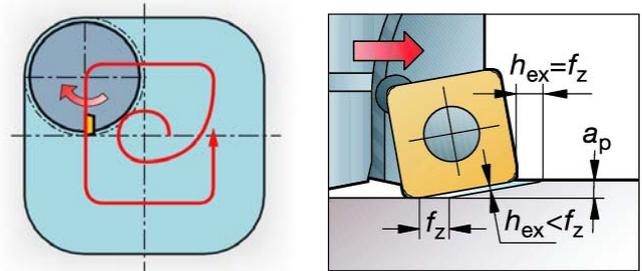
Utilice una fresa con ángulo de posición pequeño, CoroMill 210 o las fresas correspondientes CoroMill 316 o CoroMill Plura para alto avance. Una fresa con plaquita redonda es otra alternativa. Si desea más información, consulte el apartado sobre alto avance, en la página D 60.

Esta técnica "rápida y ligera" ofrece una excelente velocidad de arranque de viruta y es la primera elección para máquinas menos estables (según ISO 40) y cuando la cavidad tiene una superficie perfilada, es decir, moldes y matrices.

Nota: evite mecanizar hasta el fondo en escuadras de 90°, porque se perdería el efecto del bajo ángulo de aproximación, es decir, la profundidad de corte se incrementaría radicalmente.

Parámetros de mecanizado

- Máximo diámetro de la fresa = $1.5 \times$ radio de la esquina de la pieza
- Mecanizado en rampa circular hacia el fondo, sentido contrario al de las agujas del reloj
- Rotar al entrar en el corte siguiente
- Corte radial, valor máx. de $a_e = 70\% D_c$
- Corte axial para fresa con plaquita redonda $25\% iC$
- Radio del recorrido de la herramienta en la esquina = D_c
- Reduzca el avance en la esquina, consulte la página D 26.



Recorrido de la herramienta en sentido contrario al de las agujas del reloj durante el mecanizado en rampa.

2. Fresado circular (2 ejes), valor grande de a_p

Taladre un agujero y después cambie a una fresa para escuadrar o a una fresa de filo largo. El área de aplicación habitual está en el sector aeroespacial, mecanizado de titanio.

Sugerencias de aplicación

Verifique que la evacuación de la viruta sea buena para evitar remecanizar la viruta o que se atasque:

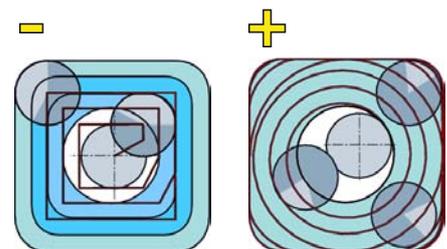
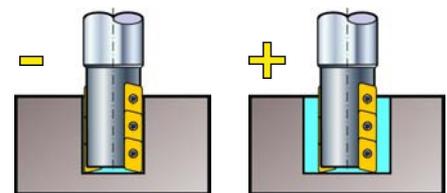
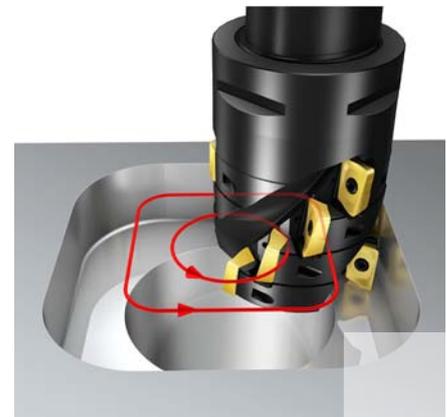
- Es preferible que el husillo sea horizontal (ISO 50).
- Alta presión de refrigerante o aire comprimido con refrigerante a través de la herramienta.
- D_c no debería ser superior al 75% del diámetro del agujero. Utilice un corte axial amplio, valor máximo de $a_p = 2 \times D_c$.

Se debe penetrar el agujero taladrado siguiendo un recorrido circular:

- Controle el empañe radial, máximo $a_e = 30\%$ de D_c .

Controle el empañe radial para minimizar la vibración en las esquinas y para maximizar la productividad:

- Utilice el radio más grande posible en las esquinas, programación en espiral.
- Utilice el valor de D_c más grande posible y complete el refresado después con un valor no superior a $1.5 \times$ el radio de punta.



Radio de punta pequeño.

Programación en espiral.

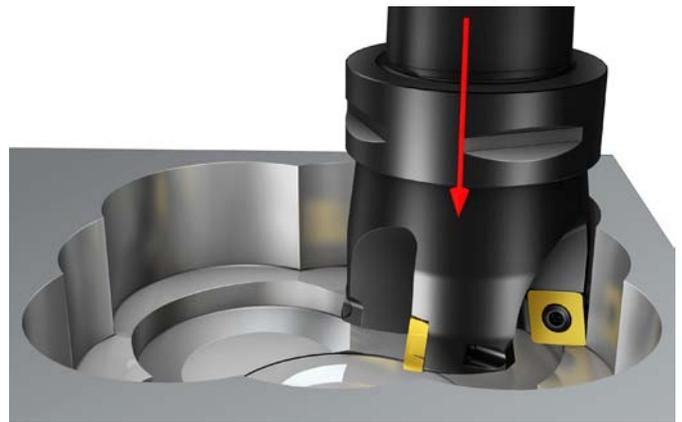
Fresado en "plunge"

En el fresado en "plunge", el mecanizado se realiza en el extremo de la herramienta en lugar de la periferia y esto supone una ventaja porque cambia la dirección de las fuerzas de corte predominantes de radial a axial. En general, el fresado en "plunge" es un método alternativo cuando no se puede utilizar fresado lateral debido a la vibración. Por ejemplo:

- Si el voladizo de herramienta es superior a $4 \times D_c$
- Si la estabilidad es deficiente
- Para semiacabado de esquinas
- Para materiales de difícil mecanización como el titanio.

También puede ser una alternativa si la potencia o el par de la máquina están limitados.

Nota: en condiciones favorables, el fresado en "plunge" no es la primera elección porque la velocidad de arranque de viruta es menor.



Elección de herramientas

La selección de la fresa viene determinada inicialmente por el diámetro. Tanto CoroMill 210 como la fresa Coromant R215 para fresado en "plunge" son específicas para operaciones de fresado en "plunge".

Taladrado en "plunge"

Las operaciones en "plunge" con herramientas de taladrar pueden ser más eficaces hasta aprox. $D_c = 35$ mm, ver Taladrado, capítulo E.

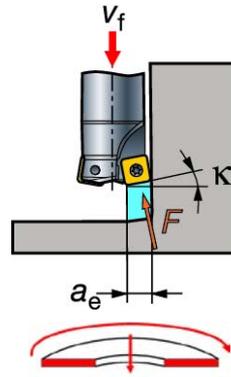
Concepto	Aplicación	Tamaño de plaquita (mm)	Avance por diente (mm) f_z	Máx. solapamiento b	Gama de diám. de fresa (mm) D_c
 CoroMill® 210	Primera elección para desbaste con gran voladizo	09	0.1	8	25 – 66
		14	0.15	13	52 – 160
 Fresa Coromant R215 para fresado en "plunge"	Mecanizado pesado, gran diámetro y voladizo	25	0.15	22	80 – 160
 CoroMill® Plura	Esquinas pequeñas y profundas	–	0.05	100% D_c	1 – 25
 CoroMill® 316	Esquinas pequeñas y profundas	–	0.05	100% D_c	10 – 25
 CoroMill® 390		11	0.15	5.5	12 – 80
		17		8.5	25 – 125
 CoroMill® 490		08	0.15	2 mm	20 – 125
 CoroMill® 300	Ranurado en materiales difíciles	5 ~ 20	0.15	80% i_c	10 – 200

Cómo se aplica

Proceso de mecanizado

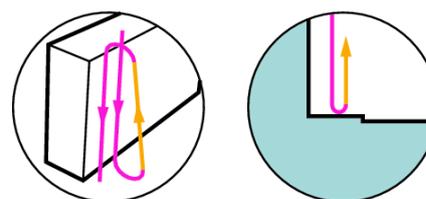
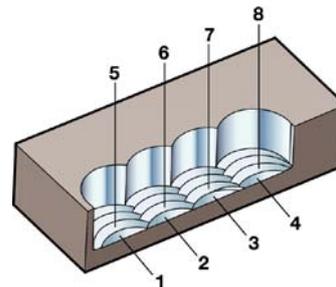
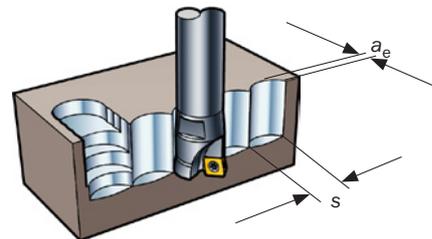
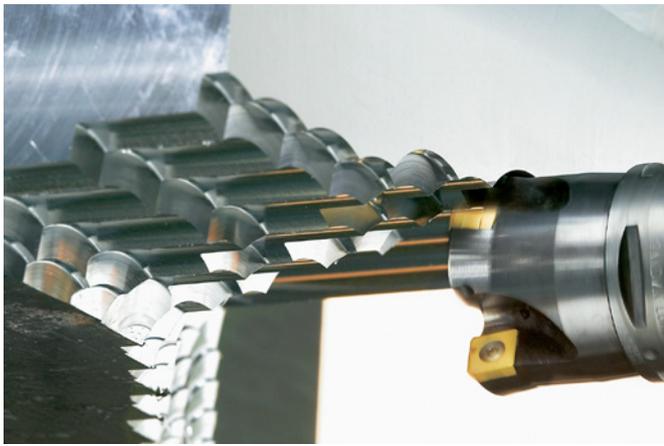
El fresado en "plunge" varía considerablemente respecto al fresado tradicional. Se utiliza el extremo de la herramienta para mecanizar en lugar de la periferia y esto supone una ventaja porque cambia la dirección de las fuerzas de corte predominantes de radial a axial. Se puede comparar con una operación de mandrinado con cortes intermitentes.

El consumo de potencia y el ruido son reducidos.



Fresado en "plunge" = mandrinado intermitente. Fuerzas de corte axiales.

Fresado tradicional. Fuerzas principalmente radiales.



— = avance de la mesa programado

— = recorrido rápido

Evite remecanizar en el movimiento de retorno y reduzca gradualmente la profundidad en "plunge".

$$P_c = \frac{D_3 \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

$$P_c = \frac{s \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$$

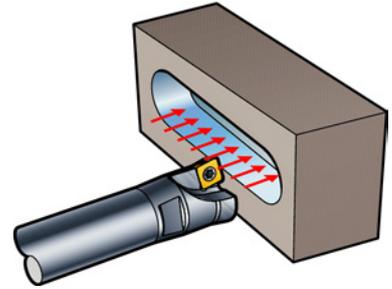
Cálculo del consumo de potencia.

Recomendaciones generales

- Si la máquina es horizontal, se facilita la evacuación de la viruta.
 - Inicie el fresado desde el fondo y trabaje hacia arriba.
 - Utilice fluido de corte o aire comprimido para facilitar la evacuación de la viruta.
 - Si se compara con los métodos tradicionales, el fresado en "plunge" requiere menor avance por diente.
 - Verifique que siempre haya más de un diente en contacto con el corte.
 - Utilice fresas con paso reducido.
 - Utilice el valor máximo de a_e según el tamaño de plaquita.
 - Utilice $s = 0.75 \times D_c$ para el desplazamiento lateral.
 - Reduzca gradualmente la profundidad en "plunge" para minimizar la vibración.
 - Utilice un "programa con desplazamiento en gancho" para evitar remecanizar en el movimiento de retorno. Avance hasta 1 mm de separación de la pared al final del corte.
- Nota:** no se recomienda utilizar un ciclo de taladrado porque el remecanizado puede provocar vibración al extraer la herramienta.
- Intente siempre dejar existencias constantes para las operaciones posteriores de acabado.

Ranuras

- Las operaciones en "plunge" constituyen una técnica eficaz para mecanizar ranuras profundas y cerradas.
- La evacuación de la viruta es esencial. Una preparación horizontal y la utilización de refrigerante o aire comprimido facilitarán el proceso.
- Se recomienda utilizar una broca para ranuras profundas y estrechas, ya que ofrece la mejor evacuación de la viruta y la tasa de solapamiento más alta, ver capítulo E.



Cavidades/alojamientos

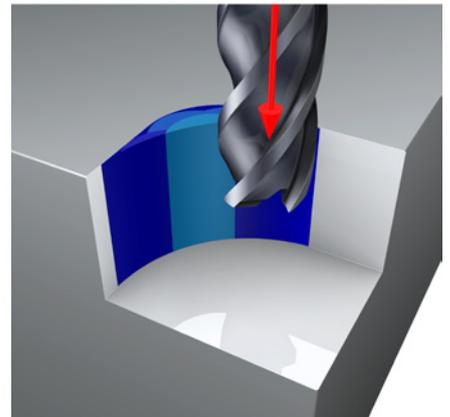
- La evacuación de la viruta es crítica, igual que para ranuras estrechas.
- Utilice una preparación horizontal y refrigerante o aire comprimido.
- Se puede mejorar más la evacuación de la viruta taladrando el agujero inicial lo más grande posible. $1.5 \times D_c$ es el valor recomendado.
- Reduzca el avance en los dos primeros escalones de "plunge".
- Desplace la herramienta hacia un lado e intente evitar el ranurado.



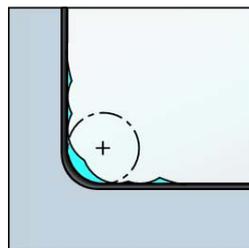
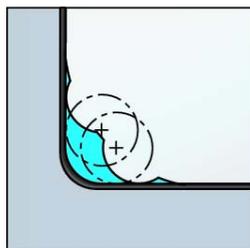
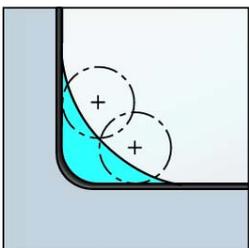
Esquinas

El fresado en "plunge" del material sobrante (refresado) después de una operación de desbaste en esquinas profundas de 90 grados puede presentar ventajas.

CoroMill Plura, las fresas de ranurar CoroMill 390 o la fresa de fresado en "plunge" Coromant U (ver Taladrado, capítulo E) son todas adecuadas. La broca permite cortes hasta el 75% del diámetro de la fresa y esto presenta ventajas en esquinas estrechas.



Mecanizado de esquinas



$D_c = 12.7 \text{ mm}$

Radio inicial = 16 mm

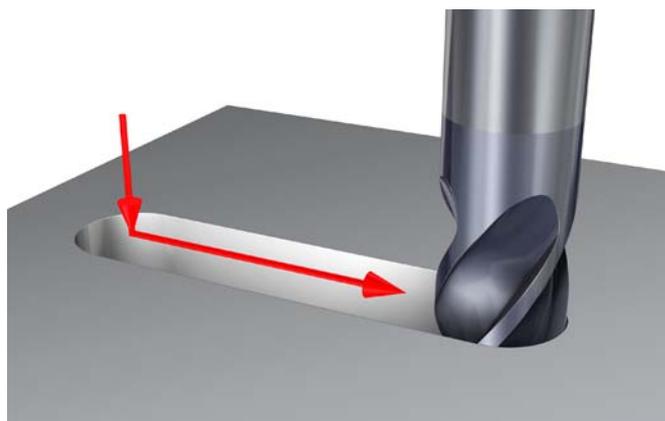
Radio final = 6 mm

Fresado con interrupciones de avance

El fresado con interrupciones de avance es una alternativa al mecanizado en rampa para abrir cavidades en material enterizo.

Sin embargo, requiere demasiada potencia, produce virutas largas y genera fuerzas de corte poco deseables sobre la fresa, por ello sólo se debe utilizar cuando:

- La máquina no permite el mecanizado en rampa
- Ranuras cerradas cortas.



Elección de herramientas

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 390	CoroMill® 790
Máx. profundidad de taladrado	$0.9 \times D_c$	$0.55 \times D_c$	11: 1.0 mm 17: 1.5 mm	16: 1.1 mm 22: 1.2 mm
Diám. de fresa (D_c), mm	2 – 25	10 – 25	12 – 40	25 – 100
Corte central (taladrado)	Sí	Sí	No	No
Material				

Cómo se aplica

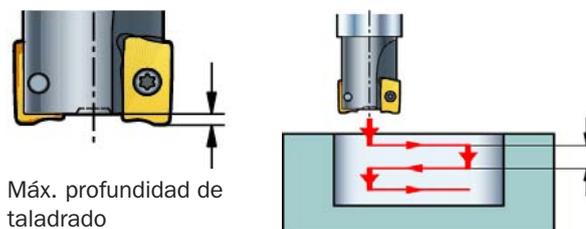
Corte central: fresas de taladrar (fresas de ranurar)

La profundidad de taladrado de una fresa de ranurar con corte central está limitada por la longitud de la ranura para virutas y también por la capacidad de evacuación de la viruta. Para ranuras más profundas, utilice un ciclo con interrupciones de avance. Al taladrar, utilice avance reducido: aprox. 50% del avance recomendado para fresar.



Fresado de ranuras sin corte central

CoroMill 390 y 790 son fresas de ranurar sin corte central que se pueden utilizar para fresar con interrupciones de avance. Tenga en cuenta que la profundidad de taladrado está muy limitada. Utilice una fresa de paso grande que deje máximo espacio para la viruta.



Métodos de recorte

Estos métodos de fresado se diseñaron originalmente para desbaste y semidesbaste de materiales difíciles, como acero templado, ISO H, materiales HRSA e ISO S, pero también se pueden utilizar en otros materiales, especialmente en aplicaciones sensibles a las vibraciones.

Las técnicas se basan en una profundidad de corte radial pequeña, a_e , que:

- Genera una fuerza de corte radial pequeña que impone menos exigencia de estabilidad y admite una gran profundidad de corte, a_p .
- Significa que sólo un diente está trabajando en cada momento, lo que reduce la tendencia a la vibración.
- Se reduce el calor en la zona de corte gracias al poco tiempo de contacto, que posibilita el uso de velocidades de corte más altas.
- Se genera un menor espesor de la viruta, h_{ex} , pero alto avance, f_z .

Se puede dividir en:

- Fresado trocoidal, que se utiliza sobre todo para mecanizar ranuras.
- Recorte, que se suele utilizar para semidesbaste de esquinas.

Ambos métodos han demostrado que son muy seguros y productivos.



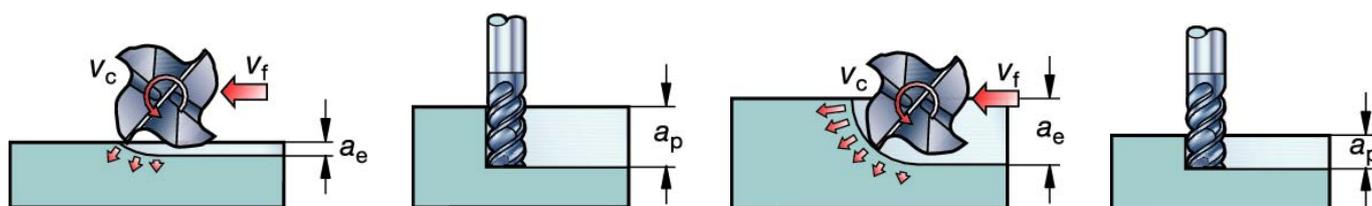
Elección de herramientas

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroMill® 490	CoroMill® 390	Fresa de filo largo CoroMill® 390	Fresa de filo largo CoroMill® 690
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	7.0 – 54.0	5.5 – 13.0	5.5	15.7	71.0	112.0
Diám. de fresa (D_c), mm	2 – 25	10 – 25	20 – 66	12 – 40	32 – 200	50 – 100
Material						

Comentarios:

- La herramienta que más se usa habitualmente para operaciones de recorte es CoroMill Plura.
- CoroMill 316, CoroMill 490 o CoroMill 390 son alternativas cuando la profundidad de corte es menor.
- La técnica de recorte también se puede utilizar con fresas de filo largo que combinan un valor pequeño de a_e con uno grande de a_p .

Cómo se aplica



El recorte utiliza una velocidad de corte más alta, v_c , y un corte axial, a_p , pero con sólo pequeño empañe radial, a_e , y avance por diente, f_z . Esto es posible porque:

Factor	Efecto	Ventaja
• Espesor delgado de la viruta	• Menor fuerza de corte/ desviación	• Corte axial más profundo
• Arco de empañe pequeño	• Menor temperatura en la zona de corte	• Velocidades más altas

Fresado trocoidal

Área de aplicación

Un método excelente para ranurar cuando hay problemas de vibración; también es adecuado para fresar en desbaste cavidades pequeñas, alojamientos y ranuras.

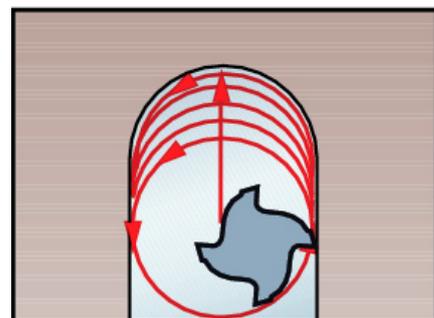
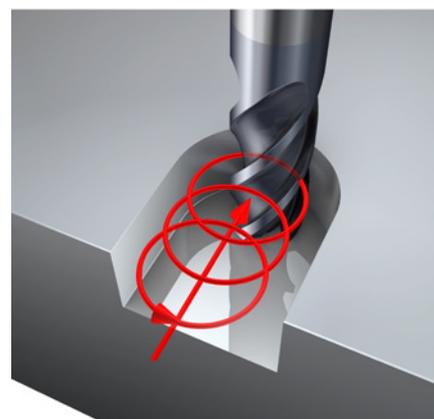
Definición

El fresado trocoidal se puede definir como un fresado circular que incluye desplazamiento simultáneo hacia delante. La fresa elimina sucesivos "recortes" de material en una serie de recorridos continuos en espiral siguiendo la dirección radial.

Requiere capacidad de la máquina-herramienta y programación especializada.

La herramienta se programa con un recorrido de rotación a la entrada y a la salida del corte, con el paso radial, w , bajo, lo que implica que:

- El arco de empañe controlado genera fuerzas de corte bajas y esto permite elevar la profundidad de corte axial.
- Se utiliza toda la longitud del filo y por ello calentamiento y desgaste son uniformes y distribuidos, la vida útil de la herramienta será mayor que con el fresado de ranuras tradicional.
- Debido al corto arco de empañe, se utilizan herramientas de varios filos y esto permite incrementar el avance de mesa sin perder seguridad respecto a la vida útil de la herramienta.
- El máximo corte radial, a_e , no debe superar el 20% del diámetro de la fresa.



$$a_p \leq 2 \times D_c$$

$$a_e = \text{pequeño}$$

$$v_f = \text{alta}$$

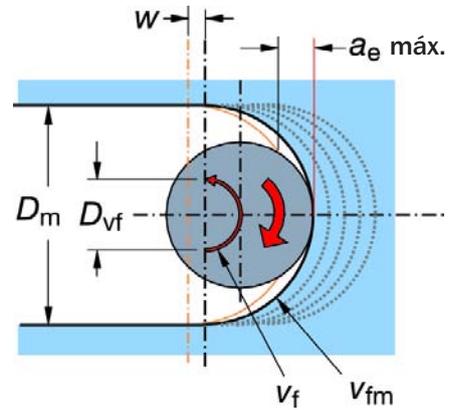
$$v_c = \text{hasta 10 veces superior a los métodos convencionales}$$

Para ranuras de anchura inferior a $2 \times D_c$

La herramienta se programa con un recorrido continuo en espiral que avanza en dirección radial para mecanizar una ranura o un perfil. El avance es constante, con un corte radial que varía continuamente. El 50% del tiempo la herramienta está fuera del corte.

Consideraciones

- 1) El corte radial está cambiando constantemente y, en el punto de mayor inmersión, es más alto que el solapamiento programado, w .
- 2) Es importante mantener la relación entre el diámetro de la fresa y la anchura de la ranura por debajo del 70% y el paso radial, w , por debajo del 10% de D_c .
- 3) El avance es constante, sin embargo, el avance del centro de la herramienta, v_f , es distinto del avance de la periferia, v_{fm} . Si se programa el avance en función del centro de la herramienta, será necesario calcular el avance periférico.

**Parámetros de mecanizado**

- Máx. diám. de fresa
- Solapamiento
- Corte radial máx.
- Corte axial
- Avance por diente inicial

$$D_c = 70\% \text{ anchura de ranura}$$

$$w = \text{máx. } 10\% D_c$$

$$a_e = 20\% D_c$$

$$a_p = \text{hasta } 2 \times D_c$$

$$f_z = 0.1 \text{ mm}$$

$$v_{fm} = n \times f_z \times z_n$$

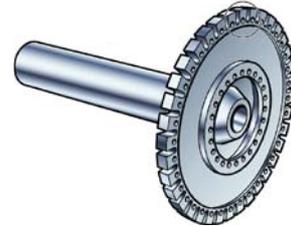
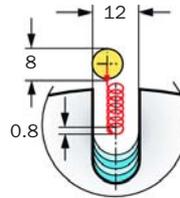
$$D_{vf} = D_m - D_c$$

$$v_f = \frac{D_{vf}}{D_m} \times v_{fm}$$

Avance programado calculado v_f

Casos de mecanizado utilizando fresado trocoidal**1 – Ranura estrecha, Inconel 718 (44HRC)**

Número de ranuras/pieza	24
Anchura	12 mm
Longitud	25 mm
Profundidad	16 mm
Vida útil de la herramienta	10 ranuras
Tiempo/ranura	1'35"

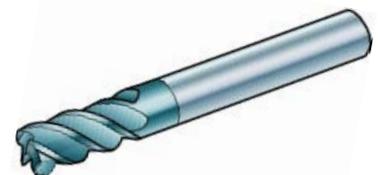


Herramienta: R216.24-08050-EAK 19P 1620

Profundidad de corte	a_p	16 mm
Diám. de fresa	D_c	8 mm
Número de dientes	z_n	4
Velocidad de corte	v_c	75 m/min
Velocidad del husillo	n	2984 m/min

Diám. centro herramienta	D_{vf}	4 mm
Solapamiento	w	0.67 mm
Avance por diente	f_z	0.09 mm
Avance periférico	v_{fm}	1047 mm/min
Avance centro herramienta	v_f	349 mm/min

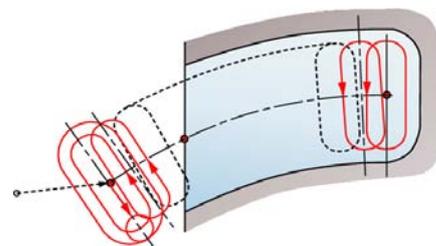
El fresado trocoidal ofrece un proceso mucho más seguro, si se compara con el ranurado tradicional o con las operaciones en "plunge", por ello se incrementa la vida útil de la herramienta y se reduce el coste del sistema de herramientas, ya que una herramienta de 8 mm sustituye a una de 12 mm.



Para ranuras de anchura superior a $2 \times D_c$

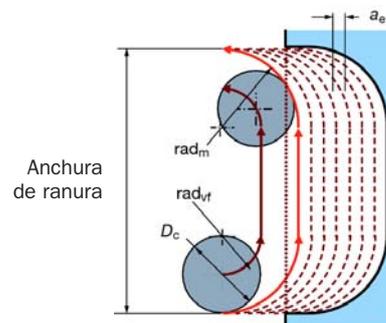
Un recorrido continuo en espiral, como el que se programa para una ranura estrecha en donde el 50% del tiempo se consume con la herramienta fuera del corte, se puede optimizar a medida que la ranura se hace más ancha:

1. Rotación al entrar, radio programado (rad_m) = 50% de D_c .
2. G1 con $a_e = 0.1 \times D_c$.
3. Rotación al salir, radio programado (rad_m) = 50% de D_c .
4. Rápido desplazamiento hasta la siguiente posición de inicio.
5. Repetir el ciclo.



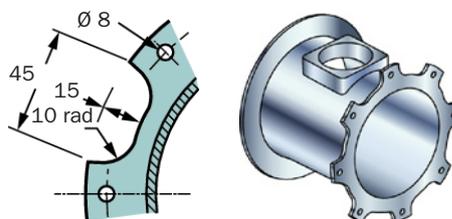
Parámetros de mecanizado

- Profundidad radial
 - CoroMill Plura $a_e = 10\% D_c$
 - CoroMill 390/490 $a_e = 20\% D_c$
- Corte axial $a_p = \text{hasta } 2 \times D_c$
- Avance por diente inicial $f_z = 0.1 \text{ mm}$
- Avance de radio $rad_{fv} = 0.5 \times G1$

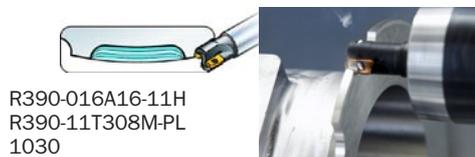


2 - Ranura ancha, irregularidades

Número de ranuras/pieza	8
Anchura	45 mm
Profundidad	16 mm
Espesor	4 mm



Herramienta 1 – CoroMill 390 – Ø 16 mm



Herramienta 2 – CoroMill Plura – Ø 12 mm



a) Acero inoxidable – 316

Herramienta	Diámetro, D_c mm	z_n	v_c m/min	n r/min	f_z mm	v_f mm/min	a_p mm	a_e mm	Q cm ³ /min	Tiempo min+s
CoroMill 390	16	2	200	3978	0.15	1194	5	2	11.9	0'25"
CoroMill Plura	12	4	170	4509	0.06	1082	5	1	5.4	1'00"



b) HRSA – Inconel 718 (44 HRC)

Herramienta	Diámetro, D_c mm	z_n	v_c m/min	n r/min	f_z mm	v_f mm/min	a_p mm	a_e mm	Q cm ³ /min	Tiempo min+s
CoroMill 390	16	2	30	597	0.10	119	5	2	1.2	2'45"
CoroMill Plura	12	4	75	1989	0.08	637	5	1	3.2	1'15"



CoroMill® 390 frente a CoroMill® Plura

- Acero inoxidable: CoroMill 390 presenta el tiempo más corto, un 140% más rápido que CoroMill Plura. En acero inoxidable, CoroMill 390 no sufrió "acumulación" del material ni atasco en los canales de viruta y esto permitió un corte radial más rápido, a_e , y mayor avance por diente, f_z , que con CoroMill Plura.
- HRSA: CoroMill Plura resultó un 120% más rápida que CoroMill 390. Ante la mayor dureza de HRSA, los dientes adicionales y la elevada hélice de CoroMill Plura dio como resultado una operación más uniforme.

Recorte: fresado de esquinas

Área de aplicación

El recorte es una técnica de semidesbaste utilizada en fresado de esquinas donde no ha podido llegar la herramienta más grande utilizada en la operación anterior.

Definición

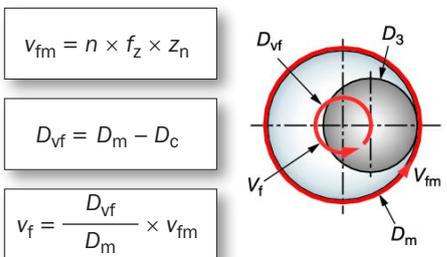
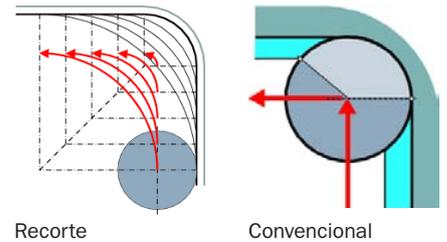
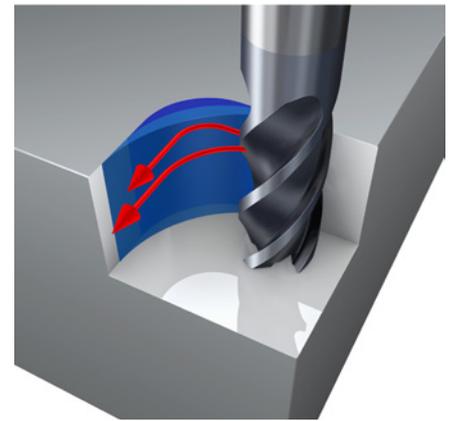
A diferencia del fresado trocoidal, no es necesario un recorrido de rotación al entrar ni al salir del corte ya que el corte radial parte de cero hasta llegar al máximo en el punto medio y volver a cero otra vez.

El material se elimina con varias pasadas sucesivas, que garantiza baja inmersión radial/ángulo de empañe y bajas fuerzas de corte.

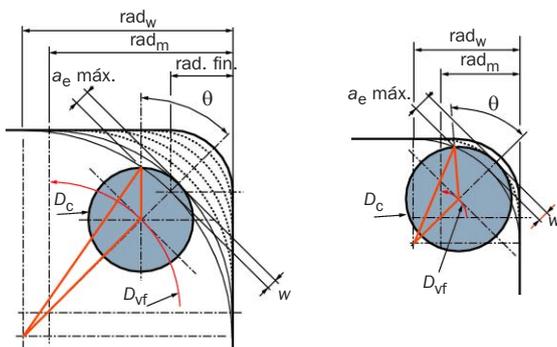
Consideraciones:

Reducción de la velocidad de avance en las esquinas:

- Como en todas las operaciones de contorneado de radio, al programar con avance del centro de la herramienta, v_f , la velocidad de avance se debe reducir respecto al avance de la periferia de la herramienta, v_{fm} , para que se mantenga constante el avance por diente.
- La profundidad de corte puede hacerse demasiado grande para permitir que se mantenga el mismo valor de alto avance que con el mecanizado en línea recta, en función de la relación entre diámetro de la fresa y radio de la esquina.
- Por otro lado, la relación entre el diámetro del recorrido programado para la fresa, D_{vf} , y el diámetro del agujero, D_m , se incrementa de manera constante hacia el radio de acabado de la esquina; esto significa que se debe reducir el avance de manera continua en cada pasada.
- El proceso se hace inestable y se produce vibración.
- Una máquina-herramienta con buena estabilidad dinámica y control de reducción del avance del centro resulta esencial para fresar correctamente esquinas interiores.

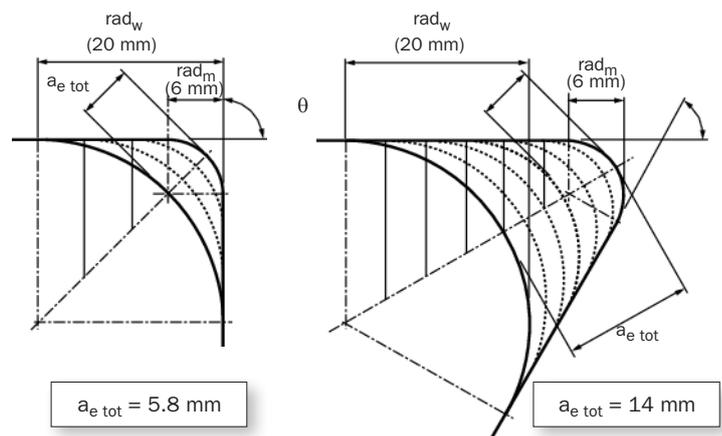


D_{vf} y v_f se reducen de forma continua en cada pasada



w = solapamiento radial
 rad_m = radio final de la pieza
 rad_w = radio inicial de la pieza

Ángulo de esquina



Parámetros de mecanizado

Valores típicos para CoroMill Plura R216.24-xxx50-xxK xxP

- Diámetro máximo de la fresa $D_c = 1.75 \times rad_m$
- Solapamiento radial $w = 10\% D_c$
- Alto corte axial $a_p =$ hasta $2 \times D_c$
- Avance por diente inicial $f_z = 0.1 \text{ mm}$
- Velocidad de corte: aprox. 3-6 veces la recomendación normal.

Para los mismos radios inicial y final, el número de pasadas requeridas variará según el ángulo de la esquina.
 Para esquinas con ángulos inferiores a 60° , una buena solución puede ser el fresado en "plunge" utilizando CoroMill 390 o una broca de taladrado en "plunge", consulte la página D 118.

Cavidades/ángulos cerrados

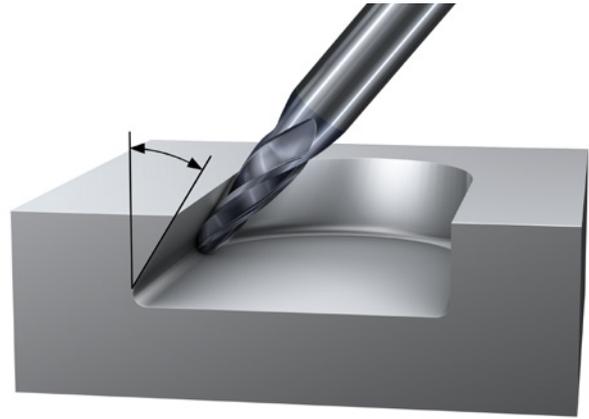
Los ángulos cerrados, inferiores a 90 grados, son una característica habitual de las piezas con cavidades y alojamientos. Se necesita una máquina con 4 ó 5 ejes para mecanizar un ángulo cerrado.

4 ejes:

Si sólo uno de los lados de la cavidad presenta un ángulo cerrado y el fondo es plano.

5 ejes:

Si hay alguna esquina con ángulos cerrados a ambos lados. Si hay un radio en el perfil del fondo.



Elección de herramientas

	CoroMill® Plura
	
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	10.0 – 45.0
Diám. de fresa (D_c), mm	3.8 – 15.18
Material	

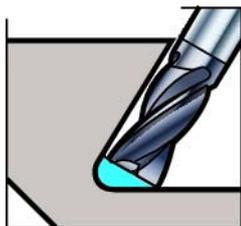


El fresado de un propulsor "bisk" (disco con álabes integrados) es un ejemplo de aplicación de fresado de ángulos cerrados.

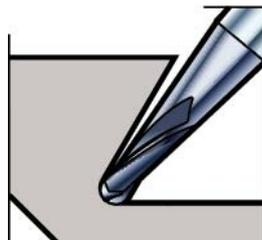
Cómo se aplica

Recomendación de mecanizado

1. Antes de proceder a mecanizar el radio, se debe fresar la escuadra de la pared con una fresa de ranurar y escuadrar que ofrece la mejor estabilidad.
2. El radio se mecaniza con una fresa de ranurar de punta esférica.



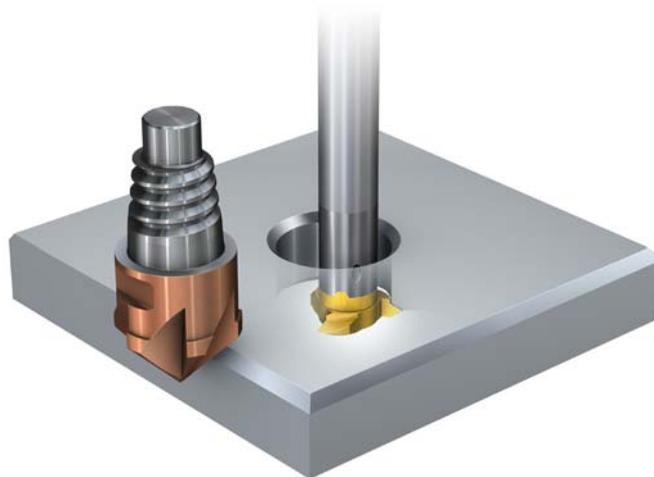
Utilice una fresa de ranurar y escuadrar, que ofrece la mejor estabilidad al mecanizar la pared periférica.



El mecanizado final del radio se debe ejecutar con una fresa de ranurar cónica y de punta esférica.

Achaflanado

Chaflanes, cortes en V, desahogos, preparación para soldar y eliminación de rebabas son operaciones que se producen con frecuencia en los bordes de la pieza. Según el tipo de máquina y del montaje, estas operaciones se pueden llevar a cabo de muchas maneras. Es posible utilizar una fresa de planear pequeña, una fresa de filo largo, una fresa de ranurar o una fresas específica para achaflanar.



Elección de herramientas

Fresas específicas para achaflanar

	CoroMill® Plura	CoroMill® 316	CoroTurn® XS	CoroMill® 327	CoroMill® 328	U-Max
Ángulo de posición (grados)	30, 45, 60	15, 30, 45, 60	30	45, 60	60	45, 60
Máx. profundidad de chaflán	7.4	6.5	0.6	1.7	1.8	7.9
Diámetro mín. de agujero para achaflanado posterior (mm)	-	-	6	12	40	27
Material						

Fresas complementarias para achaflanar

En las máquinas de 4 y 5 ejes, en las que se pueden inclinar tanto el husillo como la pieza, es posible utilizar diversas herramientas para achaflanar y eliminar rebabas, por ejemplo:

- Fresas de ranurar de 90 grados como CoroMill Plura, CoroMill 316, CoroMill 390, CoroMill 490, CoroMill 790
- Fresas de planear de 45 grados como CoroMill 245 y CoroMill 345
- Para chaflanes grandes, se pueden utilizar fresas de filo largo.



Cómo se aplica

Datos de corte

Normalmente la profundidad de corte, a_p , y la anchura de corte, a_e , son pequeñas respecto al diámetro de la fresa. Esto significa que se debe utilizar la recomendación más alta de velocidad de corte para empañe pequeño. El avance por diente, f_z , también se puede incrementar considerablemente, consulte la página D 21. La exigencia de acabado superficial limita el valor de f_z .



Torneado general

B

Tronzado y ranurado

C

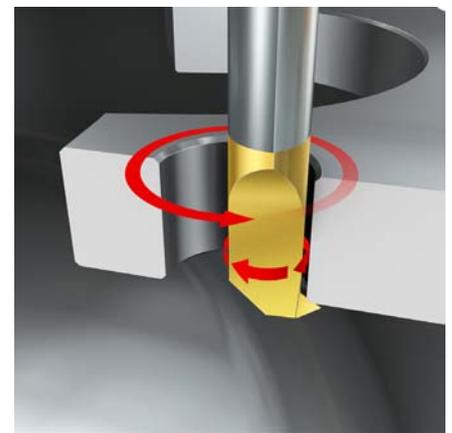
Roscado

D

Achaflanar un agujero

Con CoroMill 327, CoroMill 328 y CoroTurn XS, es posible achaflanar el agujero después de finalizar la operación de roscado, utilizando la misma herramienta y plaquita.

Se realiza siguiendo un recorrido de fresado circular, observe la secuencia de programación que se indica a continuación.



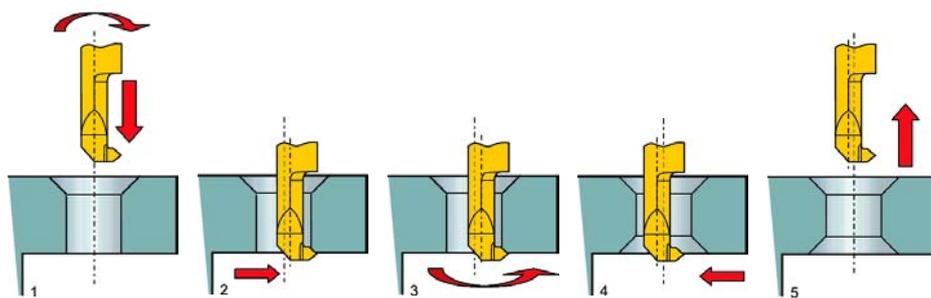
Fresado

E

Taladrado

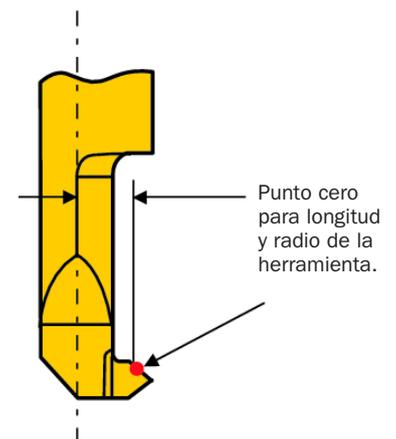
F

Mandrinado



1. Coloque la fresa centrada sobre el agujero taladrado, con la fresa girando, y desplace axialmente hasta la profundidad de brida ($Z = \text{altura de brida} - \text{tamaño del chaflán}$).
2. Avance la fresa para que empañe con la compensación de radio ($Y = \text{radio del agujero}$).

3. Interpole 360°
4. Retroceda hasta el centro del agujero
5. Extraiga la fresa



G

Portaherramientas/
Máquinas

H

Materiales

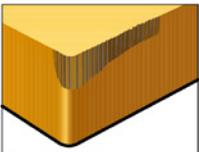
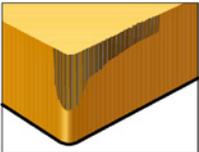
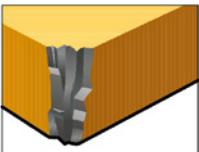
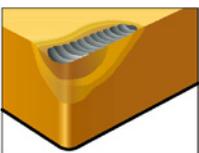
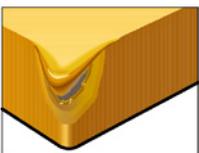
Nota: para ajustar el tamaño del chaflán, altere la posición de Z (no ajuste el diámetro ya que esto puede causar fricción en el agujero).

 I
 Información
 general/Índice

Resolución de problemas

B Desgaste de la herramienta

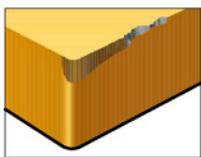
Observe el filo, analice el tipo de desgaste y optimice los datos de corte a partir de sus conclusiones.

Causa	Solución
<p>C Desgaste en incidencia</p>  <p>Desgaste rápido que da lugar a un deficiente acabado superficial o a la pérdida de las tolerancias.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de corte demasiado alta • Poca resistencia al desgaste • Avance, f_z, demasiado bajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la velocidad de corte, v_c • Seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste • Incrementar el avance, f_z
<p>D Desgaste excesivo que reduce la vida útil de la herramienta.</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Vibración • Remecanizado de la viruta • Formación de rebabas en la pieza • Acabado superficial deficiente • Generación de calor • Ruido excesivo 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar el avance, f_z • Fresado en concordancia • Evacuar la viruta con aire comprimido • Verificar los datos de corte recomendados
<p>E Desgaste irregular con daño del ángulo.</p>  <ul style="list-style-type: none"> • Desviación de la herramienta • Vibración • Corta vida útil de la herramienta • Deficiente acabado superficial • Alto nivel de ruido • Fuerzas radiales demasiado altas 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir la desviación por debajo de 0.02 mm • Verificar el portaherramientas y la pinza • Minimizar el saliente de la herramienta • Menos dientes en el corte • Mayor diámetro de herramienta • Para CoroMill Plura y CoroMill 316, seleccionar geometría helicoidal más alta ($g_p \geq 45^\circ$) • Dividir la profundidad de corte axial, a_p, en varias pasadas • Reducir el avance, f_z • Reducir la velocidad de corte, v_c • HSM requiere pasadas pequeñas • Mejorar la sujeción de la herramienta y la pieza
<p>F Craterización</p>  <p>Desgaste excesivo que debilita el filo. El filo de corte se rompe por la parte posterior y provoca un acabado superficial deficiente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desgaste por difusión debido a temperaturas demasiado altas en la cara de desprendimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una calidad con recubrimiento de Al_2O_3 • Seleccionar una plaquita de geometría positiva • Reducir primero la velocidad para conseguir una temperatura inferior y después reducir el avance
<p>H Deformación plástica</p>  <p>Deformación plástica del filo, depresión o impresión del flanco, provoca control de viruta y acabado superficial deficientes, y rotura de la plaquita.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura y presión de mecanizado demasiado altas 	<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar una calidad con mayor resistencia al desgaste (más dura) • Reducir la velocidad de corte, v_c • Reducir el avance, f_z

Causa

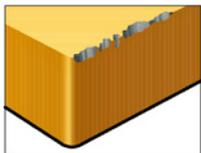
Solución

Astillamiento



La parte del filo de corte que no está en contacto con la pieza está dañada por causa del martillado de las virutas. Tanto la cara superior como el soporte de la plaquita pueden sufrir daños.

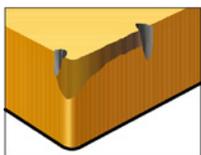
- Las virutas son desviadas hacia el filo de corte



Pequeñas fracturas (astillamiento) del filo de corte que provocan un acabado superficial deficiente y un desgaste de incidencia excesivo.

- Calidad demasiado frágil
- Geometría de plaquita demasiado débil
- Filo de aportación

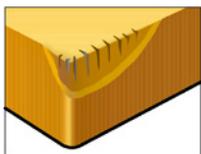
Desgaste en entalladura



Desgaste en entalladura que provoca un acabado deficiente, con riesgo de rotura del filo.

- Materiales que se endurecen al ser mecanizados
- Costras y cascarilla

Fisuras térmicas

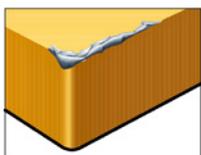


Pequeñas fisuras perpendiculares al filo de corte, que provocan astillamiento y un acabado superficial deficiente.

Fisuras térmicas debidas a variaciones de temperatura causadas por:

- Mecanizado intermitente.
- Suministro de refrigerante irregular

Filo de aportación (B.U.E)



Filo de aportación que provoca acabado superficial deficiente y rotura del filo de corte cuando se arranca dicho filo.

- Temperatura de la zona de corte demasiado baja.
- Material muy pastoso, como acero de bajo contenido en carbono, acero inoxidable y aluminio.

El material de la pieza se suelda al filo debido a:

- Velocidad de corte baja, v_c
- Avance reducido, f_z
- Geometría de corte negativa
- Acabado superficial deficiente

- Seleccionar una calidad más tenaz.
- Seleccionar una plaquita con un filo más robusto
- Incrementar la velocidad de corte, v_c
- Seleccionar una geometría positiva
- Reducir el avance al empezar el corte
- Mejorar la estabilidad

- Seleccionar una calidad más tenaz.
- Seleccionar una plaquita con una geometría más robusta
- Incrementar la velocidad de corte, v_c , o seleccionar una geometría positiva
- Reducir el avance al empezar el corte

- Reducir la velocidad de corte, v_c
- Seleccionar una calidad más tenaz.
- Incrementar la velocidad de corte, v_c

- Seleccionar una calidad más tenaz con mayor resistencia a los cambios bruscos de temperatura
- El refrigerante debe aplicarse en abundancia o no aplicarse. Si desea más información, consulte Presentación, página D 28.

- Incrementar la velocidad de corte
- Cambiar a una geometría de plaquita más adecuada

- Incrementar la velocidad de corte, v_c
- Incrementar el avance, f_z
- Seleccionar una geometría positiva
- Utilizar aceite pulverizado o refrigerante

Causa

Solución

Vibración

(consulte también Presentación, página D 30)



- Fijación débil

- Evaluar la dirección de las fuerzas de corte y mejorar el apoyo o la fijación
- Reducir las fuerzas de corte disminuyendo la profundidad de corte, a_p
- Seleccionar una fresa con paso grande y diferencial, y con acción de corte más positiva
- Seleccionar una geometría L con radio de punta pequeño y faceta paralela también pequeña
- Seleccionar una plaquita de grano fino, sin recubrimiento o con recubrimiento más fino
- Evitar mecanizar donde la pieza tenga apoyo deficiente respecto a las fuerzas de corte

- Pieza débil en dirección axial

- Considerar una fresa en escuadra (ángulo de posición de 90 grados) con geometría positiva
- Seleccionar una plaquita con geometría L
- Reducir la fuerza de corte axial: menor profundidad de corte, menor radio de punta y menor faceta paralela
- Seleccionar una fresa de paso grande con paso diferencial
- Verificar el desgaste de la herramienta
- Verificar la desviación del portaherramientas
- Mejorar la sujeción de la herramienta

- Voladizo de la herramienta demasiado largo

- Minimizar el voladizo
- Utilizar fresas de paso grande con paso diferencial
- Equilibrar las fuerzas de corte axial y radial: ángulo de posición de 45 grados, mayor radio de punta o fresa con plaquita redonda
- Incrementar el avance por diente
- Utilizar una geometría de corte ligero L/M
- Reducir la profundidad de corte axial, a_f
- Utilizar fresado en contraposición en acabado
- Utilizar fresas sobredimensionadas y adaptadores de acoplamiento Coromant Capto
- Para CoroMill Plura y CoroMill 316, probar una herramienta con menos dientes y/o mayor ángulo helicoidal

- Fresado en escuadra con husillo débil

- Seleccionar el diámetro de fresa más pequeño posible
- Seleccionar fresas y plaquitas de corte ligero y positivas
- Intentar fresado en contraposición
- Comprobar que la desviación del husillo es aceptable para la máquina

- Avance de mesa irregular

- Intentar fresado en contraposición
- Ajustar el mecanismo de avance de la máquina: ajustar el tornillo de avance en las máquinas CNC. Ajustar el tornillo de bloqueo o cambiar el tornillo esférico en las máquinas convencionales.

- Datos de corte

- Reducir la velocidad de corte, v_c
- Incrementar el avance, f_z
- Cambiar la profundidad de corte, a_p

- Inestabilidad

- Reducir el voladizo
- Mejorar la estabilidad

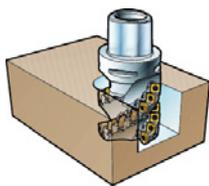
- Vibración en las esquinas

- Programar radio de punta grande con velocidad de avance reducida

Causa

Solución

Atasco de viruta



Obstáculo habitual en ranurado, especialmente con materiales de viruta larga

- Daño en el ángulo de la plaquita
- Astillamiento y rotura del filo
- Remecanizado de la viruta

- Mejorar la evacuación de la viruta utilizando refrigerante o aire comprimido abundante y bien dirigido
- Reducir el avance, f_z
- Dividir los cortes profundos en varias pasadas
- Probar fresado en contraposición para ranuras profundas
- Utilizar fresas de paso grande
- Utilizar CoroMill Plura y CoroMill 316, con dos o tres filos como máximo y/o mayor ángulo helicoidal

Remecanizado de la viruta

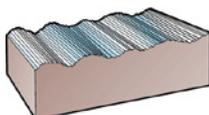


Aparece en ranurado y vaciado, especialmente en titanio. También es habitual al fresar alojamientos y cavidades profundas en máquinas verticales.

- Fractura del filo
- Negativo para la vida útil de la herramienta y la seguridad
- Atasco de viruta

- Evacuar la viruta con eficacia mediante aire comprimido o refrigerante abundante, preferentemente suministrado por el interior de la herramienta
- Cambiar la posición de la fresa y la estrategia de recorrido de la herramienta
- Reducir el avance, f_z
- Dividir los cortes profundos en varias pasadas

Acabado superficial incorrecto



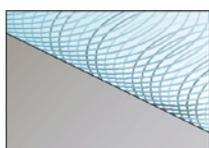
- Avance por vuelta excesivo

- Ajustar la fresa axialmente o clasificar las plaquetas. Comprobar la altura con un indicador
- Comprobar la desviación del husillo y las superficies de montaje de la fresa
- Reducir el avance por vuelta a un 70% como máx. de la anchura de la faceta paralela
- Utilizar plaquetas Wiper siempre que sea posible (operaciones de acabado)

- Vibración
- Filo de aportación

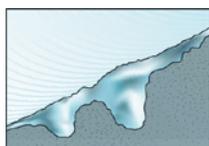
- Consulte la sección "Vibración"

- Incrementar la velocidad de corte, v_c , para elevar la temperatura de mecanizado
- Eliminar el refrigerante
- Utilizar plaquetas de filo agudo, con ángulo de desprendimiento uniforme
- Utilizar geometría de plaqueta positiva
- Probar la calidad cermet con datos de corte elevados



- Corte hacia atrás

- Comprobar la inclinación del husillo (aprox 0,10 mm/1.000 mm)
- La excentricidad axial TIR del husillo no debe exceder 7 micras durante el acabado
- Reducir las fuerzas de corte radiales (reducir la profundidad de corte, a_p)
- Seleccionar un diámetro de fresa más pequeño
- Verificar el paralelismo de las facetas paralelas y de la plaqueta Wiper utilizada (no deben "talonar")
- Verificar que la fresa no se balancea, ajustar las superficies de montaje



- Desmenuzamiento de la pieza

- Reducir el avance, f_z
- Seleccionar una fresa con paso normal o reducido
- Colocar la fresa para que produzca viruta más delgada a la salida del corte
- Seleccionar un ángulo de posición más adecuado (45 grados) y una geometría de corte ligera
- Elegir una plaqueta con filo más positivo
- Evitar el desgaste excesivo del flanco

Causa

Solución

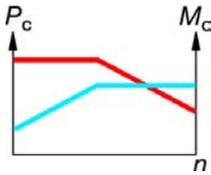
Formación de rebabas



- Materiales concretos: HRSA/acero inoxidable
- Principal mecanismo de desgaste en entalladura

- Utilizar un radio grande que ofrezca un ángulo de posición de plaqueta pequeño
- Mantener la profundidad de corte por debajo del radio
- CoroMill 300, máximo $a_p = 0.25 \times r$
- Plaquetas con radio CoroMill 390, máx.
- $a_p = 0,5 \times \text{radio}$

Potencia de la máquina



Comprobar la curva de potencia ya que el rendimiento de la máquina puede disminuir si el rpm es demasiado bajo.

Los requisitos de potencia en fresado varían con respecto a:

- Cantidad de metal que es necesario eliminar
- Espesor medio de la viruta
- Geometría de la fresa
- Velocidad de corte.

Si desea más información sobre potencia y par, consulte Presentación, en la página D 11.

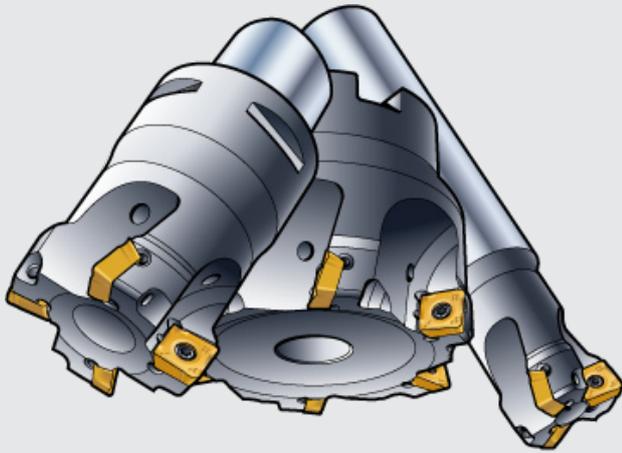
- Cambiar de paso normal a paso grande, es decir, menor número de dientes
- Una fresa positiva es más eficiente en cuanto a potencia que una fresa negativa
- Reducir la velocidad de corte antes que el avance de mesa
- Utilizar una fresa más pequeña y efectuar varias pasadas
- Reducir la profundidad de corte, a_p

Productos: fresado



CoroMill® 490

Primera elección para fresado ligero en escuadra



- Fresado en escuadra superficial y varias pasadas con alta precisión
- Planeado superficial con baja presión axial
- Fresado con buen acabado
- Alternativa económica a CoroMill 390 si no se requiere mecanizado en rampa ni radio de punta

	Cilíndrico/Weldon	Coromant Capto®, acoplamiento/ HSK	Eje
Tamaño de plaquita 08 mm			
Diám. de fresa (D_c), mm	20 – 40	20 – 84 / 20 – 80	40 – 125
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	5.5 (varias pasadas ≤ 4)		
Material			

Geometrías de plaquita

ISO	L	M	H
P	M-PL	M-PM	M-PH
M	E-ML	E-MM	
K	M-KL	M-KM	M-KH
N			
S			
H	M-PL	M-PM	

Aplicaciones



Fresado en escuadra repetido
D 48



Recanteado/contorneado
D 50



Planeado
D 54



Paredes delgadas
D 52



Fresado de ranuras
D 84

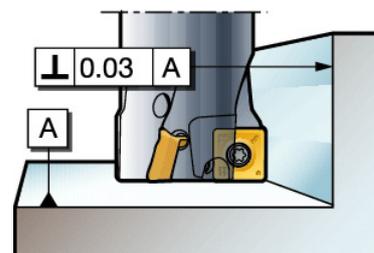


Fresado circular
D 113

Tecnología Wiper para mejorar la precisión en fresado periférico

CoroMill 490 está diseñada con radio ligeramente grande de los filos de la plaquita para compensar la desviación que se pueda producir durante la operación y las pequeñas variaciones de precisión de fabricación de la herramienta.

Gracias a esta geometría, se minimiza la distorsión angular durante el recantado o el fresado de escuadras y se evitan escalones perceptibles entre las distintas pasadas. Para conseguir este objetivo, no se debe superar un valor máximo de a_p de 3-4 mm.



Rendimiento para mejorar la productividad en máquinas pequeñas

Rendimiento de corte ligero que ofrece un uso óptimo de máquinas-herramienta poco potentes. Esta característica también facilita la utilización de la fresa con montajes de herramienta con extensiones.



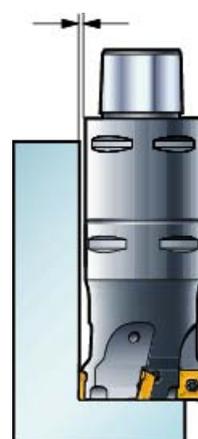
Mangos subdimensionados para utilizar en portaherramientas pequeños

Mangos de menor tamaño para fresas de diámetro grande, con plaquitas de 8 mm, permiten el ajuste en portaherramientas más pequeños.



Fresas de ranurar sobredimensionadas para mejorar la accesibilidad

Las versiones sobredimensionadas de CoroMill 490 mejoran la accesibilidad y ofrecen holgura natural en fijaciones estrechas.



CoroMill® 390

Fresado en escuadra y ranurado versátil: profundo o superficial, ligero o pesado

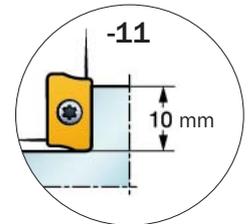


Mecanizado ligero y perfilado

- Mecanizado ligero y perfilado
- Operaciones de semidesbaste y acabado.
- Amplia gama de plaquitas con radio y convencionales para mecanizado ligero.
- Tamaños de plaquita -11 y -17 con los filos más ligeros.
- Plaquita Wiper -11 para tornofresado en acabado.
- Herramientas Silent Tools antivibratorias.
- Máxima eficiencia en centros de mecanizado y máquinas-herramienta multi-tarea con husillos ISO 40.

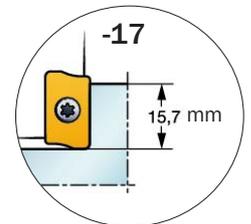
Plaquitas de 11 mm

- Generalmente, primera elección para fresas hasta 80 mm de diámetro y a_p hasta 5-6 mm. Admite fresas de paso normal con alto avance de mesa.



Plaquitas de 17 mm

- Primera elección para valores de a_p superiores a 5-6 mm y cuando se requiera rendimiento de corte ligero.

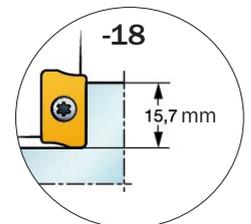


Mecanizado pesado y amplio

- Operaciones de desbaste y semiacabado.
- Amplia gama de plaquitas con radio.
- La plaquita -18 tiene un filo más tenaz para aplicaciones con alto avance y pesadas.
- Plaquita Wiper -18 para tornofresado en desbaste.
- Plaquitas específicas para mecanizado en rampa.
- Máxima eficiencia en husillos rígidos, ISO 50 y similares.

Plaquitas de 18 mm

- Solución de filo tenaz para aplicaciones que requieran resistencia adicional y alta seguridad, especialmente para alto avance. La más adecuada para fresas en escuadra montadas en eje y fresas de filo largo.



Fresas de ranurar y fresas de planear y escuadrar

	Cilíndrico		Antivibratorio	Acoplamiento Coromant Capto®	
					
Diám. de fresa (D_c), mm	Cilíndrico/Weldon 12 – 40 Acoplamiento roscado 16 – 42		Cilíndrico 20 – 32 Coromant Capto 20 – 40	16 – 80	40 – 84
Tamaño de plaquita, mm	-11	-17	-11	-11	-18
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	10	15.7	10	10	15.4/15.7

Fresas de planear y escuadrar

Fresas de filo largo

	Eje			Acoplamiento Coromant Capto®		Cilíndrico	Eje	
								
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 80	40 – 125	50 – 200	32 – 66	44 – 100	32 – 40	40 – 54	44 – 200
Tamaño de plaquita, mm	-11	-17	-18	-11	-18	-11	-11	-18
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	10	15.7	15.4/15.7	36 – 45	43 – 71	36 – 45	36 – 54	43 – 71

Geometrías de plaquita

CoroMill® 390-11 y CoroMill® 390-17

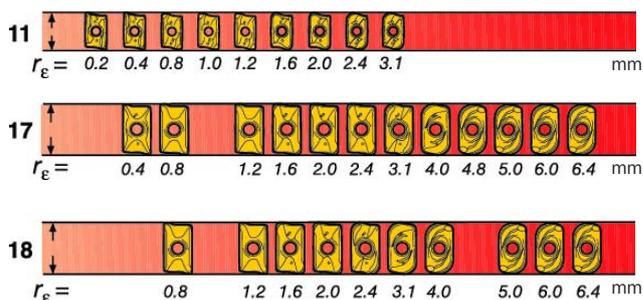
ISO	L	M	H	TW *)	Plaquita PCD
P	M/E-PL	M-PM	M-PH	E-PLW	
M	E-ML	M/E-MM	M-MH		
K	M-KL	M-KM	M-KH		
N	E-NL	E-KM		E-PLW	E-P4-NL, E-P6-NL
S	E-ML	E-MM		E-PLW	
H	M/E-PL	M-PM		E-PLW	

CoroMill® 390-18

ISO	L	M	TW *)	Mecanizado en rampa
P	H-PL	-PM	H-PTW	-PMR
M	H-ML	-MM	H-PTW	-MMR
K	H-KL	-KM	H-KTW	-KMR
N	H-PL		H-PTW	
S	H-ML	M-MM	H-PTW	
H	H-PL	M-PM	H-PTW	

*) TW = Wiper para tornofresado

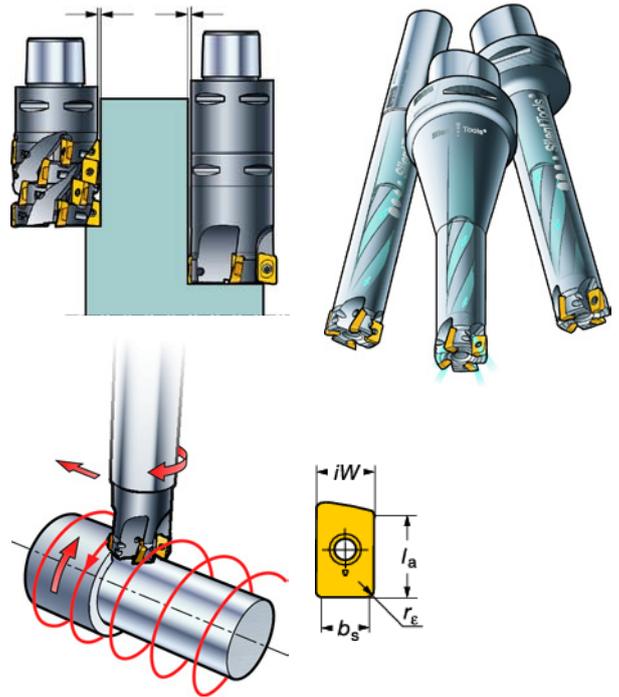
Opciones estándar de plaquetas con radio

*Taylor Made*

El radio de punta intermedio se ofrece como Taylor Made en pasos de 0.1 mm para los tamaños de plaquita -11 y -17.

Fresas CoroMill® 390 para aplicaciones específicas

- Fresas sobredimensionadas con holgura y accesibilidad naturales cerca de escuadras y fijaciones estrechas.
- Fresas con acoplamiento integrado Coromant Capto y adaptadores que ofrecen rigidez óptima para utilizar con extensiones de herramientas.
- Silent Tools antivibratorias para incrementar el arranque de metal y mejorar el acabado superficial cuando se utilizan herramientas delgadas.
- Tornofresado, desbaste y acabado, utilizando una o varias plaquitas Wiper específicas disponibles en tamaño 11 y 18, y radio 0.8 y 1.6.



Profundidad de corte máxima para distintas operaciones

Tamaño de plaqueta	Plaqueta -11						Plaqueta -17					Plaqueta -18
Diámetro de la fresa (D_c), mm	12	16	20	25	32	40-80	25	32	40	50	63-125	40-200
Fresado en escuadra, máx. (a_p), mm	9.0	9.5	9.4	9.3	9.2	5.9	15.2	15.1	15.0	14.9	9.6	15.7
Fresado en "plunge", máx. (a_e), mm	5.5						8.5					1.1
Fresado con interrupciones de avance, máx. (a_p), mm	1.0						1.5					No recomendado

Aplicaciones

Fresa de ranurar y fresa en escuadra

Áreas de aplicación principales:



Fresado en escuadra repetido
D 48



Fresado en escuadra en general
D 44



Mecanizado en rampa
D 104



Tornofresado
D 80

Áreas de aplicación complementarias:



Planeado general
D 57



Fresado con interrupciones de avance
D 119



Fresado en "plunge"
D 116



Fresado de ranuras
D 86

Fresas de filo largo

Áreas de aplicación principales:



Fresado en escuadra profundo
D 48



Recantado / contorneado
D 50



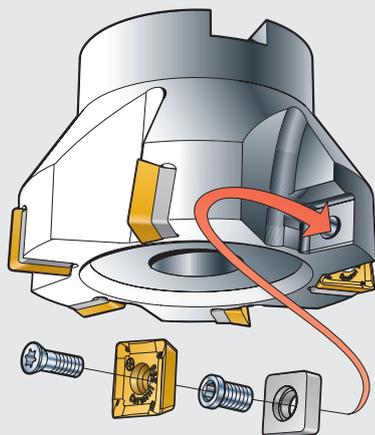
Fresado de ranuras
D 86



Mecanizado en rampa circular
D 105

CoroMill® 290

Fresa de planear y escuadrar/de uso universal



- Fresa básica para aplicaciones ISO-K
- Mayor economía gracias a los cuatro filos

Alta seguridad

- Asiento de plaquita protegido por placa de apoyo
- Filos resistentes

		
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 80	50 – 250
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	10.7	10.7
Material	P K *)	P K *)

*) La gama de calidades incluye plaquitas de cerámica y CBN.

Geometrías de plaquita

ISO	L	M	H	Cerámica	Plaquetas CBN
P	M-PL	M-PM	M-PH		
M					
K	M-KL	M-KM	M-KH	20E	08E
N					
S					
H					

Aplicaciones

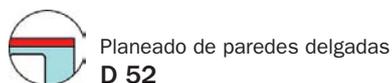
Áreas de aplicación principales:



Escuadrado
D 44



Planeado
D 54

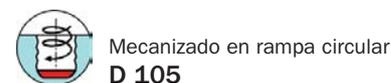


Planeado de paredes delgadas
D 52

Áreas de aplicación complementarias:



Fresado de ranuras
D 86



Mecanizado en rampa circular
D 105

CoroMill® 690

La fresa de alta productividad en perfilado de titanio

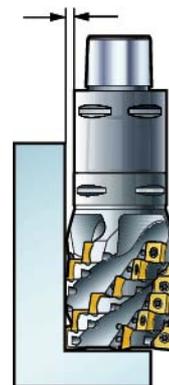
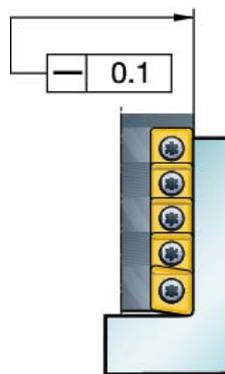


- Entrada de refrigerante individual hacia cada asiento de plaquita
- Presión y caudal totalmente controlado a través de agujeros roscados, para boquillas o tornillos de tapón
- Alta presión de refrigerante que facilita el arranque de viruta y reduce el calor en la zona de corte
- Caudal abundante que evita remecanizar la viruta y prolonga la vida útil del cuerpo de la fresa, especialmente en los alojamientos de las plaquitas delanteras
- Buen rendimiento en fresado en "plunge" y mecanizado en rampa
- Base de la plaquita adaptada a la ubicación rígida que permite una evacuación de viruta sin contratiempos
- Pasos de fresa -L, -M y -H. Si desea más información, consulte Presentación, página D 17.

	Coromant Capto®, acoplamiento/HSK		Eje
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 66	63 – 84	100
Tamaño de plaquita (iC), mm	10	14	14
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	53 – 105	61 – 84	61
Material	S		S

Geometrías de plaquita

ISO	L
P	
M	
K	
N	
S	-SL
H	



Aplicaciones



Fresado en escuadra
D 42

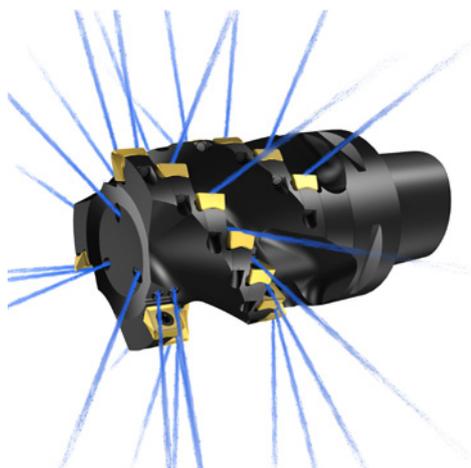


Recantado / contorneado
D 50



Fresado de ranuras
D 86

CoroMill® 690, diseñada para fresar titanio



Debido a la resistencia térmica del titanio, la refrigeración con refrigerante resulta vital durante el mecanizado para no sobrecalentar el filo y la herramienta.

Durante el proceso de mecanizado, la viruta tiende a pegarse en el filo y sufrir un nuevo corte, que provoca astillamiento del filo y reduce la duración.



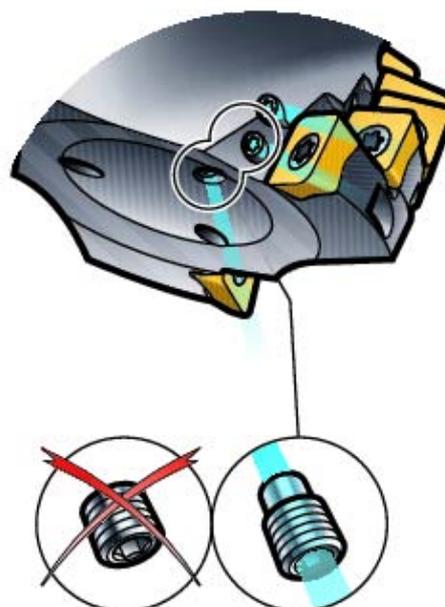
CoroMill 690 está diseñada con suministro interior de refrigerante de corte en cada alojamiento de plaquita, tanto en la periferia como en el extremo de la fresa, para eliminar estos problemas.

Sin embargo, el suministro de refrigerante a todos los alojamientos en la fresa de filo largo requiere alto volumen de bombeo y presión.

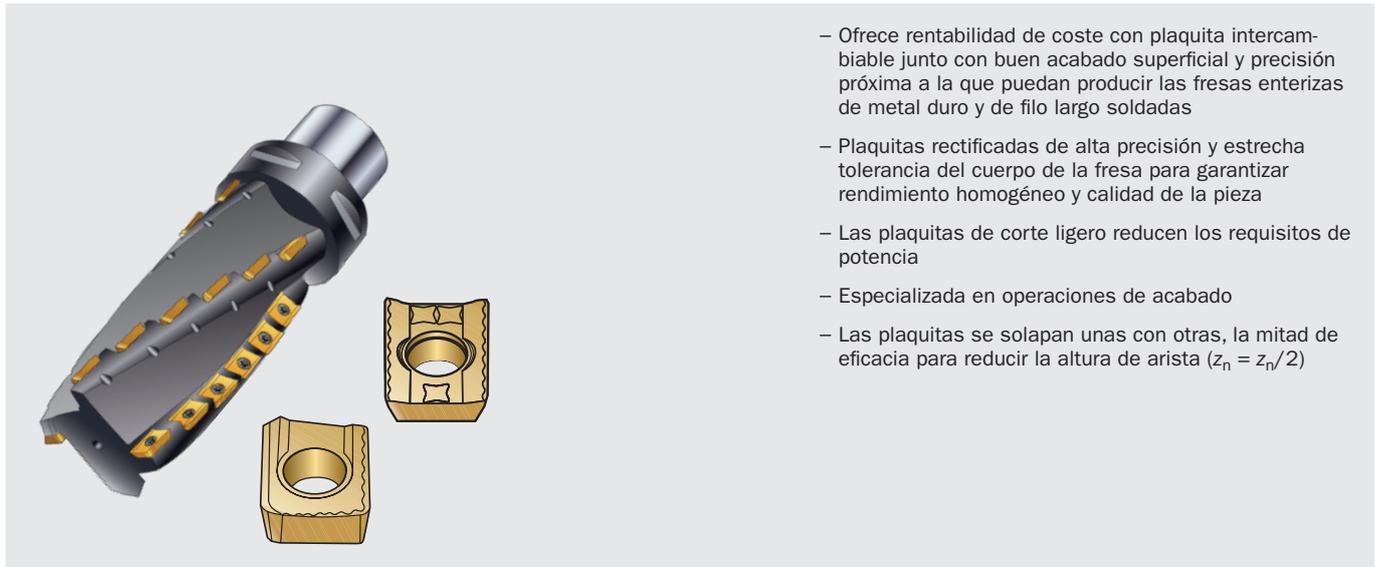
De manera opcional, es posible taponar con tornillos los agujeros de los asientos de plaquita de CoroMill 690, si no se requiere el uso de refrigerante en ese asiento en un momento dado. Esto restringe el número de agujeros por los que puede salir el refrigerante y permite maximizar el caudal allí donde se requiera.

También se pueden montar boquillas para reducir el tamaño del agujero. De esta forma se reduce el bombeo necesario y se incrementa la presión en cada boquilla, que hace que la operación sea más homogénea y se prolongue la vida útil de la herramienta.

Si la máquina tiene capacidad para suministrar alta presión de refrigerante (HPC, 70-100 bar), resulta mejor aplicarlo con las boquilla. La mejora de refrigeración del filo aportará la seguridad necesaria para incrementar la velocidad de corte.



Fresa Coromant de filo largo para acabado

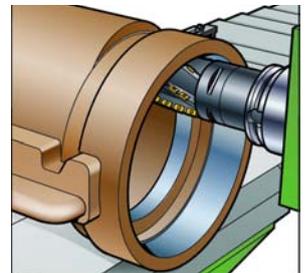
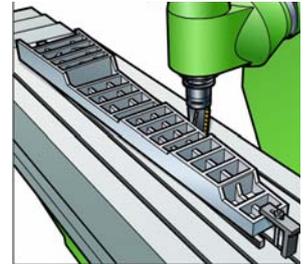


- Ofrece rentabilidad de coste con plaquita intercambiable junto con buen acabado superficial y precisión próxima a la que puedan producir las fresas enterizas de metal duro y de filo largo soldadas
- Plaquetas rectificadas de alta precisión y estrecha tolerancia del cuerpo de la fresa para garantizar rendimiento homogéneo y calidad de la pieza
- Las plaquetas de corte ligero reducen los requisitos de potencia
- Especializada en operaciones de acabado
- Las plaquetas se solapan unas con otras, la mitad de eficacia para reducir la altura de arista ($z_n = z_n/2$)

Diám. de fresa (D_C), mm	50/80
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	100/150
Máx. (a_e), mm	1.5 – 2.0
Recomendación (a_e)	0.2 – 0.5
Intervalo de avance, (f_z), mm/diente	0.13 – 0.15
Acabado superficial, (R_a)	0.6 – 1.2
Material	

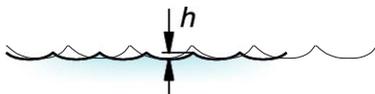
Geometrías de plaquita

ISO	L	
	18 lateral	19 extremo
P	-PL	-PL2
M	-ML	-ML2
K	-PL	-PL2
N	-AL	-2
S	-ML	-ML2
H	-ML	-ML2



Calidad superficial con fresas de filo largo y plaquita intercambiable

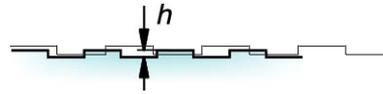
Fresas para acabado Sandvik Coromant



No se generan escalones ni aristas perceptibles al repetir las pasadas, siempre que no se supere el valor recomendado de avance y máx. a_e .

Altura máxima de arista: 0,03-0,04 mm.

Fresa convencional



Aplicaciones



Recanteado / contorneado
D 50



Fresado en escuadra profundo
D 48



Mecanizado en rampa circular
D 105

CoroMill® 790

Fresa básica para escuadrar materiales no férreos



- Genera escuadras rectas con desajuste mínimo y aristas muy bajas cuando se repiten las pasadas
- Mecanizado en rampa eficaz para desbaste y semi-acabado
- Herramienta “eficaz en potencia”, capaz de alta velocidad de arranque de viruta por kW
- Seguridad frente a altas fuerzas radiales generadas a velocidad excesiva
- Localización precisa y segura de los filos que elimina el efecto de las tolerancias de la plaquita y la consiguiente desviación
- Ubicación de plaquita abierta para salida de viruta sin contratiempos y mecanizado pesado
- Alta capacidad de mecanizado en rampa

	Acoplamiento Coromant Capto®		HSK tipo A/C		Cilíndrico	Eje	
							
Diám. de fresa (D_c), mm	25 – 54	40 – 100	25 – 50	50	25 – 40	50	
Tamaño de plaquita	-16	-22	-16	-22	-16	-16	
Profundidad de corte máx. (a_p), mm							
• Desbaste	12/15	18	12/15	18	12/15	12/15	
• Acabado (2/3 de desbaste)	8	12	8	12	8	8	
Avance máx. (f_z), mm/diente							
• Desbaste	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	
• Acabado	0.15	0.15	0.15	0.15	–	–	
Acabado superficial radial (R_a)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
Material	Geometrías de plaquita	P	M	K	N	S	H
• Desbaste	 L				-NL		
	M				-NM		
• Acabado	L	-PL	-PL	-PL	-NL	-PL	-PL

Recomendaciones de plaquita

- Plaquetas de 22 mm para velocidades extremas de arranque de viruta y plaquetas de 16 mm para máquinas más pequeñas.
- Calidad de plaquita H13A para aluminio y GC1010/GC1030 para fresar en acabado los demás materiales.

Aplicaciones



Fresado en escuadra
D 44



Fresado de ranuras
D 86



Fresado circular
D 113



Mecanizado en rampa lineal
D 104

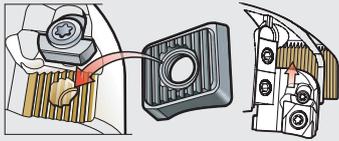
CoroMill® Century

Fresas de planear de corte ligero para acabado a alta velocidad



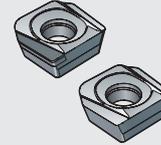
- Cuerpos de aluminio y acero
- Sencillo ajuste micro y macro para conseguir superficies de alta precisión
- Evacuación de la viruta intensificada mediante caudal de fluido

Plaquita y acoplamiento de cartucho estriados



- Rendimiento seguro
- Reducción de desviación y efecto de tolerancia

Opciones de plaquita Wiper para:



- Planeado
- Tornofresado

	Acoplamiento Coromant Capto® Cuerpo de acero		HSK Cuerpo de acero	Eje Cuerpo de aluminio	Diseño de cartucho Eje	
					Cuerpo de acero	Cuerpo de aluminio
						
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 125	40 – 80		50 – 200	160 – 500	
Profundidad de corte máx. (a_p), mm						
• Metal duro	2 / 10			2 / 10	2 / 10	
• PCD	2 / 5			2 / 5	2 / 5	
• CB	1.2			1.2	1.2	
Material						
• Primera elección						
• Complementarias						
Ajuste de precisión, mm						
• Micro	0.1			0.1	0.1	
• Macro	–			–	1.0	
Acabado superficial (R_a)	< 1			< 1	< 1	

Aplicaciones



Planeado general
D 57



Fresado en escuadra
D 44

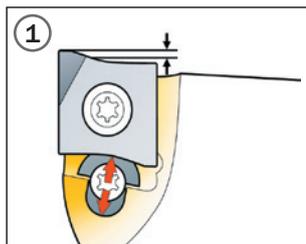
*) W = Wiper

TW = Wiper para tornofresado

Geometrías de plaquita

ISO	L	W *)	TW *)
	-PL	-PW	-PTW
	-PL		
	-KL	-KW	-KTW
	-NL	-NW	
	-PL		
	-KL (CBN)	-KW (CBN)	

Montaje y ajuste de las plaquitas



1 Todas las fresas; intervalo de ajuste micro 0.1 mm.

Versiones de cartucho: intervalo de ajuste macro 1.0 mm.

La posición axial de las plaquitas se puede microajustar en ambos tipos de fresa con gran precisión.

En las versiones de cartucho, también se puede realizar macroajuste.

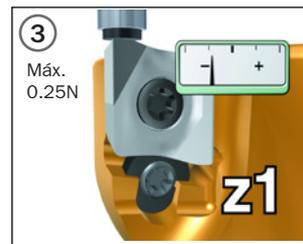


2 Equipo de medición.

Nota: todos los procesos de medición donde los fillos de la plaquita se encuentran en contacto directo con la punta de un indicador comportan un riesgo inherente de daño de la plaquita.

Se recomienda utilizar ajuste óptico con proyección del filo.

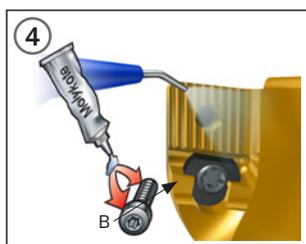
Nota: siempre se debe proteger la fresa CoroMill Century con las plaquitas montadas mediante la cubierta (C) si no se está utilizando.



3 Preste atención.

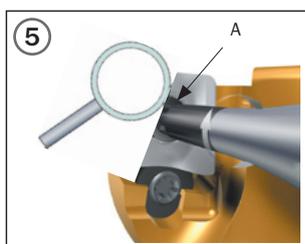
Los fillos de plaquita para mecanizar aluminio son muy agudos y frágiles. Los fillos de diamante policristalino PCD son especialmente sensibles al manejo incorrecto.

La presión de contacto máxima aceptable entre el punto de contacto y el filo es de 0.25 Nm como máximo. Esta es la calidad que ofrecen los equipos de medida lineales cualificados.



4 Lubrique los tornillos de la plaquita (A) con Molykote.

Asegúrese de que las estrías del asiento de la plaquita no presentan suciedad ni daños. Conserve las estrías secas.

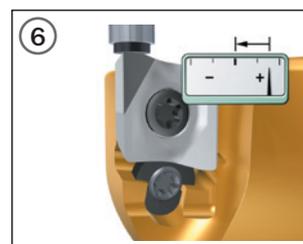


5 Monte las plaquitas.

Asegúrese de que se ha seleccionado la geometría de ángulo correcta. Apriete el tornillo de la plaquita según el par recomendado, consulte el catálogo principal.

Utilice el equipo de medida para verificar la posición de la faceta paralela de cada plaquita.

Nota: Utilice siempre tornillos nuevos cuando cambie las plaquitas PCD.

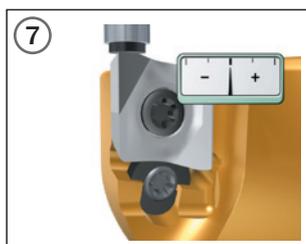


6 Determine la plaquita más elevada.

Eleve la posición de esta plaquita unas cinco micras, girando con cuidado el tornillo de ajuste (B) en el sentido de las agujas del reloj.

La faceta paralela de las plaquitas Wiper se debe ajustar a un nivel de 0.05 mm por debajo de la posición de cero de las plaquitas convencionales.

La faceta paralela de las plaquitas Wiper se debe ajustar a un nivel de 0.03 - 0.05 mm por debajo de la posición de cero de las plaquitas convencionales.



7 Ponga a cero el indicador en este nivel.

Ajuste la posición de las demás plaquitas según este nivel de cero de la misma manera que se ha indicado.

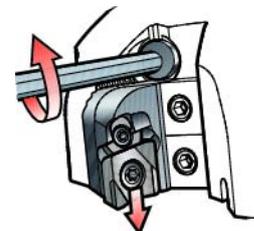
Nota: Si se supera la posición cero, vuelva a un nivel de unas cinco micras por debajo del cero y repita el ajuste.

Versión de cartucho de la fresa de planear CoroMill® Century

Es posible realizar el macroajuste de cartuchos junto con el microajuste de las plaquitas. En general, sigue el procedimiento indicado anteriormente.

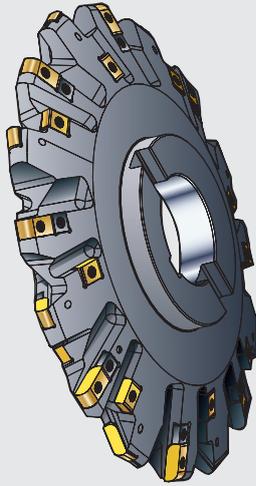


Aflove los tornillos de la cuña y ajuste la altura del cartucho.



CoroMill® 170

Fresado de engranajes en desbaste con precisión



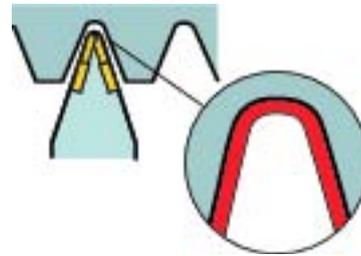
- Fresa de alto rendimiento para engranajes de gran tenacidad
- Precisión y fiabilidad para el desbaste de engranajes tanto interiores como exteriores
- Productividad en calidades de alto rendimiento
- Desbaste del perfil próximo al perfil de la rueda de engranajes final
- Corte raíz limpio, sin desviaciones

Gama

La gama estándar incluye:

Plaquitas

- Calidades GC1030 y GC4240
- Dos geometrías de plaquita
- 6 plaquitas raíz
- 1 plaquita para flanco
- 1 placa de apoyo

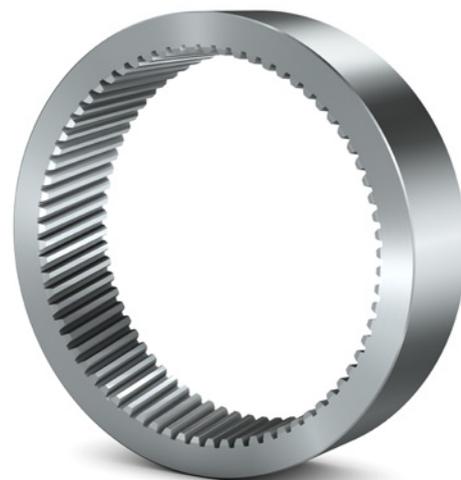


Fresas

- Gama para el rango de módulos 12-22

Productos rediseñados para disponer de más:

- Diámetros
- Tamaños y geometrías de plaquita
- Perfiles de engranajes
- Módulos



Aplicaciones

- Rango de módulos 12 – 22
- Desbaste de engranajes tanto interiores como exteriores
- Anillos de rotación
- Engranajes de planetario

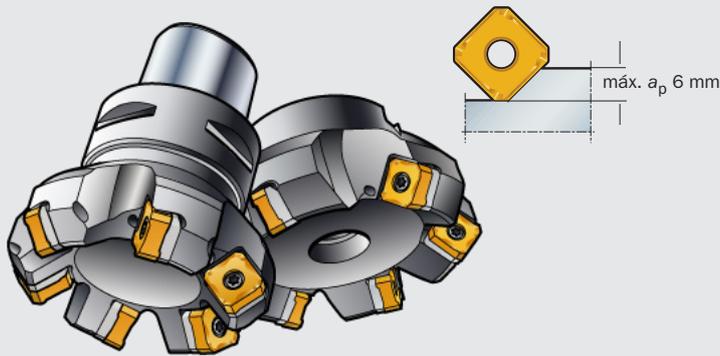
Características técnicas

- Genera perfiles de ruedas de engranajes conforme a la norma DIN 867 y ofrece una tolerancia según DIN 3972-4
- Fijación segura de la plaquita
- Cuerpo de fresa y alojamientos de punta de la plaquita de gran precisión
- Calidades de plaquita de alto rendimiento seleccionadas
- Forma de la fresa diseñada para obtener un perfilado de engranajes de gran tenacidad de la mayor calidad, con una tolerancia reducida e incluso de trabajo



CoroMill® 345

Fresa de planear económica de alto rendimiento para profundidad de corte pequeña y media en materiales ISO P, M y K



- Plaquetas económicas de dos caras con ocho filos positivos
- Plaqueta Wiper con dos filo a derecha y dos a izquierda de 5 mm
- La geometría progresiva del filo consigue una acción de corte ligera y suave a poca profundidad de corte, y resistencia tenaz a mayor profundidad de corte
- Fresas más pequeñas con refrigerante en cada alojamiento de plaqueta
- Cuatro pasos de fresa como estándar
- Para uso óptimo en fresadoras pequeñas, de poca potencia, y también en centros de mecanizado y máquinas multi-tarea pequeñas y grandes

	Acoplamiento Coromant capto®	Eje	Cilíndrico
Diám. de fresa (D_c), mm	40 – 100	40 – 250	40 – 50
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	6	6	6
Material			

Nota: CoroMill 365 es la primera elección para fresar fundición en la industria del automóvil.

Geometrías de plaqueta

ISO	L	M	H	Wiper
P	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	-W
M	E-PL			
K	M-KL	M-KM	M-KH	-W
N				
S	E-PL			
H	E-PL, M-PL	M-PM		

Aplicaciones



Planeado general
D 57



Achaflanado
D 126



Fresado con voladizos largos
D 30

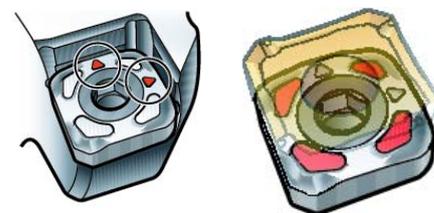


Fresado intermitente
D 58

Plaquita y placa de apoyo de alta seguridad para planeado homogéneo

Geometría de plaquita diseñada para utilización segura de ocho filos.

- Si la profundidad de corte es grande, el martillado de las virutas suele dañar el siguiente filo de la plaquita.
La geometría de plaquita de CoroMill 345 está protegida frente a este daño y permite utilizar completamente más filos.



Placa de apoyo diseñada para proteger el asiento de la plaquita y darle apoyo completo

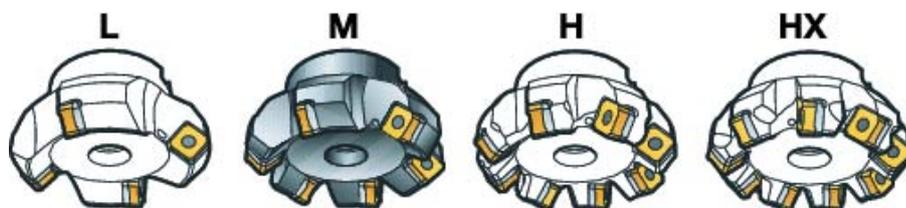
- Garantiza una vida útil más prolongada del cuerpo de la fresa.
- Utilización segura de plaquitas positivas con geometría avanzada.

Instrucciones de montaje:

La placa de apoyo se debe montar con las dos flechas de indicación orientadas hacia los lados del alojamiento de la plaquita.

Paso de fresa

Amplia selección de pasos de fresa que mejora la utilización y la productividad de la máquina.



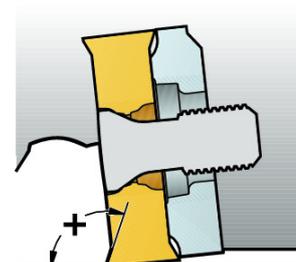
Paso diferencial.

Todas las fresas con paso H están disponibles con paso uniforme. Las fresas de más de 160 mm también están disponibles en una versión con paso diferencial.

Paso uniforme.

Acción de corte positiva

Con una inclinación axial más positiva a profundidad de corte baja, CoroMill 345 ofrece una acción de corte suave con baja presión axial sobre la pieza. A medida que se incrementa la profundidad de corte, el empañe alcanza una zona del filo más vertical, que ofrece a la plaquita una estructura más firme para mejorar la seguridad, especialmente en mecanizado más tenaz.



Suministro de fluido de corte interior

El suministro de refrigerante para cada plaquita consigue el mejor rendimiento durante el mecanizado de materiales exigentes:

- Buena evacuación de viruta
- Proceso de fresado seguro
- Rendimiento homogéneo
- Buen acabado superficial.

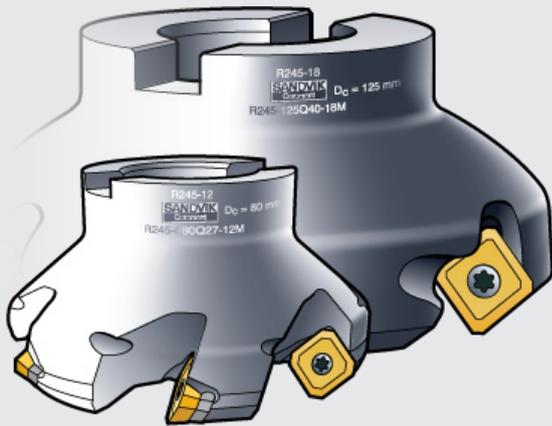
Nota: los tornillos para refrigerante interior se deben pedir por separado.



CoroMill® 245

Fresas de planear con corte ligero en desbaste pesado y acabado espejo

– Desbaste, semiacabado y acabado



	Eje	Cilíndrico
Tamaño de plaquita (iC), mm	Diám. de fresa (D _c), mm	
12	50 – 250	32 – 80
18	80 – 250	
Profundidad de corte máx. (a _p), mm	6 / 10	6
Material		

*) La gama de calidades incluye plaquetas de cerámica y CBN.

Geometrías de plaquita

ISO	L	M	H	Wiper	Plaquetas de cerámica	Plaquetas CBN	Plaquetas PCD
P	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH	E-W			
M	E-ML	K-MM, M-MM		E-W			
K	E-KL, M-KL	M-KM	M-KH	E-W	-E	-E	
N	E-AL			E-W			-E
S	E-ML, E-PL, M-PL	M-PM, K-MM, M-KM		E-W			
H	E-PL, M-PL	M-PM	M-PH, M-KH	E-W	-E	-E	

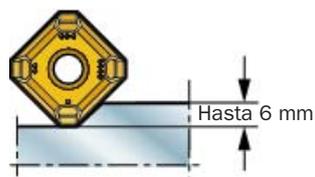
CoroMill® 245-12

Primera elección en ISO N para fresas de planear de 45°.

Complemento en ISO P, M y K

Primera elección para planear con plaquitas de cerámica.

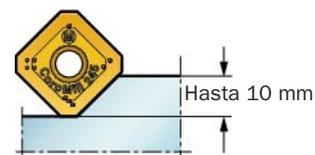
Primera elección con materiales avanzados (PCD y CBN) para conceptos de 45°.

**CoroMill® 245-18**

Primera elección en todas las áreas ISO para gran profundidad de corte (> 6 mm) en fresas de planear de 45°.

Se adapta a máquinas más grandes.

Solución en cartucho disponible.

**Plaquitas Wiper para todas las versiones de CoroMill® 245**

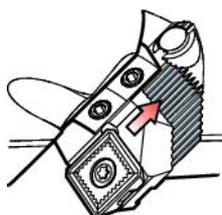
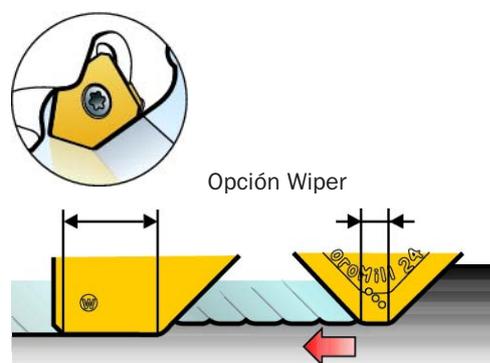
Fresas de planear con alojamiento fijo:

Opciones de plaquita Wiper de 12 y 18 mm para combinar con plaquitas rectificadas de precisión para operaciones de torneado y torno-fresado, y acabado espejo.

Fresas de planear ajustables con cartucho intercambiable:

Facilidad de ajuste con 1.0 mm de intervalo que permite utilizar plaquitas Wiper de 18 mm junto con plaquitas económicas de prensado directo.

Para el ajuste, siga el mismo procedimiento descrito para la fresa de planear CoroMill Century, consulte la página D 145.



Ajuste dentro de 1,0 mm

CoroMill® 245, fresa de planear con cartucho intercambiable

- Diám. de fresa 160-500 mm para tamaño de plaquita – 18.
- Máximo a_p 10 mm.

Aplicaciones

Planeado general
D 57



Achaflanado
D 126



Mecanizado con grandes voladizos
D 30



Desde planeado hasta acabado espejo
D 65



Mecanizado intermitente y operaciones especialmente exigentes
D 58

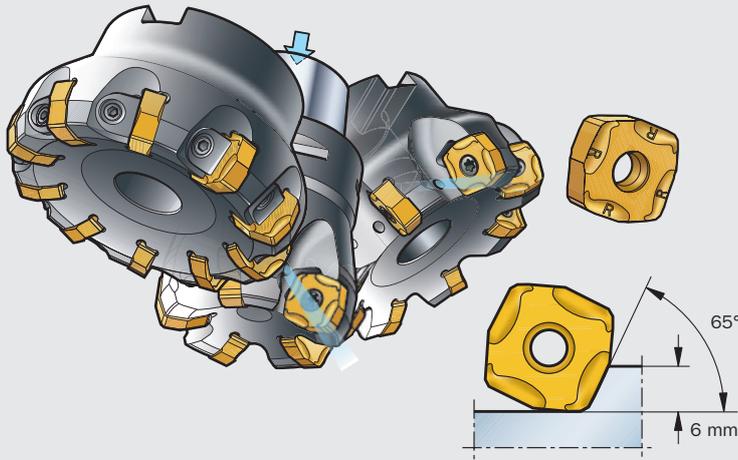


Tornofresado
D 80

Encontrará sugerencias de aplicación de planeado en la página D 58.

CoroMill® 365

Rentabilidad de coste en fresado de fundición y acero



- Plaquetas de varios filos para producción económica
- Proceso de fresado fiable y homogéneo con plaquetas gruesas y robustas, pero de corte ligero
- Plaqueta Wiper como alternativa optimizada para fresas más pequeñas y más grandes
- Sujeción de las plaquetas por tornillo o cuña
- Para desbaste y semiacabado tanto en producción de series grandes como en aplicaciones donde resulte crítico que la velocidad de arranque de viruta sea alta

	Acoplamiento Coromant Capto®	Eje	Eje	Eje
Diám. de fresa (D _c), mm	40 – 60	50 – 160	80 – 250	250 - 500 *)
Profundidad de corte máx. (a _p), mm	6	6	6	6
Sujeción	Tornillo	Tornillo/cuña	Tornillo/cuña	Cuña
Material	P K H	P K H	P K H	P K H

*) Eje 315 - 500
Diseño Cap 250 - 500
Eje CIS 160 - 500

Geometrías de plaqueta

ISO	L	M	W *)
P	-PL	-PM	-PW4, -PW8
K	-KL	-KM	-KW4, -KW8
H	-PL	-PM	

*) W = Wiper

Aplicaciones



Planeado
D 57



Mecanizado intermitente y operaciones especialmente exigentes
D 58

Plaquitas para fresar

Plaquitas económicas con ocho filos reales.

Disponibles con diseño a derecha o izquierda.



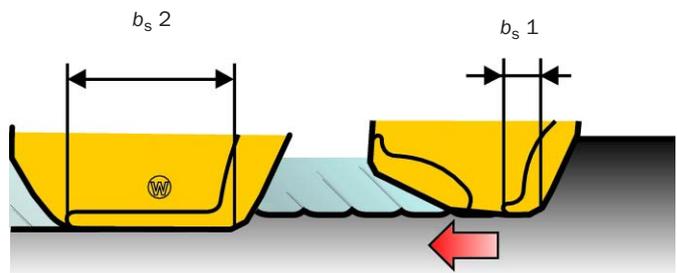
Tecnología Wiper que mejora la calidad superficial

Hay dos plaquitas Wiper opcionales en diseño neutro disponibles para acabado.

- Plaquitas con 4 mm de longitud Wiper, dos filos a derecha y dos a izquierda.
- Plaquitas con 8 mm de longitud Wiper, un filo a derecha y otro a izquierda.



Para generar una buena superficie, es importante garantizar que el avance por vuelta ($f_n = f_z \times z_n$) sea inferior al 80% de la longitud Wiper (b_s 2). Naturalmente, cuanto mayor sea el diámetro de la fresa, mayor será el valor de f_n , que requiere a su vez mayor b_s .



Dos opciones para la misma fresa de planear que ofrecen rendimiento óptimo en fresado de fundición o acero

Plaquitas de sujeción por cuña

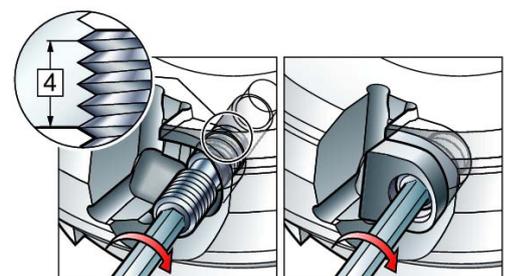
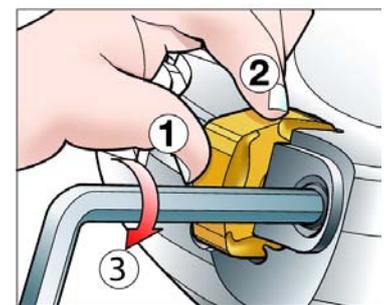
- Fresas de mayor diámetro con paso normal para aumentar la densidad de plaquitas.
- Versión Cap de la fresa en diámetro 250-500 mm, pedir presupuesto.
- Para fresar materiales de viruta corta con menor necesidad de espacio para viruta.
- Sujeción extrarrígida para las plaquitas.

Plaquitas de sujeción por tornillo

- Fresas de menor diámetro.
- Inicialmente para fresar materiales ISO P.

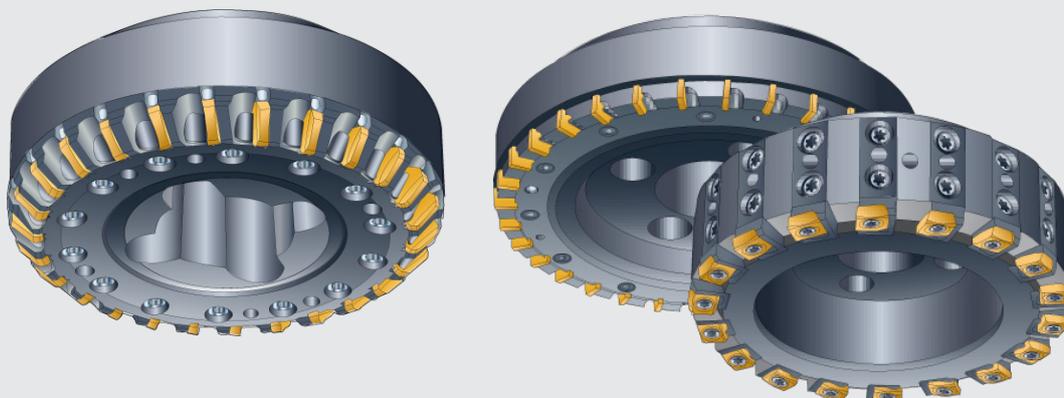
Montaje de la plaquita

- Limpie cuidadosamente el asiento de la plaquita, antes de empezar.
- Coloque primero el pulgar (1) y después el índice (2) sobre la plaquita y empújela dentro del asiento.
- Verifique el contacto contra los tres puntos de apoyo en el asiento.
- Apriete el tornillo (3) con un par de 6 Nm.
- Rosque el tornillo (4) en el cuerpo de la fresa cuatro vueltas con la llave Allen.
- Coloque la cuña sobre el tornillo y rosque hasta que ésta quede al nivel del cuerpo de la fresa.
- En principio, se utiliza el mismo procedimiento para las plaquitas de sujeción por tornillo.



Sandvik AUTO

Fresas para desbaste y acabado



	Auto desbaste	Auto-AF	Auto-FS
			
Ángulo de posición (K_r), mm	45°	75°	90°
Desprendimiento	Negativa	Positiva	Negativa
Diám. de fresa (D_c), mm	125 – 500	80 – 500	125 – 500
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	6.0	1.0	8.1
Material			

Auto desbaste

- Fresas para de planeado con paso reducido diseñadas principalmente para desbaste y semiacabado de piezas de fundición.

Auto-AF

- Fresa de planeado ajustable para acabado de piezas de fundición, con exigencia de acabado superficial de alta calidad.
- Ajuste sencillo de alta precisión, ± 0.002 mm.

Auto-FS

- Fresa de planeado con alojamiento fijo diseñada para aplicaciones de escuadras en fundición, con exigencia de buen acabado superficial con alto avance.

Aplicaciones

Auto desbaste



Planeado en desbaste
D 57



Corte intermitente
D 58

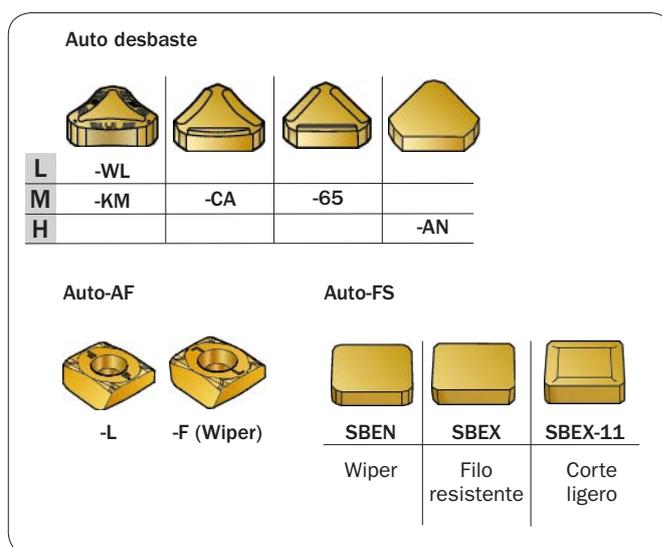
Auto-AF/-FS



Planeado en acabado
D 64

Información general sobre las plaquitas Auto

- El gran número de plaquitas admite alto avance de mesa, que permite un mecanizado muy bueno y económico.
- Las plaquitas triangulares de Auto para desbaste están disponibles en varias geometrías, optimizadas para distintas operaciones.
- Todas las plaquitas tienen dos caras, con seis filos a derecha y seis a izquierda para ofrecer excelente economía en el mecanizado.
- Si desea más información acerca de las plaquitas Auto, consulte el catálogo principal.



Espaciadores para ajustar la inclinación del husillo

La faceta paralela de la plaquita se puede ajustar según la inclinación del husillo.

Los espaciadores en el cuerpo de apoyo para ajustar según inclinación del husillo 0.1:1000 se muestran a continuación:

Diám. de fresa (D_c)	Espaciador (mm)
250	0.02
315	0.05
355	0.05
400	0.02 y 0.05
500	0.02 y 0.05

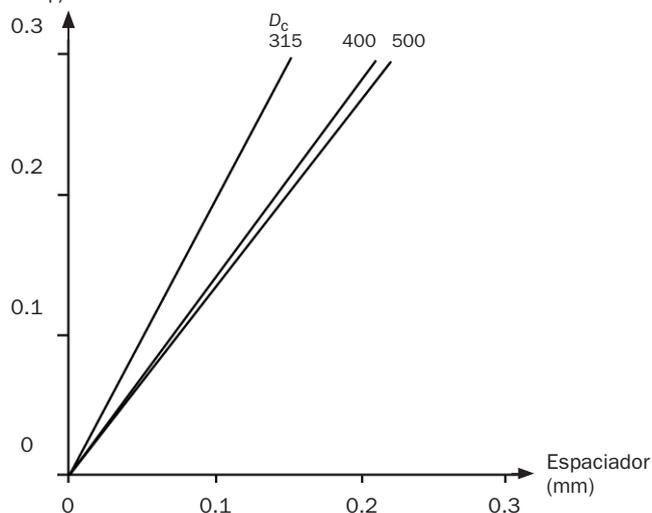
Nota: si necesita ajustar otras inclinaciones del husillo, póngase en contacto con su representante local de Sandvik Coromant.

Inclinación del husillo/espesor del espaciador

Inclinación del husillo

0.1:1000 mm

o 1 μ /10 mm



Dimensiones del espaciador para las distintas inclinaciones del husillo

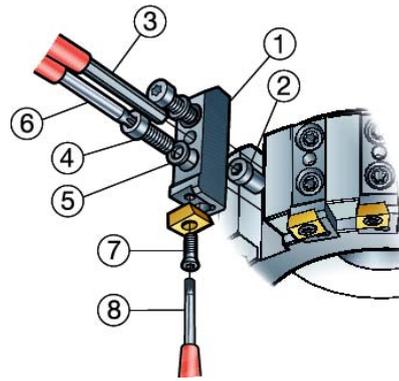
Nota: si fuera necesario cambiar el manguito centrador o el anillo de fijación de espaciadores, o rectificar la superficie de apoyo, ajuste la dimensión 44 ± 0.01 mm con espaciadores.



Montaje y ajuste

Requisitos:

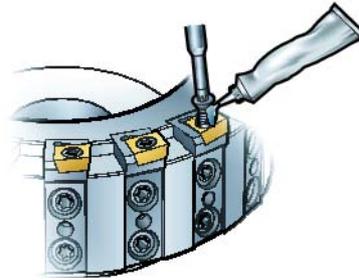
- Marmol de diabasa
- Micro-indicador
- Llave 265.2-821
- Llave 5680 048-07 (30IP)
- Llave dinamométrica
- Apriete los tornillos del cartucho aprox. 2 Nm.



1. Cartucho
2. Pasador excéntrico
3. Llave (ajuste del pasador excéntrico)
4. Tornillo del cartucho
5. Arandela del cartucho
6. Llave del cartucho
7. Tornillo de la plaquita
8. Llave del tornillo de la plaquita

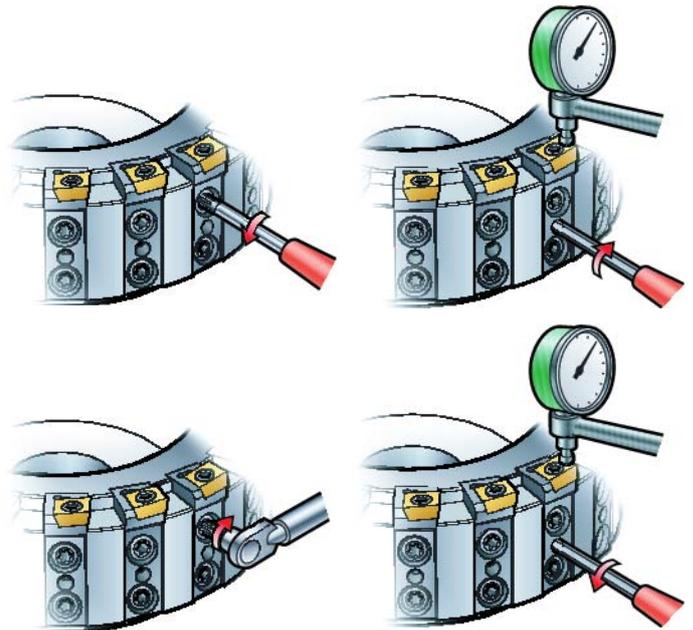
Montaje

1. Aplique Molykote en la cabeza y la rosca del tornillo de la plaquita.
2. Limpie cuidadosamente el asiento de la plaquita, antes de empezar.
3. Verifique el contacto contra los tres puntos de apoyo en el asiento.
4. Apriete el tornillo de la plaquita según el par recomendado, consulte el catálogo principal.



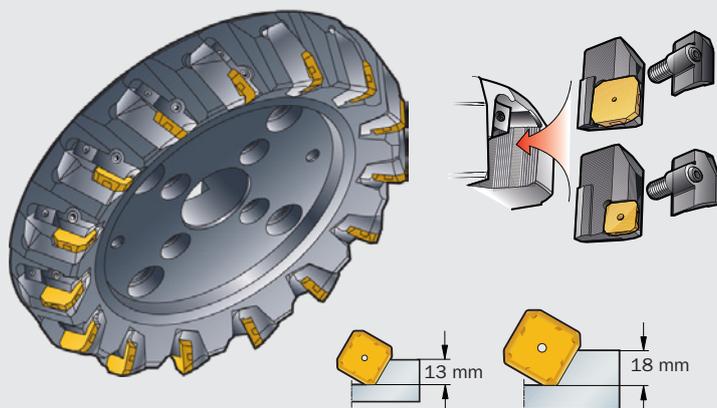
Regulación de la herramienta

1. Coloque la fresa en la placa plana de la diabasa.
2. Coloque el punto más alto del borde de la plaquita frente al punto de contacto plano en el microindicador.
3. Gire el pasador excéntrico y mueva el cartucho junto con la plaquita hasta el punto cero en el indicador.
4. Apriete los tornillos del cartucho según el par recomendado, consulte el catálogo principal.
5. Afloje el pasador excéntrico para ajustar la altura de la plaquita y evitar el riesgo de excentricidad axial.



CoroMill® 360

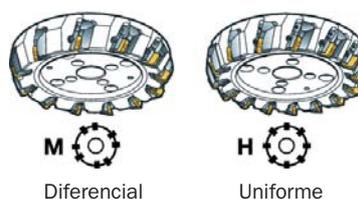
Fresa de planeado pesado de alta productividad en condiciones exigentes



- Alto régimen de arranque de viruta
- Velocidad de avance 0,4-0,7 mm por diente
- Fresado con una pasada de superficies largas e irregulares con cascarilla abrasiva o interrupciones
- Cartuchos independientes para cada tamaño de plaquita con el mismo cuerpo de fresa que reducen el inventario
- Cartuchos de plaquetas intercambiables, con acoplamiento estriado, permiten colocación precisa y segura, y facilidad de manejo
- La regulación de plaquetas y el cambio de cartuchos en la máquina reduce los tiempos muertos

Diám. de fresa (D_c), mm	160 – 500
Tamaño de plaquita (iC), mm	Profundidad de corte máx. (a_p), mm
19	13
28	18
Material	P M K S

Pasos de fresa



Geometrías de plaquita

ISO	H
P	-PH
M	-MH
K	-KH
N	
S	-MH
H	



Aplicaciones



Planeado
D 57



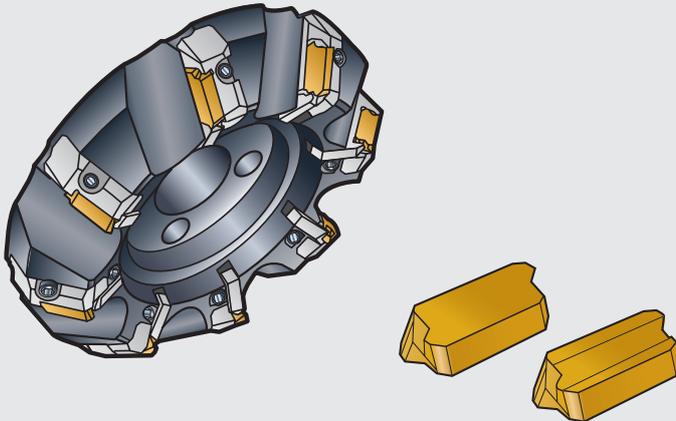
Mecanizado intermitente y operaciones especialmente exigentes
D 58



Planeado pesado
D 62

T-Max® 45

Alto régimen de arranque de viruta en fresadoras potentes

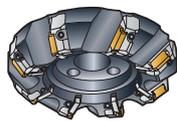


– Plaquetas robustas y con ángulo de posición de 45° que permiten mecanizar en condiciones exigentes y con grandes voladizos

– Faceta paralela de 2 mm y filos secundarios que ofrecen facilidad de corte hacia atrás eficaz

– Ajustable axialmente 5 µm

– Plaquetas Wiper para mecanizado en acabado



Diám. de fresa (D_c)	100 – 400						
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	12						
Material	<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>M</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>S</td> <td>H</td> </tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K					
N	S	H					

Geometrías de plaqueta

ISO	M	H	W *)
P	-31, -32	-11	-1W
M	-31, -32	-11	-1W
K	-31, -32	-11	-1W
N		-11	
S	-32	-11	
H	-31, -32	-11	-1W

*) W = Wiper

Montaje y ajuste

Debe estar disponible el equipo siguiente para facilitar el trabajo.

Equipo que se debe pedir por separado a Sandvik Coromant:

1. Llave para desmontar la arandela de bayoneta (260.7-857)
2. Llave para volver a bloquear la placa de apoyo (260.7-855)
3. Llave hexagonal (174-815)
4. Palanca de regulación (260.7-856M)

Equipo que se debe pedir a Sandvik Coromant:

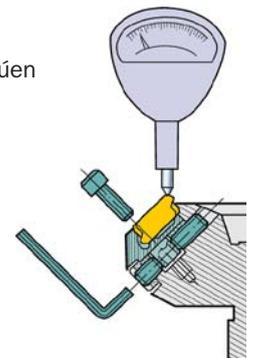
1. Indicador de cuadrante con mármol
2. Punta de inspección (calibre)
3. Llave dinamométrica
4. Molycote
5. Limpiador

Equipo suministrado con T-Max 45:

1. Llave T (265.2-821)
2. Palanca de regulación

Ajuste axial

La fresa es ajustable axialmente en 5 µm. El ajuste axial se puede realizar mediante dos tornillos que actúen contra el tope situado en la parte posterior de la placa de apoyo. En el caso de estar dañada, la placa de apoyo se puede cambiar normalmente sin que ello influya en el ajuste axial.



Aplicaciones



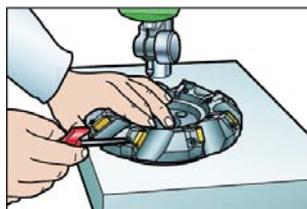
Planeado general
D 57



Mecanizado discontinuo.
D 58

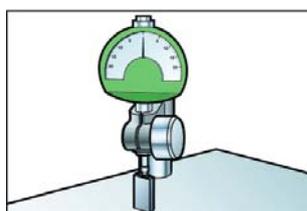
Desmontaje

1. Para desmontar las plaquitas, utilice la palanca de regulación.
2. Afloje los tornillos de ajuste dos vueltas, utilice la llave T.
3. Retire los tornillos de retención, utilice la llave T.
4. Dé la vuelta a la fresa y afloje las tuercas de bloqueo.
5. Afloje el tornillo de apoyo dos vueltas, utilice la llave para volver a bloquear la placa de apoyo.
6. Dé la vuelta a la fresa, presione el mecanismo de sujeción y retire la placa de apoyo.



Montaje

1. Ajuste el indicador de posición (con ayuda de un sistema de control o de bloques de calibre) a 62.98 mm.
2. Presione el mecanismo de sujeción y monte la placa de apoyo en su asiento.
3. Bloquee los tornillos de retención con unos 9 Nm, utilice la llave T. Verifique que la placa de apoyo esté bien colocada en su asiento.
4. Monte la plaquita maestra.
5. Preajuste la placa de apoyo y la plaquita maestra a 10 µm utilizando el tornillo.
6. Afloje la presión de sujeción de la plaquita y presione con firmeza para colocarla. Continúe el preajuste a +20 µm.
7. Realice el ajuste fino de la plaquita maestra utilizando el tornillo a ±2.5 µm, utilice la llave dinamométrica con 9 Nm.
Nota: si no se consigue una tolerancia de 0 ±2.5 µm, el valor inicial se debe incrementar de +20 µm a 25-30 µm. Repita el ajuste fino.
8. Dé la vuelta a la fresa y asegure la tuerca de bloqueo.
Nota: siempre se debe utilizar el mismo filo de la plaquita maestra para el ajuste, porque las facetas paralelas pueden presentar distinta tolerancia.



Encontrará piezas de repuesto y accesorios en el catálogo principal.

Tolerancias

Plaquita: ±13 µm

Placa de apoyo: ±10 µm

Ajuste básico: ±5 µm

Una T-Max 45 nueva, suministrada de almacén, tiene una tolerancia máxima de $5+26 = 31$ µm.

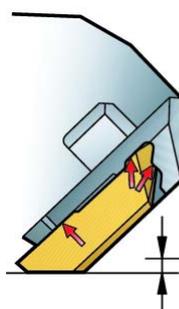
En una fresa, en la que se hayan cambiado una o varias placas de apoyo sin realizar un nuevo ajuste básico, la tolerancia máxima es $5+26+20 = 51$ µm.

Ajuste de la plaquita

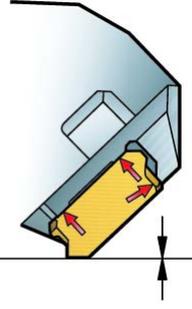
Las plaquitas están diseñadas específicamente para cada tipo de asiento.

Nota: no se deben montar plaquitas LNCX en asientos Wiper.

Wiper en asiento correcto

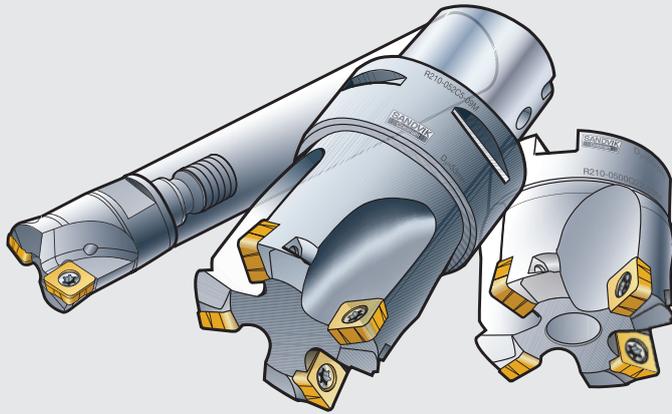


LNCX en asiento correcto



CoroMill® 210

Una fresa de desbaste con capacidad para fresar con alto avance



- La mayor parte de las fuerzas de corte están dirigidas hacia el husillo, logrando una acción de corte estable prácticamente sin vibraciones ni fuerzas de flexión
- Para solucionar problemas en operaciones en las que se requieren extensiones para las herramientas
- Fresa de alto avance para planear y fresar en "plunge"
- Ángulo de posición de 10° que produce viruta fina, admite un avance por plaquita de hasta 4 mm por diente, en operaciones tangenciales
- Espesor constante de la viruta durante las operaciones en "plunge", que reduce el riesgo de vibración respecto a las plaquitas de diseño de radio

	Acoplamiento Coromant Capto®		Eje		Cilíndrico	MSSC
Diám. de fresa (D_3), mm	36 – 66	52 – 86	50 – 63	63 – 160	25 – 42	25 – 42
Tamaño de plaquita, mm	9	14	5	14	9	9
a_e / a_p (mm)	8/1.2	13/2	8/1.2	13/2	8/1.2	8/1.2
Material						

Geometrías de plaquita

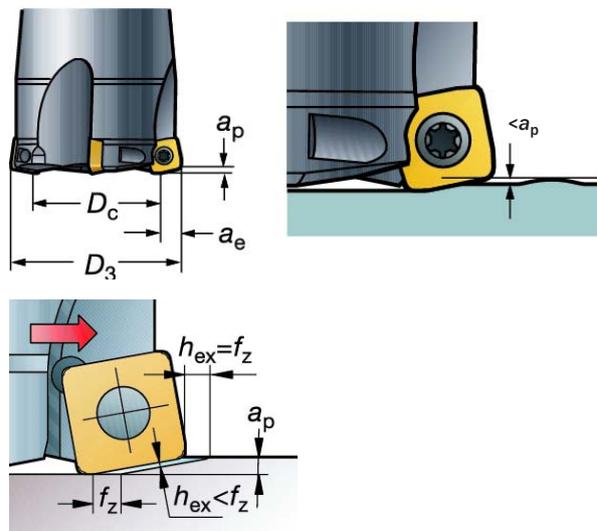
ISO	M
	M-PM, E-PM
	M-MM, E-MM
	M-KM, E-KM
	E-MM, M-MM, E-KM
	M-PM, E-PM

Recomendaciones sobre la máquina-herramienta

- Máquinas de cono 50, tamaño correspondiente y más grandes.
- Máquinas de cono 40, con baja velocidad del husillo, rpm y con rodamientos no cerámicos.

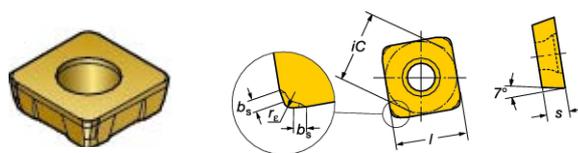
Métodos para evitar irregularidades, interrupciones durante el planeado

- Si a_e supera D_c , se creará una superficie con irregularidades.
- El valor máximo de a_p se supera con facilidad al fresar sobre irregularidades; debe evitarse.
- No se debe superar el valor máximo de a_p .
- Si se mecaniza sobre irregularidades, se debe reducir la velocidad de avance, si es posible, un 50%.
- Sólo se conseguirá una superficie plana si a_e es menor o igual que D_c .



Fresado de una superficie plana con varias pasadas

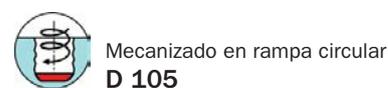
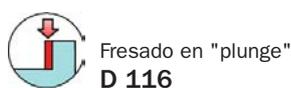
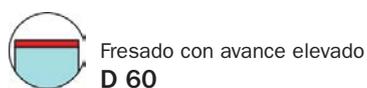
Diámetro de la fresa (D_3), mm	Diámetro de la fresa (D_e), para fresar una superficie plana	
	iC 09 (D_c), mm	iC 14 (D_c), mm
25	10.9	-
32	17.9	-
36	21.9	-
42	27.9	-
50	35.9	-
52	37.9	28
63	48.9	39
66	51.9	42
80	65.9	56
82	67.9	58
100	-	76



Dimensiones, mm

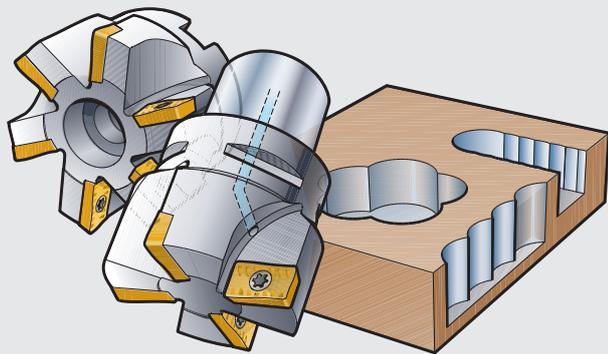
$l = iC$	s	r_e	a_p	a_e	b_s
9.4	4.0	1.2	1.2	8	1.0
14.5	4.76	1.2	2.0	13	1.0

Aplicaciones



Fresa Coromant para operaciones en "plunge"

Fresado eficiente en cuanto a potencia con alta velocidad de arranque de viruta



- Complemento de CoroMill 210 para mayor profundidad de corte radial
- Plaquita de alta resistencia, diseñada con filo helicoidal, que permite incrementar la velocidad de arranque con una acción de corte uniforme
- Las fuerzas de corte están dirigidas axialmente hacia el husillo de la máquina, esto impone menos fatiga y tensión al husillo y facilita el trabajo con herramientas con extensiones
- Diseño robusto
- Rendimiento óptimo con máquinas-herramienta ISO 50 o similar

Acoplamiento
Coromant Capto®



Eje



Geometrías de plaquita

ISO	M
P	-PM
M	-PM
K	-PM
N	-PM
S	-PM
H	-PM

Díam. de fresa (D_C), mm	80 – 85	100 – 160												
Máximo (a_e), mm	22	22												
Material	<table border="1"> <tr><td>P</td><td>M</td><td>K</td></tr> <tr><td>N</td><td>S</td><td>H</td></tr> </table>	P	M	K	N	S	H	<table border="1"> <tr><td>P</td><td>M</td><td>K</td></tr> <tr><td>N</td><td>S</td><td>H</td></tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K												
N	S	H												
P	M	K												
N	S	H												

Alta productividad

- Plaquita de alta resistencia, diseñada con filo helicoidal, que permite incrementar la velocidad de arranque.
- Plaquita grande que admite tiempos de ciclo más rápidos con menos pasadas.

Buena evacuación de la viruta

- El diseño de la plaquita y las grandes áreas despejadas permiten excelente evacuación de la viruta.

Bajo consumo de potencia y menos ruido

- La resistencia del cuerpo de la fresa y el filo helicoidal de las plaquitas se traducen en una acción de corte muy uniforme y silenciosa.
- Es posible eliminar más volumen de material sin alta potencia.

Menos tensión en el husillo de la máquina

- Las fuerzas de corte están dirigidas axialmente hacia el husillo de la máquina, esto impone menos fatiga y tensión al husillo.

Máxima estabilidad

- Para conseguir el mejor resultado, seleccione la longitud más corta, l_1 , y el diámetro más grande, D_C , que sea posible.
- Utilice montaje Coromant Capto para que la estabilidad sea óptima.

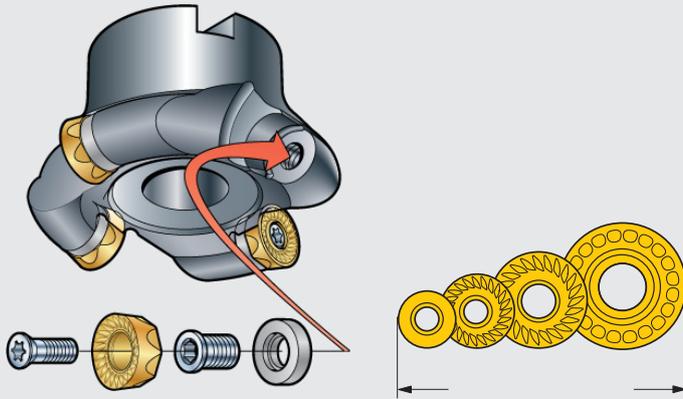
Aplicaciones



Fresado en "plunge"
D 116

CoroMill® 200

Fresa robusta y polivalente para desbaste y condiciones difíciles

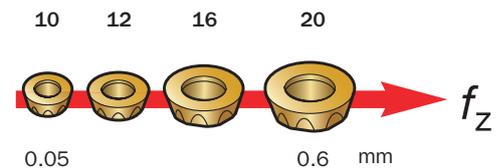


- Filos tenaces, resisten condiciones muy duras con interrupciones (agujeros, vanos, etc.) y/o cascarilla abrasiva (costra)
- Geometría de plaquita para alto régimen de arranque de viruta, alto valor de a_p y de f_z
- Para máquinas más grandes con buena estabilidad y potencia
- Mejor resultado con máquinas ISO 50 (40)
- Requiere rigidez en la preparación y en la sujeción de la pieza

	Cilíndrico	Eje
		
Diám. de fresa (D_3), mm	25 – 50	50 – 160
Tamaño de plaquita (iC), mm	Profundidad de corte máx. (a_p), mm	
10	5	5
12	6	6
16	8	8
20	10	10
Material		

Geometrías de plaquita

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	-MH
K	-KL	-KM	-KH
N	-PN	-PM	
S	-SL	-SM	
H	-HL		



Aplicaciones, CoroMill® 200 y CoroMill® 300



Planeado
D 57



Perfilado
D 68



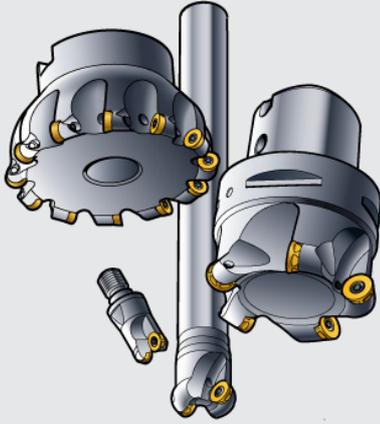
Mecanizado en rampa lineal
D 104



Mecanizado en rampa circular
D 105

CoroMill® 300

CoroMill® 300, fresas de ranurar y de planear versátiles y de corte ligero



Una completa gama de productos de fresas para desbaste y semiacabado con alto avance.

- Potencia eficiente tanto en máquinas estables como en las de potencia baja
- Acción de corte ligera que permite entradas y salidas uniformes, y elimina la vibración con herramientas con extensiones.
- Plaquetas rectificadas de precisión
- Fresas de ranurar y de planear con diseño neutro o positivo, y opciones de fresa toroidal con diseño neutro
- Opción de plaqueta grande, *iC* 20 mm, para desbaste pesado y con la rentabilidad de coste de las ocho posiciones



Tamaño de plaqueta (*iC*), mm

05 07 07 08 10 12 16 20

Fresas de ranurar de diseño neutro/toroidal



Diseño positivo



	*) Diámetro (D_3), mm
Fresas para ranurar	25 – 40
Fresas de planear	35 – 100
-Acoplamiento Coromant Capto	40 – 200
-Eje	40 – 200
Fresas de ranurar neutras MSSC	10 – 42

Diseño positivo para ranurar y planear

- Fresa de ranurar con accesibilidad y acción de corte superiores en todas las direcciones de avance para mecanizado multieje de formas complejas.
- Acción de corte ligera que también admite versiones de fresa positivas con paso reducido y plaquetas pequeñas para incrementar la productividad a velocidad elevada combinada con alto avance de mesa.

Geometrías de plaqueta

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	-MH
K	-KL	-KW	-KH
N	-PL	-PM	
S	-ML	-MM	-MH
H	-PL	-PM	

Aplicaciones

Las mismas que CoroMill 200, consulte la página 163.

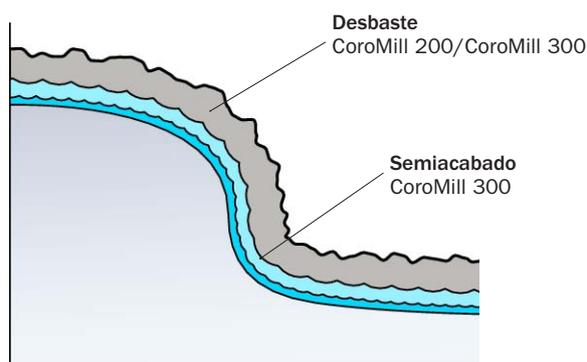
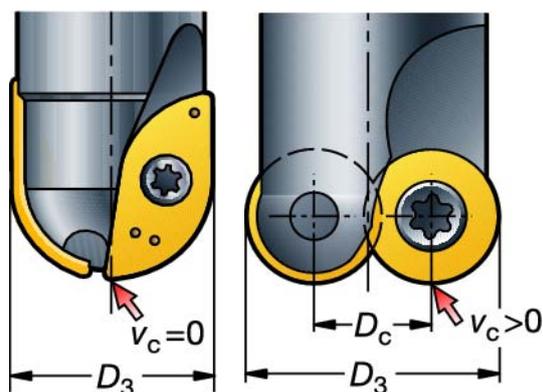
Fresas toroidales con diseño neutro

La fresa toroidal trabaja con dos plaquitas redondas que se colocan de manera que cada plaquita se superpone o casi se superpone en el eje de la fresa.

Este diseño permite eliminar la acción de corte desfavorable que tiene lugar en el centro de las fresas de punta esférica, donde la velocidad de corte se reduce a cero.

La sección operativa de un filo toroidal no queda sometida en ningún punto a una velocidad cero.

Calcule siempre la velocidad de corte real, v_c . Si desea más información, consulte Perfilado, página D 76.

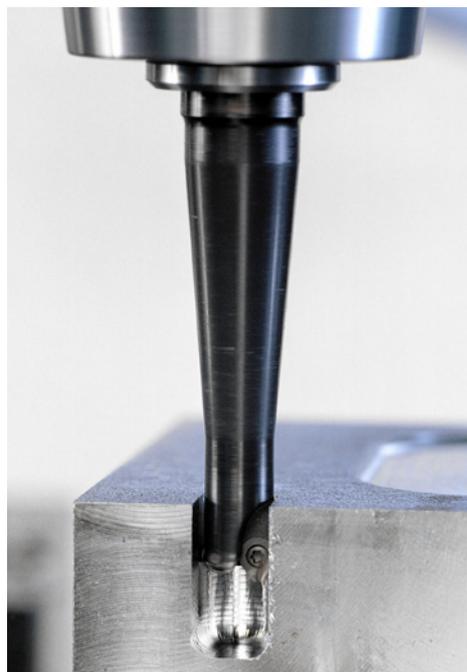


Acción de corte segura y accesibilidad en fresado de cavidades estrechas.

- Fresas de ranurar de pequeño diámetro con todos los tipos de mango.
- Las fresas toroidales pueden mejorar considerablemente la productividad y resultan muy adecuadas para operaciones de desbaste ligero, refresado y semiacabado.
- Buen rendimiento en fresado en "plunge" y mecanizado en rampa.
- Excelente para perfilar, cuando se precisa cantidad de material constante para obtener un buen acabado.
- Reduce el riesgo de vibración cuando se utilizan herramientas más delgadas y con extensiones.

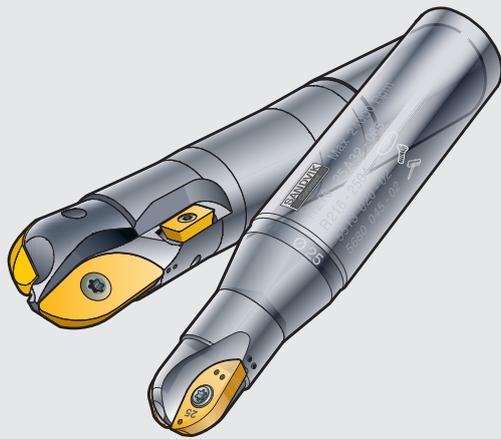
Las fresas toroidales pueden sustituir a las fresas de punta esférica en muchas operaciones, siempre que se den las condiciones perfectas para que el proceso sea productivo y seguro.

- Solución más productiva para fresado de copia en perfiles 3D.
- Mayor capacidad de corte radial, requiere menos pasadas.
- Incremento de economía de la herramienta, hasta seis fillos por plaquita.
- Mayor avance por diente con poca profundidad de corte porque, con forma toroidal, el mecanizado tiene lugar en la periferia.
- Genera mejor calidad superficial.



Fresa de punta esférica CoroMill® 216

Para perfilar en desbaste y semiacabado



M	D_3	+0.07 -0.23
E	D_3	+0.0 -0.20



- Fresa con dos filos para contorneado y copiado general y eficaz
- Profundidad de corte hasta 44 mm
- Avance por diente hasta 0.6 mm

Opciones de plaqueta

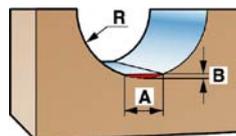
Plaquetas de tolerancia **M** para incrementar la seguridad y mecanizado pesado

Plaquetas de tolerancia **E** con filos agudos para incrementar la precisión necesaria para semiacabado

	Cilíndrico	Weldon	Roscado
Diám. de fresa (D_3), mm	10 – 32	12 – 50	10 – 32
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	8.6 – 28.6	10.8 – 44.6	8.6 – 28.6
Material	P M K N S H	P M K N S H	P M K N S H

Geometrías de plaqueta

ISO	M
P	-M
M	-M
K	-M
N	-M
S	-M
H	-M



Limitaciones

Durante el ranurado, el perfil del fondo generado no presentará un radio perfecto. Este error de forma, que aparece en la zona de corte central de la herramienta, se puede minimizar utilizando plaquetas de tolerancia E.

Tolerancia del filo

-M			-E		
R	A	B	R	A	B
5	-	-	5	0.15	<0.01
6	1.4	0.07	6	0.15	<0.01
8	1.7	0.09	8	0.15	<0.01
10	2.2	0.12	10	0.15	<0.01
12.5	3.0	0.1	12.5	0.15	<0.01
15	3.9	0.20	15	0.15	<0.01
16	3.5	0.22	16	0.15	<0.01
20	3.6	0.24	20	0.15	<0.01
25	3.8	0.26	25	0.15	<0.01

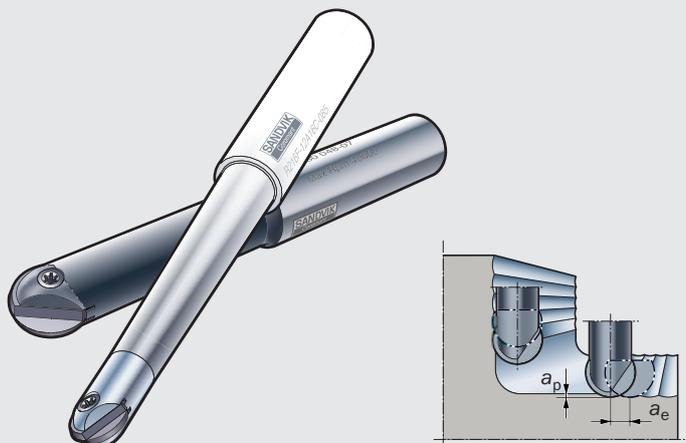
Aplicaciones



A Torneado general
 B Tronzado y ranurado
 C Roscado
 D Fresado
 E Taladrado
 F Mandrinado
 G Portaherramientas/Máquinas
 H Materiales
 I Información general/Índice

Fresa para acabado de punta esférica CoroMill® 216F

Una fresa de perfilado que ofrece excelente acabado superficial y precisión



- Rendimiento similar al de las fresas de ranurar de metal duro
- Versión con mango de acero para perfilado general
- Mango rígido de metal duro para demandas de alta precisión
- Una fresa para conseguir buen acabado
- Plaquita para contorneado de acero templado

Cilíndrico



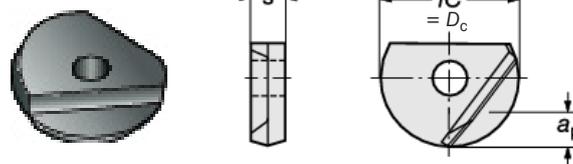
Diám. de fresa (D_c), mm	8 – 32						
Tamaño de plaquita (iC), mm	8 10 12 16 20 25 30 32						
Tolerancia (iC), mm	+ 0/- 0.016						
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	1.2 1.5 1.8 2.4 3.0 3.7 4.5 4.5						
Material	<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>M</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>S</td> <td>H</td> </tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K					
N	S	H					

Geometrías de plaquita

ISO	L
P	-L
M	-L
K	-L
N	-L
S	-L
H	-L

Plaquitas opcionales

Plaquita de geometría R216F-xxx E-L para perfilado en acabado acero, acero inoxidable y fundición nodular o gris, aluminio, Kirksite y grafito.



Nota:

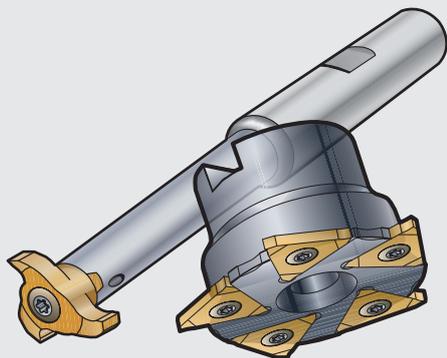
Aplicando unas técnicas de programación precisas, las fresas de acabado pueden, en muchas operaciones, sustituir a las fresas de ranurar de punta esférica convencionales y mejorar notablemente la calidad superficial a un avance mucho mayor.

Aplicaciones



CoroMill® 327 y CoroMill® 328

Herramientas versátiles con varios diámetros y pasos para piezas estacionarias



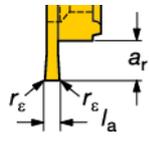
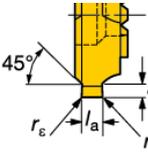
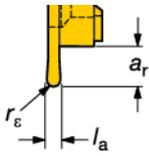
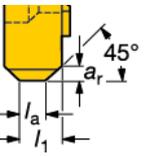
CoroMill® 327

- Ranurado interior, fresado de ranuras y roscado en agujeros de más de 10 mm de diámetro
- Plaquetas de montaje frontal colocadas en ranuras, montaje seguro y estable
- Refrigerante por el interior para mejorar la evacuación de la viruta

CoroMill® 328

- Ranurado exterior, fresado de ranuras y roscado
- Ranurado interior, fresado de ranuras y roscado en agujeros de más de 39 mm de diámetro
- Filos intercambiables, mecanizado eficiente de alta productividad
- Plaquetas montadas en asientos, seguridad y estabilidad

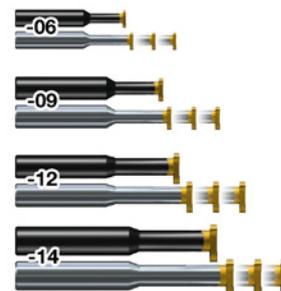
CoroMill® 327

	Ranurado y ranuras circlip *	Ranuras circlip con chaflán *	Ranurado Radio completo	Achaflanado	Roscado
					
Diám. de fresa (D_c)	9.7 – 27.7	21.7	11.7 – 21.7	11.7 / 21.7	11.7 – 21.7
Profundidad de corte máx. (a_r), mm	6.5	2.0	4.5	1.7	2.5
Anchura de corte máx. (l_a), mm	0.7 – 5.15	1.1 – 4.15	1.0 – 4.0	1.2 / 2.0	
Radio (r_c)	0, 0.1, 0.2	0.1, 0.2	0.5 – 2.0	Sin radio	
Filos (z_n)	3, 6	3	3	3	3, 6
Material					
Perfil					Paso 1 – 4.5 Perfil en V 60° (perfil parcial) Métrica 60° (perfil completo) Whitworth 55° (perfil completo)

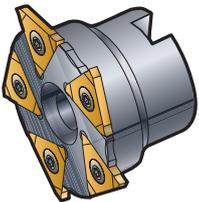
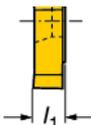
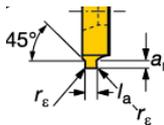
Mangos de acero o de metal duro

CoroMill 327 se utiliza con mangos de acero o de metal duro, disponibles en cuatro diámetros y en voladizo de 74 a 160 mm. Utilice:

- Mangos de acero para mecanizado general cuando las condiciones de fresado sean buenas.
- Mangos de metal duro para conseguir menor desviación y que admita voladizo más grande y mecanizado más tenaz con poca vibración.



CoroMill® 328

	Ranuras circlip *	Ranuras circlip con chaflán *	Roscado
			
Diám. de fresa (D_c)	39 – 80	39 – 80	39 – 80
Profundidad de corte máx. (a_r), mm	3.0 – 5.0	3.0	3.2
Anchura de corte máx. (l_a), mm	1.3 – 5.15	1.1 – 5.15	
Radio (r_c)	0.1, 0.15	0.1, 0.15	Sin radio
Filos (z_n)	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8	2, 3, 5, 8
Material			
Perfil			Paso 1.5 – 6 Perfil en V 60°

*) Para CoroMill 327 y CoroMill 328, anchuras y tolerancias según DIN 471/472.

Compensación de radio

Si se programa la herramienta con avance en el centro, es posible que el de la periferia resulte demasiado alto.

Debe programar con compensación de radio para garantizar que el avance sea correcto.

Si desea más información acerca de la programación para roscar, consulte Fresado de ranuras, página D 98.

Mantenimiento de la herramienta, CoroMill® 327

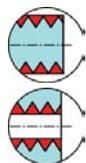
Limpie el asiento de la punta antes del uso para que el apoyo de la plaquita sea máximo.

Con los portaherramientas nuevos, se debe precargar el tornillo montando y desmontando varias veces las plaquitas antes de utilizarlos para mecanizar.

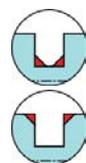
Aplicaciones



Canales superficiales y ranurado
D 86



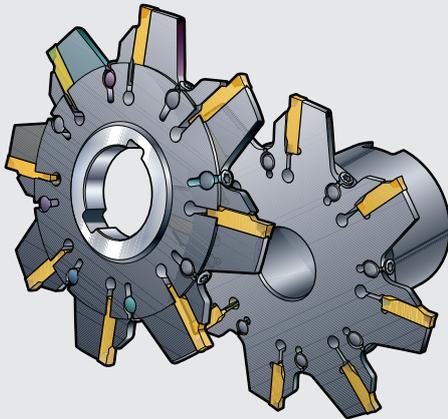
Roscado
D 95



Achafanado
D 126

CoroMill® 329

Fresa para ranurar



– Primera elección para profundidad de corte ≤ 18 mm

– Herramienta versátil para producir canales precisos, ranuras de fondo plano y para corte

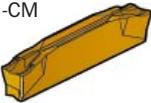
– Plaquitas colocadas en línea que producen excelente evacuación de la viruta y permiten alto avance de mesa

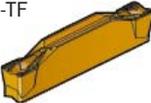


Diám. de fresa (D_c), mm	125 – 160
Anchura de corte máx. (a_p), mm	2.5 – 4.0
Profundidad de corte máx. (a_r), mm	18
Material	

Recomendaciones sobre geometría de plaquita

CoroMill 329 se utiliza con plaquitas CoroCut 2 con forma de V.

-CM  La primera elección es la geometría CM para todos los materiales.

-TF  Buen control de viruta y acabado superficial, gracias al diseño Wiper.



CoroMill 329 dispone de sujeción por tornillo integrada de las plaquitas, que es más segura y estable. Coloque el pulgar sobre la plaquita y empujela dentro del asiento. Utilice un destornillador (Torx Plus) para sujetar (liberar) la plaquita.

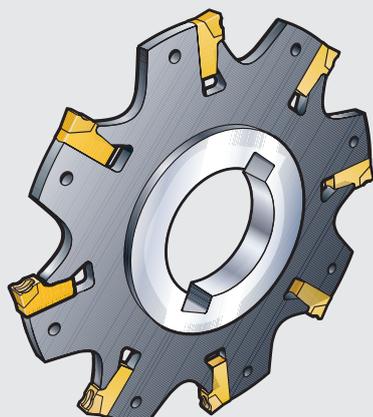
Aplicaciones



Canales superficiales y ranurado
D 90

Fresa T-Max® Q

Fresas para ranurar y cortar



- Fresa complementaria para producir canales estrechos, ranuras de fondo plano y para corte
- Plaquetas colocadas en línea que producen excelente evacuación de la viruta y permiten alto avance de mesa
- Herramienta complementaria para mecanizar a más profundidad

Tailor Made

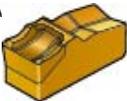
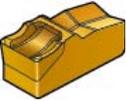
- Hay disponibles opciones de herramienta diseñadas según requisitos individuales del cliente

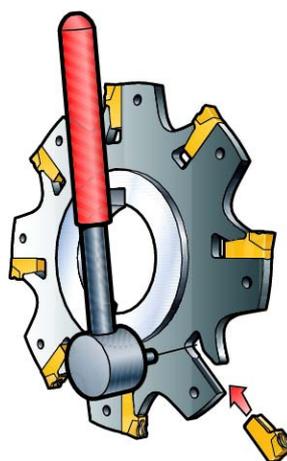


Diám. de fresa (D_c), mm	80 – 315						
Anchura de corte máx. (a_p), mm	6.0						
Profundidad de corte máx. (a_r), mm	119						
Material	<table border="1"> <tr> <td>P</td> <td>M</td> <td>K</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>S</td> <td>H</td> </tr> </table>	P	M	K	N	S	H
P	M	K					
N	S	H					

Recomendaciones sobre geometría de plaqueta

La fresa T-Max Q se utiliza con plaquetas Q-Cut.

- AA  La primera elección es 330.20 AA, una plaqueta para tolerancias estrechas con una gama de geometrías y calidades adaptada a las operaciones de fresado.
- 4E  Utilice N151.2-4E para materiales con bajo contenido en carbono.
- 5E  Utilice N151.2-5E para cobre y aluminio.



Utilice la llave para realizar la sujeción con facilidad y rapidez.

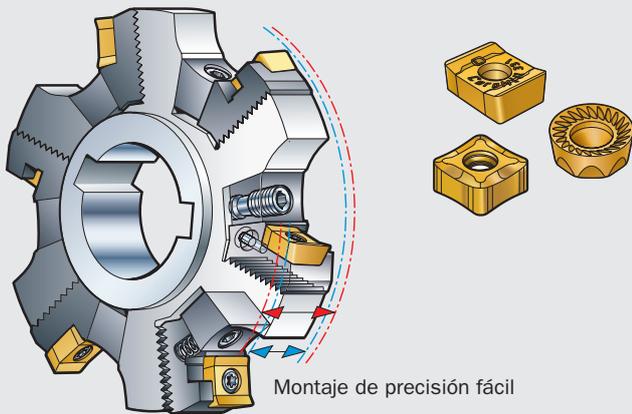
Aplicaciones



Fresado de ranuras
D 86

CoroMill® 331

Fresa de disco polivalente de alta precisión



– Cartuchos accionados por muelle que facilitan el ajuste de la anchura deseada

– Fresas suministradas con tolerancia de 0.01 mm. Para conseguir una tolerancia estrecha, utilice plaquitas de tolerancia H

– Opciones con plaquita redonda y amplia gama de radios de punta

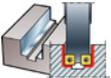
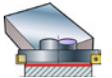
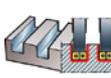
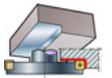
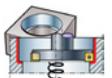
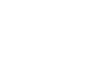
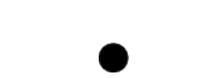
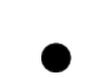
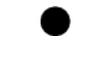
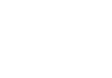
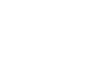
– Plaquitas con 8 filos para operaciones de refrentado. Ángulo de posición 88°

– Paso normal, diseño de producto fijo

– Buena evacuación de virutas gracias a los alojamientos amplios

Guía de clave de códigos, consulte la página D 179.

Aplicaciones

Fresa y tipo de plaquita Diám. de fresa (D_c) mm	Anchura de corte máx. (a_p), mm	Ranurado/corte	Dos cortes dobles	Fresado en escuadra	Refrentado	Fresado múltiple	Refrentado inverso	Mecanizado en rampa circular
N331.35...S... 	10							
40 – 125								
N331.32...S... 	26.5							
80 – 315								
N331.32...Q... 	26.5							
80-315								
N331.32...A... 	10							
40-100								
N331.52...S... 	33.8							
200-315								
N331.32...Q... N331.32...S... 	10.1							
60-315								

Geometrías y calidades de plaquita

Extra positivo



Ligero

Filo de corte reforzado



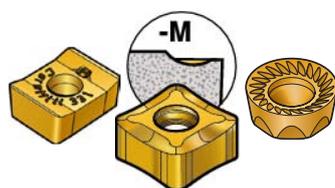
Pesado

Mecanizado ligero
Fuerzas de corte bajas
Velocidad de avance baja
Tolerancias estrechas

Mecanizado pesado
Seguridad del filo superior
Alta velocidad de avance

Geometrías de plaquita

ISO	L	M	H
P	-PL	-PM	-PH
M	-ML	-MM	
K	-KL	-KM	-KH
N	-NL		
S	-ML	-MM	
H	-PL	-PM	-PH



Medio

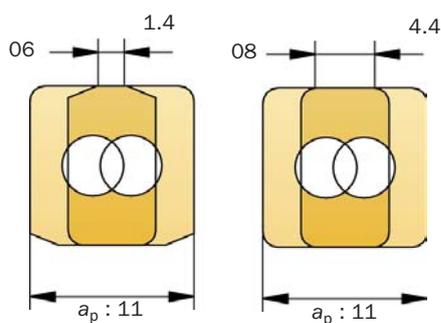
Uso general en la mayoría de los materiales.

Longitud de filo reducida para plaquitas Tailor Made

Para ranurar, utilice la anchura de corte más pequeña. El solapamiento es el factor más crítico que es necesario optimizar.

Si se reduce la longitud del filo, se reduce el solapamiento y esto, a su vez, reduce el desgaste de la zona solapada, mejora el control de viruta y reduce el consumo de potencia hasta un 10%.

Hay disponibles bajo pedido opciones de plaquita Tailor Made con longitud de filo reducida.

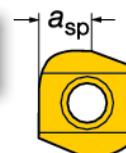


Plaquita Tailor Made con longitud de filo reducida

Tamaño de plaquita estándar 08

Cálculo de la longitud del filo:

$$a_{sp} = \frac{a_p}{2} + 0.2$$



Si desea más información sobre cómo se utiliza CoroMill 331, consulte:
Ranurado general y utilización del volante de inercia, página D 89.
Refrentado inverso, página D 49.

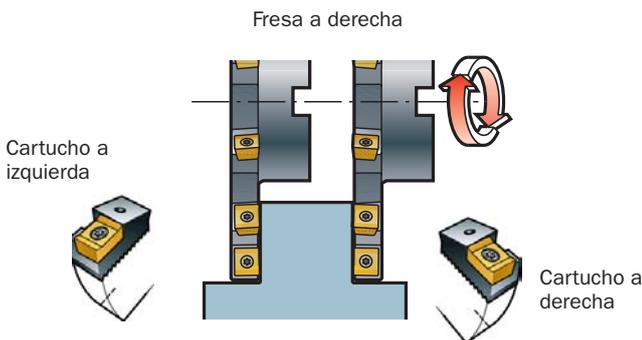
Tamaño de plaquita	2 filos							Tamaño de plaquita	8 filos	
	Radio de plaquita, r_e								Radio de plaquita, r_e	
	0.5	0.8	1.52	2.29	3.05	4.83	6.35	0.8	2.0	
04										
05										
08										
11										
14										

Tipo de plaquita

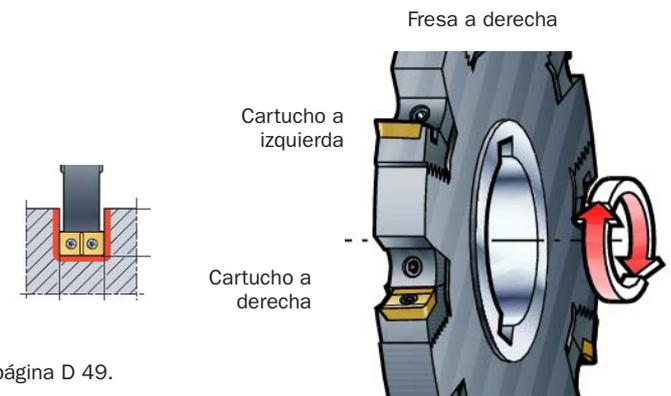
La mayor parte de las plaquitas son de tipo neutro (N). Las plaquitas con radio también son de tipo neutro, pero, en versiones con radios más grandes, también están disponibles en tipo a izquierda (L) o a derecha (R).

Cuerpos de fresa, cartuchos y plaquitas para combinar en todas las aplicaciones

Fresas de dos cortes



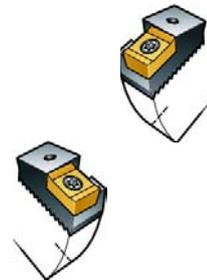
Fresa de tres cortes y planeado



Si desea más información sobre selección del tipo de fresa, consulte la página D 49.

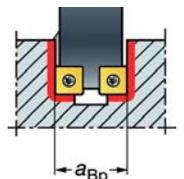
Cartuchos para plaquitas con radio inferior a 1.55 mm

Anchura	Tamaño de plaquita	Cartucho a derecha	Cartucho a izquierda
CM, 6-8	04	5321 240-15	5321 240-16
DM, 8-10	05	5321 240-13	5321 240-14
EM, 10-12	08	5321 240-01	5321 240-02
FM, 12-15	08	5321 240-03	5321 240-04
KM, 15-17.5	11	5321 240-07	5321 240-08
LM, 17.5-20.5	11	5321 240-07	5321 240-08
QM, 20.5-23.5	14	5321 240-09	5321 240-10
RM, 23.5-26.5	14	5321 240-09	5321 240-10
QM, RM con plaquita cuadrada	13	5321 260-01	5321 260-02



Cartuchos para fresa de dos cortes y planeado

	Anchura (a_{Bp}), mm	Tamaño de plaquita	Cartucho a derecha	Cartucho a izquierda
MM, MMR/L a_{Bp}	27.2-30.2	11	5321 240-05	5321 240-06
NM, NMR/L a_{Bp}	30.8-33.8	11	5321 240-07	5321 240-08



A Torneo general
 B Tronzado y ranurado
 C Roscado
 D Fresado
 E Taladrado
 F Mandrinado
 G Portaherramientas/Máquinas
 H Materiales
 I Información general/Índice



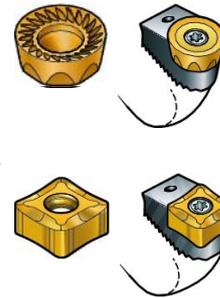
Cartuchos para plaquitas con radio a partir de 1.55 - 6.50 mm

* Cartucho a derecha = RC
Cartucho a izquierda = LC

x			A		B		D		E	
Cuerpo de la fresa	Radio de plaquita		1.55 - 2.60		2.61 - 3.50		4.51 - 5.50		5.51 - 6.50	
	Anchura (a_p), mm	Tamaño de plaquita	* RC	* LC						
CMx	6.0-8.0	04	5321 240-15.11	5321 240-16.11	-	-	-	-	-	-
DMx	8.0-10.0	05	5321 240-13.11	5321 240-14.11	5321 240-13.22	5321 240-14.22	-	-	-	-
EMx	10.0-12.0	08	5321 240-01.11	5321 240-02.11	5321 240-01.22	5321 240-02.22	-	-	-	-
FMx	12.0-15.0	08	5321 240-03.11	5321 240-04.11	5321 240-03.22	5321 240-04.22	-	-	-	-
KMx	15.0-17.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	5321 240-07.55	5321 240-08.55
LMx	17.5-20.5	11	5321 240-07.11	5321 240-08.11	5321 240-07.22	5321 240-08.22	5321 240-07.44	5321 240-08.44	-	-
QMx	20.5-23.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	5321 240-09.55	5321 240-10.55
RMx	23.5-26.5	14	5321 240-09.11	5321 240-10.11	5321 240-09.22	5321 240-10.22	5321 240-09.44	5321 240-10.44	-	-
Modificación de radio en cuerpos de fresa			-		2.0		4.0		5.0	

Cartuchos para plaquitas redondas y cuadradas

Cuerpo de la fresa	Anchura (a_p), mm	Tamaño de plaquita	Cartucho neutro	Modificación de radio en cuerpos de fresa
Redonda				
EMQ	10.0-12.0	10	5321 250-02	4
FMQ	12.0-15.0	12	5321 250-03	5
KMQ	15.0-17.5	16	5321 250-05	6
Cuadrada				
QM, RM		13	Cartucho a derecha 5321 260-01	Cartucho a izquierda 5321 260-02



Ejemplo

Pedido de una fresa para una ranura con 14 mm de anchura completa y radio de punta de 3 mm:

El diámetro de la fresa debería ser 125 mm y debe disponer de montaje con chavetero.

1. Seleccionar la fresa

Código: N331.21-125S40FM 14.00

Esta fresa tiene 10 plaquitas y cartuchos 10 correspondientes.

2. Seleccionar el cartucho

En la columna de la tabla "Cartuchos para radio a partir de 1,55-6,50 mm" se indica que se debe añadir una "B" al código de la fresa:

N331.21-125S40FMB 14.00

Una fresa con este código en el pedido se suministra con 5 piezas de cartuchos a derecha, de tipo 5321240-03.22, y 5 piezas a izquierda, de tipo 5321240-04.22. Es posible utilizar plaquitas con radio a partir de 2,61-3,50 mm en estos cartuchos. La fresa se ajusta a una anchura de 14 mm +/- 0.01.

Nota: si se desea utilizar cartuchos/plaquitas de radio más grande (a partir de r_f 2.61 mm y plaquitas redondas) en un cuerpo de fresa que se pidió inicialmente para plaquitas con radio pequeño, será

necesario modificar el cuerpo de la fresa. El valor se indica en la tabla "Modificación de radio en cuerpos de fresa".

Es necesario realizar la misma modificación en los cartuchos pedidos inicialmente para plaquitas con radio pequeño. Encontrará la información acerca de los tamaños de radio en el apartado de piezas de repuesto del catálogo principal.

3. Seleccionar las plaquitas

La fresa aloja 10 plaquitas de tamaño 08. 5 piezas mecanizarán el lado izquierdo de la ranura y las otras 5 el lado derecho. En este caso, al ser plaquitas con radio grande, son de tipo a derecha o izquierda:

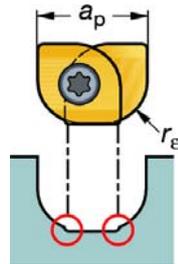
L331.1A-08 45 30 H-WL

R331.1A-08 45 30 H-WL

Limitaciones cuando se utilizan plaquitas con radio de punta grande

Fresado de ranuras

Tamaño de plaquita	Valor calculado de a_p
04	$a_p = r_e + 4.6$
05	$a_p = r_e + 6$
08	$a_p = r_e + 8$
11	$a_p = r_e + 11$



Error de forma en el fondo del perfil.

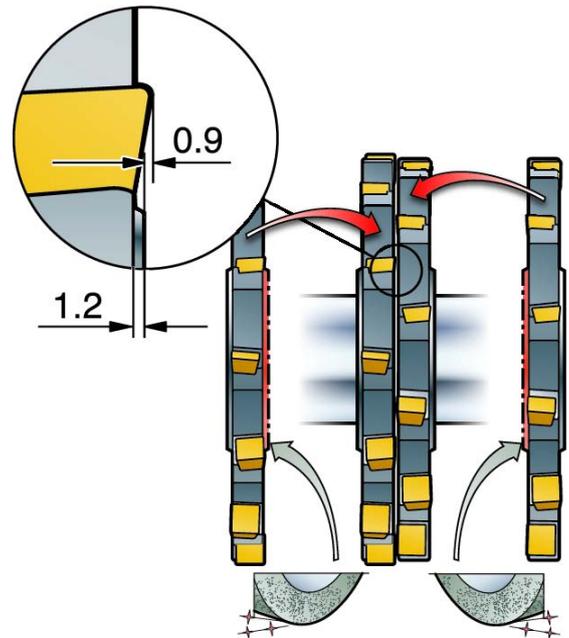
Cuando se ajusta la fresa utilizando plaquitas con el radio de punta más grande dentro del intervalo de ajuste más bajo, la forma de la ranura puede presentar una pequeña entalladura en la intersección entre el radio y el fondo.

Montaje de fresas estándar juntas para fresar ranuras más anchas

Las fresas para montaje en eje que dispongan de chaveteros se pueden modificar para que trabajen juntas y así fresar una ranura más ancha. Es preferible utilizar fresas con doble chavetero, que permiten un patrón de montaje escalonado. Si desea más información, consulte Ranurado, página D 90.

Montaje de dos fresas estándar juntas:

- En un lado de cada fresa, modifique el cubo rectificándolo, como se muestra en la ilustración.
- El cubo de la fresa 1 se debe rectificar por el lado derecho. La fresa 2 está invertida, el cubo rectificado es el del lado izquierdo. Las fresas se montan con los cubos rectificados enfrentados.
- Los cubos se deben rectificar hasta que quede 1.2 mm. Para que se solapen correctamente, el filo de la plaquita debe ajustarse para que sobresalga 0.9 mm del cubo.



Anchura de corte axial, a_p :

Una anchura de corte más grande incrementará la estabilidad de la fresa, pero también la necesidad de facilitar la evacuación de la viruta.

Profundidad de corte radial, a_e :

En general, las fresas CoroMill 331 estándar pueden mecanizar ranuras hasta una profundidad de cuatro veces su anchura.

Si la ranura es más profunda, se incrementa la necesidad de mejorar la evacuación de viruta y, por tanto, la necesidad de fresas diseñadas o Tailor Made que dispongan de más espacio para la viruta.

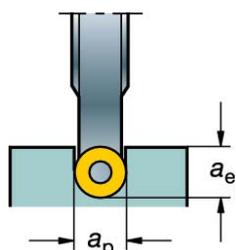
La profundidad de corte está limitada por el diámetro del refuerzo del eje y también por el riesgo de sobrecarga de las chavetas de accionamiento.

El material de la pieza influye mucho en los distintos requisitos.

Facilitar la evacuación de la viruta

Fresado de ranuras con plaquitas redondas

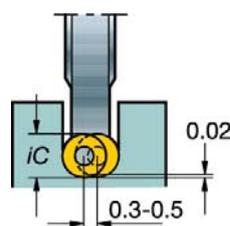
a_e máx. $iC/2$



Máx. profundidad de corte axial a_p , = tamaño de plaquita ($iC/2$)
Máx. profundidad de corte radial a_e , = a_p

Nota: la longitud de contacto del filo es 180°.

a_e mayor que $iC/2$



$$z_{\text{eff}} = \frac{z_n}{2}$$

Para ranuras más profundas que el valor de $iC/2$, se recomienda ajustar cada cartucho a 0,5 mm. Con ello la ranura se ensanchará 0,5 mm y se reducirá la longitud de contacto para cada plaquita a 90°, la formación y evacuación de la viruta será más favorable y se reducirá la vibración y el consumo de potencia.

Número eficaz de dientes, z_c :

Fresa de tres cortes y planeado: $z_c = z_n/2$

Fresa de dos cortes y planeado: $z_c = z_n$

Taylor Made

Productos diseñados y Taylor Made para ranuras más anchas

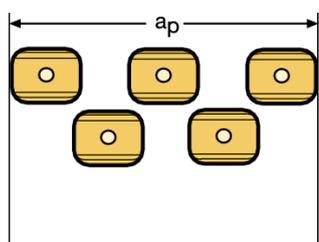
Las fresas CoroMill 331 estándar están diseñadas con un máximo de dos filas por diente efectivo.

Como estándar y como Taylor Made, la fresa puede tener hasta 14 plaquitas, de tamaño 8 mm (08), por cada fila de filo efectivo, hasta una anchura máxima de 105 mm.

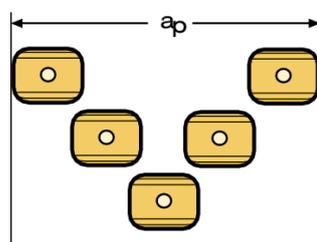
Es posible seleccionar distintos patrones de distribución que cubren ranuras anchas con más de dos plaquitas. Esto es aplicable para fresas diseñadas y Taylor Made.

Es posible optimizar la fresa reduciendo el número de filos eficaces, para reducir las fuerzas de corte y también el avance de mesa al mismo tiempo que se mantiene el mismo avance por filo. Esto resulta útil con montajes, piezas y/o fijaciones débiles, o con voladizo.

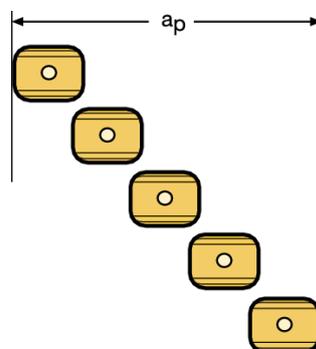
Fresas diseñadas y Taylor Made



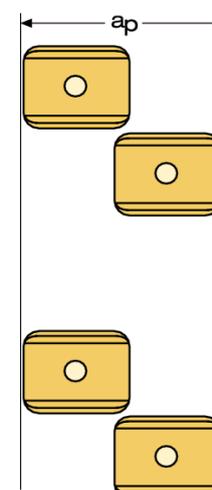
C



B



Fresa estándar



Si desea más información sobre productos diseñados, consulte D 186.

Montaje y ajuste

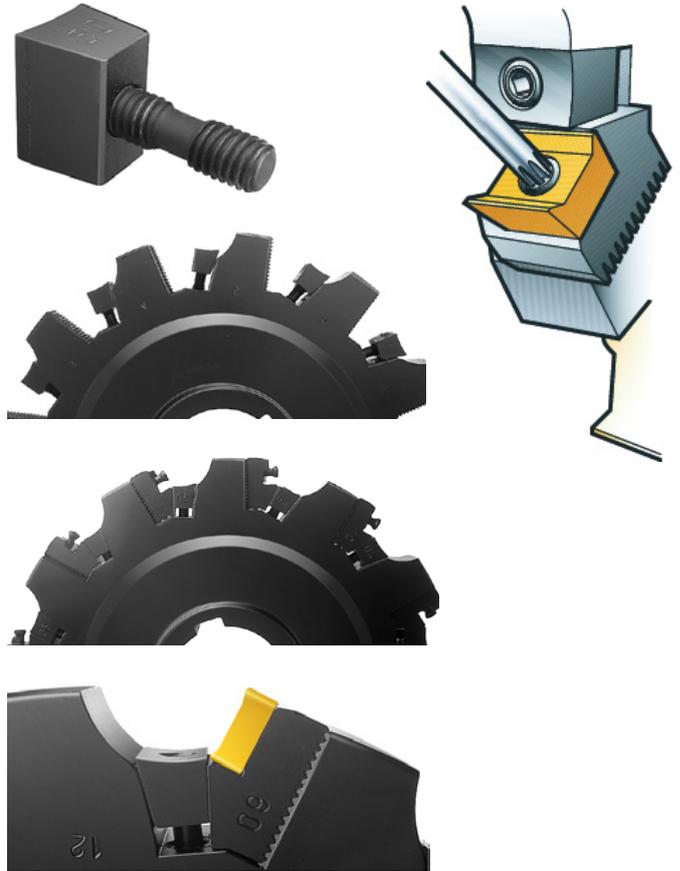
Requisitos:

- Micro-indicador
- Proyector

Montaje

Nota: utilice estas instrucciones de montaje cuando se haya desmontado completamente la fresa para limpiarla o repararla.

1. Lubrique los dos lados de los tornillos de la cuña con Molykote.
2. Apriete 1 vuelta cada uno de los tornillos de cuña desde la parte inferior de la cuña.
3. Monte todas las cuñas en el cuerpo, sin apretarlas.
4. Lubrique los tornillos de las plaquitas con Molykote.
5. Apriete todos los tornillos de las plaquitas con 3-5 vueltas en los cartuchos.
6. Monte todos los cartuchos.
7. Asegúrese de que todos los cartuchos están lo más abajo posible en su asiento.
8. Asegúrese de que todos los cartuchos están colocados uniformemente, con las cuñas a +/-0,1 mm axialmente.
9. Apriete los tornillos de las cuñas hasta el par correcto = 6 Nm.
(Las fresas de diámetro más pequeño de 110 mm = 5 Nm).
10. Asegúrese de que ninguno de los tornillos sobresale de la cuña.
11. En las fresas de diámetro 127 mm o inferior, verifique que ninguno de los tornillos sobresale del agujero.
12. Afloje todos los tornillos de las cuñas.
13. Apriete todos los tornillos de las cuñas hasta el par correcto = 4 Nm.
(Las fresas de diámetro más pequeño de 110 mm = 3 Nm).



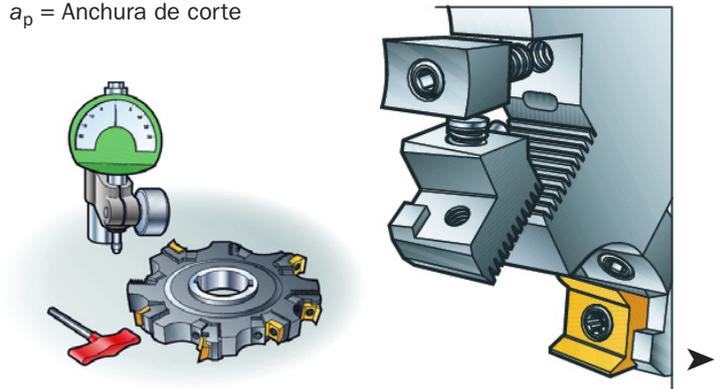
Regulación de la herramienta

1. Limpie cuidadosamente el asiento de la plaquita, antes de empezar.
2. Verifique el contacto contra el fondo del asiento.
3. Apriete el tornillo de la cuña.
4. Lubrique el tornillo de la cuña con Molykote antes de reutilizarlo.
5. CoroMill 331 resulta fácil de preajustar. La precisión del preajuste sólo está limitada por el equipo disponible.
6. Se recomienda utilizar un microindicador, o preajustar la fresa CoroMill 331 en un proyector. Utilice esta fórmula para calcular la altura de la combinación del bloque de calibre cuando ajuste el microindicador.

Punto cero del microindicador: $\frac{E + a_p}{2}$

E = ancho total de la fresa con respecto al cubo

a_p = Anchura de corte





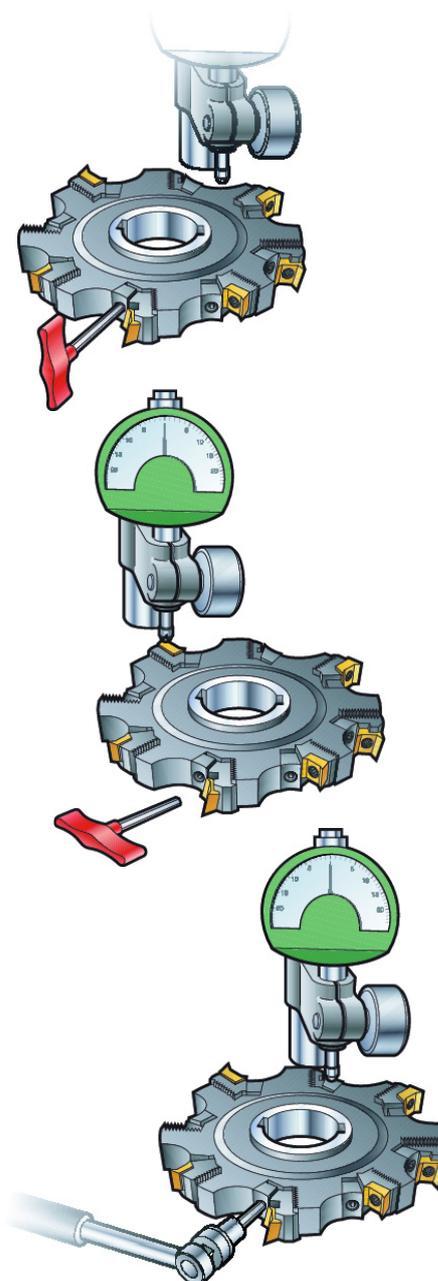
1. Afloje el tornillo de la cuña media vuelta.
2. Empuje a mano el cartucho hasta que sobresalga del cuerpo de la fresa.
3. Coloque la fresa sobre el mármol. Coloque el punto de contacto plano del microindicador sobre la faceta paralela de la plaquita.
4. Golpee con cuidado el cartucho hasta que aparezca cero en el microindicador.
5. Apriete el tornillo de la cuña.
6. Repita el procedimiento, compensando el desplazamiento. Apriete los tornillos de la cuña al par correcto según el diámetro de la fresa (consulte la tabla de la derecha).

Nota: para evitar distorsiones en las fresas de 80 mm, el montaje se debe realizar en tres pasos:

- a: Apriete básico de todos los tornillos.
- b: Segundo apriete a 4 Nm.
- c: Apriete final a 5 Nm.

7. Afloje el tornillo de la cuña media vuelta.
8. Distribuya el saliente uniformemente en ambos lados de la fresa.
9. Elimine la excentricidad axial en la cara frontal de la fresa, empujando el cartucho hasta el punto cero.
10. Apriete los tornillos de la cuña.
11. Ajuste la cara posterior de la fresa según el ancho de herramienta requerido.

Diámetro, (mm)	Par, (Nm)
80-100	5
125-315	6



Clave de códigos para fresas

32. = Fresa de tres cortes y planeado, diseño de cartucho
 35. = Fresa de tres cortes y planeado, diseño de alojamiento fijo
 52. = Fresa de dos cortes y planeado, diseño de cartucho

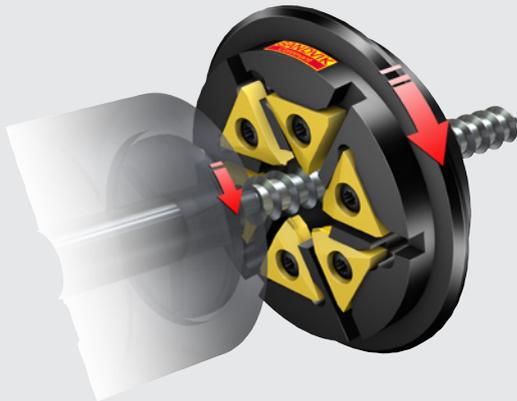


R = A derecha
 N = Neutro
 L = A izquierda

Tipo y tamaño de montaje
 A = Cilíndrico
 S = Cubo con chavetero
 Q = Eje

CoroMill® 325

Roscado con cabezal giratorio para componentes más largos y esbeltos.



- Anillos y plaquitas para roscado con cabezal giratorio
- Compatible con la mayoría de máquinas con cabezal móvil y husillos
- Aumento de la productividad en operaciones de roscado
- Menor tiempo de preparación
- Roscas más profundas
- Prolongación de la vida útil

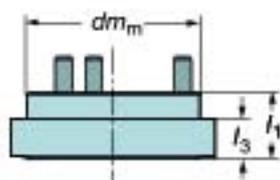
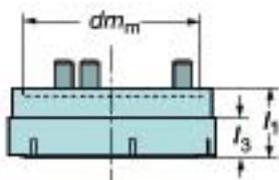
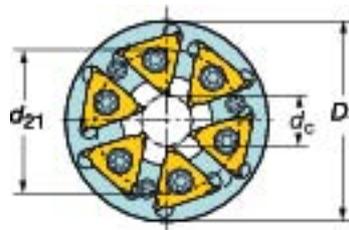
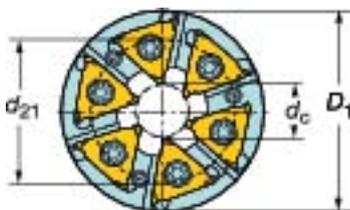
Cubre una amplia gama de modelos de máquinas con cabezal móvil y de husillos

MTM	Productor de husillos
Citizen	PCM
Citizen	Jarvis
Star	Star
Tsugami	Tsugami
Tornos	Tornos

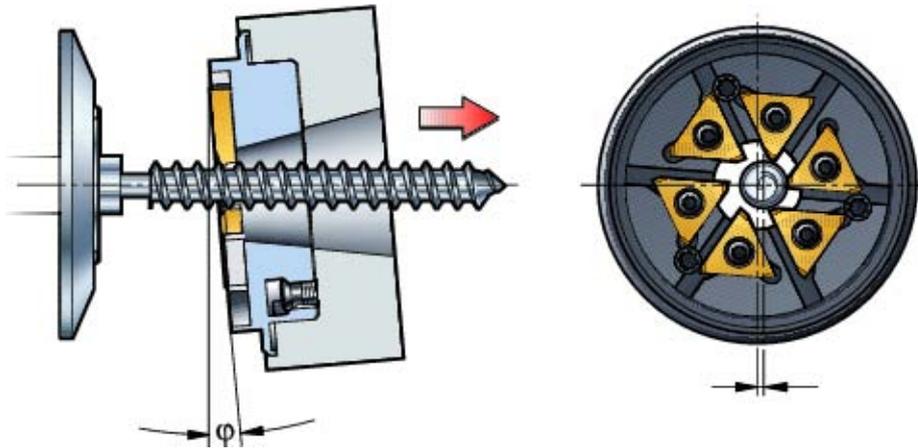
Datos de corte típicos para materiales ISO S

v_c , m/min (ft/min)	40 - 60 (131 - 197)
h_{ex} , mm (pulg)	0.02 - 0.10 (0.0008 - 0.0039)
Max f_z , mm (pulg)	0.05 (0.0020)

M S



Proceso de roscado con cabezal giratorio



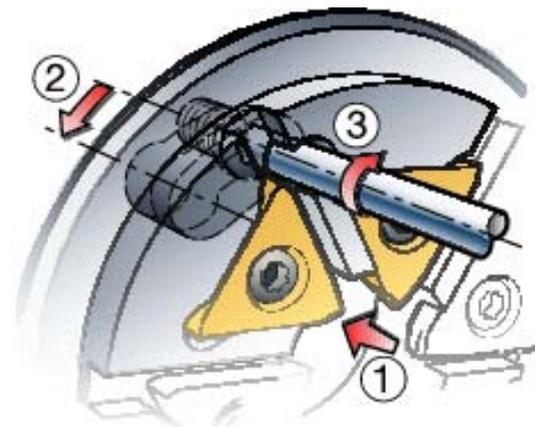
Un anillo de roscado con cabezal giratorio con las plaquitas colocadas en el diámetro exterior gira alrededor de un componente cilíndrico para cortar la rosca. La acción de corte tangencial y uniforme minimiza las fuerzas de corte para incrementar la velocidad de arranque de viruta.

- Monte el anillo giratorio sobre el husillo
- Incline el husillo según el ángulo helicoidal deseado del tornillo
- Programe el desplazamiento del centro del anillo, en función del diámetro de la rosca
- Haga girar el componente a una velocidad inferior, determinada por su diámetro y el paso de la rosca
- Coordine el movimiento del anillo giratorio con la rotación del componente para lograr la mejor superficie y la mayor productividad posibles (el espesor de la viruta viene determinado por la velocidad de avance del anillo giratorio)

Preparación sencilla de la herramienta que le permitirá ahorrar tiempo

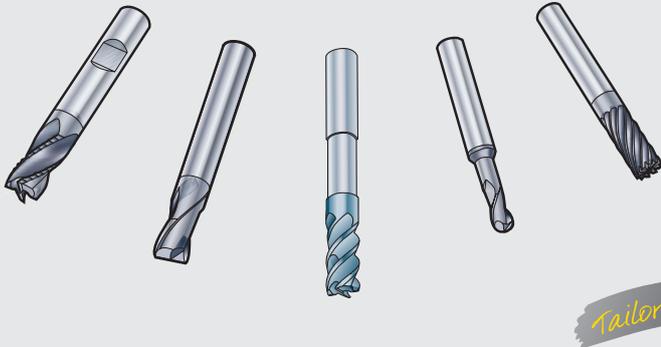
Las plaquitas de roscado con cabezal giratorio se pueden montar rápidamente en el exterior de la máquina, en un entorno limpio.

1. Inserte el anillo sobre el tornillo de husillo.
2. Gire el anillo en sentido contrario a las agujas del reloj hasta la posición inferior.
3. Apriete el tornillo del anillo.



CoroMill® Plura

Fresas enterizas para ranurar de metal duro con la más alta productividad en todos los materiales y aplicaciones



Tailor Made

– Geometría optimizada para desbaste, acabado, perfilado, achaflanado y roscado

– Diseño con profundidad de ranura variable (VFD), óptima rigidez del núcleo y espacio para viruta

– Desarrollada con rigidez optimizada para conseguir rendimiento en acabado y superacabado

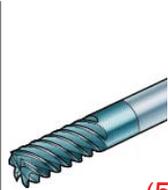
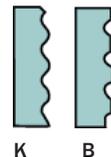
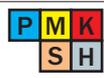
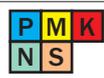
– La más alta productividad en todos los materiales y aplicaciones

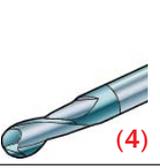
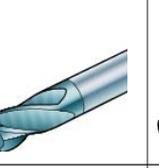
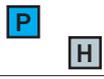
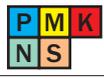
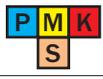
– Se pueden pedir como producto diseñado o Tailor Made según requisitos individuales del cliente.

Aplicaciones

Según la operación, utilice esta tabla para seleccionar la fresa CoroMill Plura más adecuada.

Método	Primera elección
<p>(1) Fresado general, desbaste, semiacabado</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado en escuadra D 42</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado de ranuras D 85</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Planeado D 55</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado axial/en "plunge" D 116</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado de cavidades D 100</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mecanizado en rampa D 100</p> </div> </div>	 <p>Diseño con profundidad de ranura variable (VFD). Ángulo helicoidal -50°.</p>
<p>(2) Desbaste, alto avance</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Planeado D 55</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mecanizado en rampa D 100</p> </div> </div>	 <p>Diseño de fresa para alto avance (HFC). Ángulo helicoidal -50°.</p>
<p>(3) Desbaste</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado de ranuras D 85</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado de cavidades D 100</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mecanizado en rampa D 100</p> </div> </div>	 <p>Diseño Kordell. Ángulo helicoidal -40°.</p>
<p>(4) Perfilado</p> <p>Desbaste</p> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado de cavidades D 100</p> </div> <p>Semiacabado y acabado</p> <div style="text-align: center;">  <p>Perfilado D 66</p> </div>	 <p>Fresa de radio grande, VFD. Ángulo helicoidal -50°.</p>  <p>Diseño de fresa para ranurar de punta esférica (BNE). Ángulo helicoidal -30°.</p>
<p>(5) Acabado</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>Fresado en escuadra D 42</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Planeado D 55</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Mecanizado en rampa circular D 100</p> </div> </div>	 <p>Fresa de ranurar de varios filos. Ángulo helicoidal -50°.</p>

	Primera elección	Complementarias			
			(2)	(3) 	(5)
Diseño	50° profundidad de ranura variable	Convencional	Alto avance	Kordell	Varios filos
Aplicación	General	General	Desbaste	Desbaste	Acabado
Geometría	ΦH	A, P, N	ΦH	B, K, U	H, L
Ángulo helicoidal (grados)	50°	25°, 30°, 45°	50°	30°, 40°, 45°	30°, 50°, 60°
Diám. de fresa (D_c)	2 – 25	1 – 25	4 – 20	6 – 25	3 – 20
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	7.0 – 54.0	3.0 – 90.0	0.2 – 1.3	7.0 – 45.0	8.0 – 38.0
Radio de punta (r_ϵ), diám., mm	0.2 – 4	Sin radio	0.5 – 2	Sin radio	0.5 – 2
Filos (z_n)	3, 4, 5	2, 3, 4, 5, 6	4	3, 4, 5, 6, 8	2, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16
Material					
Información adicional	Corte central Paso diferencial Con/sin refrigerante radio	Corte central	Sin corte central	Con/sin corte central Con/sin refrigerante	Sin corte central

						
		(4)				
Diseño	Radio de punta	Punta esférica	Chafilán 45°, 60°	Ranurado	Extremo plano	Paso 0,5 – 3
Aplicación	Fresado de acero templado	Perfilado	Achaflanado	Fresado de chaveteros	Tornofresado*)	Roscado*)
Geometría	G	A, G, P, N	G	P	N	N, H
Ángulo helicoidal (grados)	30°	30°, 40°	0°	30°	30°	
Diám. de fresa (D_c)	2 – 16	0.4 – 20	4 – 8	2 – 20	6 – 12	3.2 (M4) – 19 (M24)
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	2.0 – 16.0	0.4 – 45	0.5 – 7.4	3.0 – 20.0	10.0 – 16.0	8.4 – 50.0
Radio de punta (r_ϵ), diám., mm	0.2 – 3	0.1 – 10	0.5 – 6	Sin radio	0.5 – 1	
Filos (z_n)	2, 4	2, 3, 4	3, 4, 5, 6	2, 3	4	3, 4, 5, 6
Material						
Información adicional	Corte central	Corte central		Corte central	Corte central	Métrica 60° Con/sin refrigerante

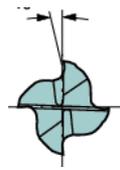
*) Si desea más información sobre tornofresado, consulte la página D 80 y, acerca del fresado de roscas, consulte la página D 95.

Recomendaciones de geometría

Geometría P y N

- Primera elección para mecanizado general de acero <48 HRC, acero inoxidable, titanio, HRSA, fundición y aluminio
- Filos rectos
- Diámetro de núcleo, 50% (P) 60% (N)
- Ángulo de desprendimiento positivo de 9° a 12° para reducir las fuerzas de corte.

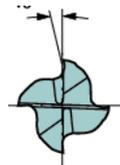
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



Geometría L

- Primera elección para acabado de acero <48 HRC, acero inoxidable, titanio, HRSA, fundición y aluminio
- Filos rectos
- Diámetro de núcleo, 70% para incrementar la resistencia a la flexión
- Ángulo de desprendimiento positivo de 4° a 6° para reducir las fuerzas de corte.

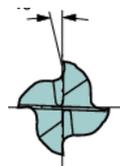
$$\gamma_0 = 4^\circ \text{ a } 6^\circ$$



Geometría G

- Primera elección para desbaste y superacabado en acero de 35 a 58 HRc
- Filos rectos
- Diámetro de núcleo, 70% para incrementar la resistencia a la flexión
- Ángulo de desprendimiento de -3° a 3°, alta resistencia del filo y acción de corte suave.

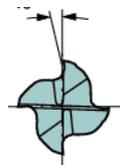
$$\gamma_0 = -3^\circ \text{ a } 3^\circ$$



Geometría H

- Desbaste y superacabado en acero de 48 a 63 HRc
- Filos rectos
- Diámetro de núcleo, >75%, máxima resistencia a la flexión
- Ángulo de desprendimiento de -11° a -21°, máxima resistencia del filo.

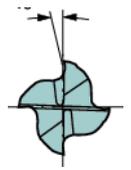
$$\gamma_0 = <-11^\circ$$



Geometría K

- Primera elección para desbaste de materiales <28 HRc
- Periferia ondulada para reducir el tamaño de la viruta (Kordell)
- Diámetro de núcleo, 60%, buena combinación de resistencia y espacio para viruta
- Ángulo de desprendimiento positivo de 9° a 12° para reducir las fuerzas de corte.

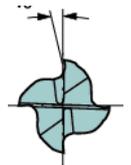
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



Geometría B

- Elección alternativa para desbaste en titanio
- Filos rectos con entalladuras para reducir el tamaño de la viruta
- Diámetro de núcleo, 60%, buena combinación de resistencia y espacio para viruta
- Ángulo de desprendimiento positivo de 4° a 7° para reducir las fuerzas de corte.

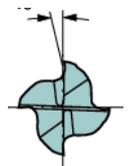
$$\gamma_0 = 4^\circ \text{ a } 7^\circ$$



Geometría U

- Primera elección para aluminio
- Periferia ondulada para reducir el tamaño de la viruta (Kordell)
- Ángulo de desprendimiento positivo de 9° a 12° para reducir las fuerzas de corte.

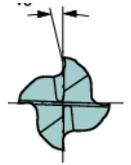
$$\gamma_0 = 9^\circ \text{ a } 12^\circ$$



Geometría A

- Elección alternativa para aluminio
- Filos rectos
- Ángulo de desprendimiento positivo de 12° a 15° para reducir las fuerzas de corte.

$$\gamma_0 = 12^\circ \text{ a } 15^\circ$$



Clave de códigos

R 21 6 . 2 4 - 100 50 D C K 22 P

Explicación del código de CoroMill Plura:

21 = Fresa de ranurar

6 = Función de taladrado

2 = Forma cuadrada con radio de punta

4 = N.º de dientes (z_n), 1-9, A si 10-32

100 = Diámetro de fresa en mm (D_c)

50 = Ángulo helicoidal en grados (γ_p)

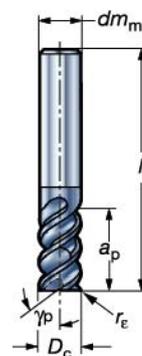
D = Radio de punta (r_ϵ)

C = Tipo de mango

K = Longitud del mango en mm (l_2)

22 = Profundidad de corte máx. en mm (a_p)

P = Geometría



Utilice la Guía Plura para seleccionar la herramienta y los datos de corte correctos, y también para la programación, C-2948:063.



Recomendaciones de dientes

- Utilice 4 dientes para mejorar la productividad
- Utilice 3 dientes para mejorar la estabilidad

Recomendaciones de calidad

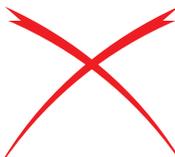
ISO **P M K**

GC1620, GC1630, GC1640	Sin refrigerante	Con refrigerante
Acabado	CG1620	CG1620
Semiacabado	GC1630	GC1630
Desbaste	GC1640	GC1640

ISO **N**

H10F	Sin refrigerante	Con refrigerante
Acabado	H10F	CG1620
Semiacabado	H10F	GC1630
Desbaste	H10F	GC1640

ISO **S**

GC1620, GC1630, GC1640	Sin refrigerante	Con refrigerante
Acabado		CG1620
Semiacabado		GC1630
Desbaste		GC1640

ISO **H**

GC1610, GC1620	Sin refrigerante	Con refrigerante
Acabado		GC1610
Semiacabado		GC1610
Desbaste		GC1620

Rectificado de CoroMill® Plura

Se recomienda rectificar las fresas integrales para ranurar si el filo de corte está astillado o si el grado de desgaste es tal que el acabado superficial de la pieza, o las rebabas producidas, ya no son aceptables.

El grado de desgaste máximo recomendado antes de efectuar el rectificado se indica en la tabla siguiente.

Diámetro de la herramienta (D_c), mm	4 – 6	7 – 9	10 – 14	15 – 20	25
Desgaste de diámetro máx., mm	0.05	0.07	0.09	0.14	0.20
Desgaste del vértice máx., mm	0.20	0.30	0.40	0.50	0.70

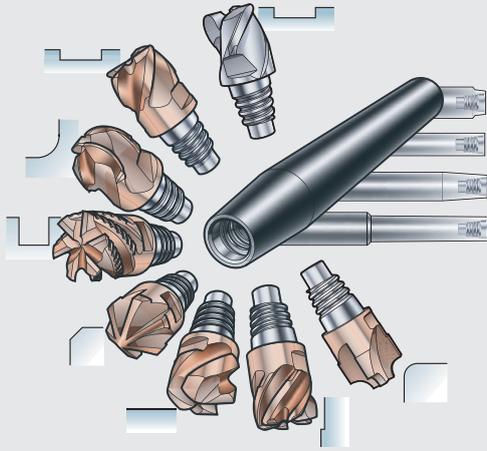
Nota: si el desgaste supera estas recomendaciones, puede ser necesario volver a mecanizar la herramienta y la longitud quedaría reducida. Si el desgaste es excesivo, el reacondicionamiento no será posible.

Póngase en contacto con su representante local de Sandvik Coromant si desea más información sobre el servicio de reacondicionamiento.



CoroMill® 316

Sistema de fresado de cabeza intercambiable



- Geometría optimizada para desbaste, acabado, perfilado y achaflanado
- Sistema de fresado de cabeza intercambiable para reducir el tiempo de regulación, incrementar el resultado y elevar la productividad
- Contacto en el cono y frontal completo para mejorar la estabilidad
- Acoplamiento diseñado para minimizar la flexión
- Distintas cabezas se pueden acoplar a un mango, óptima versatilidad y menor inventario
- Amplia gama de opciones de mango para lograr la mejor combinación de accesibilidad y estabilidad

Aplicaciones

Según la aplicación, utilice esta tabla para seleccionar la fresa CoroMill 316 más adecuada.

Método	Primera elección
(1) Fresado general, desbaste, semiacabado  Fresado en escuadra D 42  Fresado de ranuras D 85  Planeado D 55  Fresado axial/en "plunge" D 116  Fresado de cavidades D 100  Mecanizado en rampa D 100	 Fresa para ranurar con radio de esquina
(2) Desbaste, alto avance  Planeado D 55  Mecanizado en rampa D 100	  Fresa con alto avance
(3) Desbaste  Fresado de ranuras D 85  Fresado de cavidades D 100  Mecanizado en rampa D 100	 Fresa de ranurar Kordell
(4) Perfilado Desbaste  Fresado de cavidades D 100	  Fresa de ranurar con radio de punta grande
Semiacabado y acabado  Perfilado D 66	 Fresa para ranurar de punta esférica
(5) Acabado  Fresado en escuadra D 42  Planeado D 55  Mecanizado en rampa circular D 100	 Fresa de ranurar de varios filos

A Torneado general
 B Tronzado y ranurado
 C Roscado
 D Fresado
 E Taladrado
 F Mandrinado
 G Portaherramientas/Máquinas
 H Materiales
 I Información general/Índice

	Primera elección	Complementarias					
	(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	
Diseño	Radio de punta	Radio de punta	Alto avance	Kordell	Punta esférica	Varios filos	
Aplicación	General	General	Desbaste	Desbaste	Perfilado	Acabado	
Geometría	P	P	P	K	G	L	
Ángulo helicoidal (grados)	50°	10°	40°, 50°	40°, 45°	10°, 40°	50°	
Calidad	GC1030	GC1030, H10F	GC1030	GC1030	GC1030, H10F	GC1030	
Diám. de fresa (D_c)	10 – 25	10 – 16	10 – 25	10 – 25	10 – 25	10 – 25	
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	5.5 – 13	8 – 13	0.7 – 1.6	5.5 – 13.5	5.5 – 13	5.5 – 13.5	
Radio (r_e), (diám. mm)	0,5 – 3 (diám. 10) 0,5 – 4 (diám. 12 – 20)	0 – 2.5 (diám. 10) 0 – 3 (diám. 12) 0 – 4 (diám. 16)	1.5 (diám. 10 – 12) 2 (diám. 16 – 20) 3 (diám. 25)	0.4 (todos diám.)	5 (diám. 10) 6 (diám. 12) 8 (diám. 16) 10 (diám. 20) 12.5 (diám. 25)	0, 1 (diám. 10-12) 0, 1, 1.5 (diám. 16 – 25)	
Filos (z_n)	3, 4	2	4	4, 5, 6	2, 4	6, 8	
Material							
Información adicional	Corte central	Corte central Paso grande Para solucionar problemas	Sin corte central	Corte central	Corte central	Sin corte central Con/sin radio	

			
Diseño	Chafán 15°, 30°, 45°, 60°	Radio de chafán	Radio de punta
Aplicación	Achaflanado	Achaflanado	Fresado de aluminio
Geometría	G	G	U
Ángulo helicoidal (grados)	0°, 10°	0°	45°
Calidad	GC1030	GC1030	H10F
Diám. de fresa (D_c)	10 – 16	10 – 25	10 – 25
Profundidad de corte máx. (a_p), mm	1.2 – 7.5	1.5 – 8	5.5 – 13
Radio (r_e), (diám. mm)	Sin radio	1.5 – 3 (diám. 10) 3 – 4 (diám. 12) 4 – 6 (diám. 16) 6 (diám. 20) 8 (diám. 25)	0 – 2.5 (diám. 10) 0 – 4 (diám. 12-25)
Filos (z_n)	2, 4, 6, 8	4	3
Material			
Información adicional			Corte central Con/sin radio

Recomendaciones de geometría

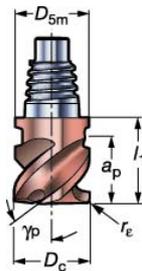
Si desea más información sobre geometría, consulte CoroMill Plura, página D 184.

Clave de códigos

316 - 12 S M 3 50 - 120 05 P

Clave de códigos para cabezas de fresado intercambiables:

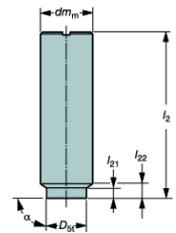
- 12** = Tamaño de acoplamiento EH
- S** = Recto 90 grados
- M** = Longitud de cabeza (media)
- 3** = Número de dientes ($z_n = 3$)
- 50** = Ángulo helicoidal en grados (γ_p)
- 120** = Diámetro de corte en mm (D_c)
- 05** = Radio de punta ($r_\epsilon = 0,5$)
- P** = Geometría



E12 - A 20 - S S - 120

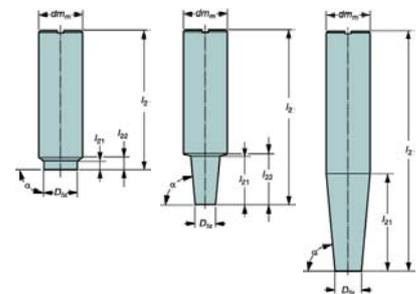
Clave de códigos para portaherramientas:

- E12** = Tamaño de acoplamiento EH
- A** = Mango de tipo cilíndrico
- 20** = Diámetro de mango en mm ($d_{mm} = 20$)
- S** = Tipo de mango (recto)
- S** = Material del mango (acero)
- 120** = Longitud del mango en mm (l_2)



Recomendaciones con distinta longitud de herramienta

Longitud de herramienta	$< 3 \times D_c$	$4 \times D_c$	$10 \times D_c$	$> 12 \times D_c$
	Condiciones estables Comparable con metal duro.	Bastante estable No tan estable como metal duro	Baja estabilidad	Muy baja estabilidad
Aplicaciones con mango de acero	Todo tipo de plaquitas y aplicaciones.	Alto avance Perfilado Achaflanado Fresado en escuadra Fresado de ranuras limitado	Alto avance Perfilado Achaflanado Fresado en escuadra limitado	Alto avance Perfilado Achaflanado No adecuado para fresado en escuadra
Aplicaciones con mango de metal duro	Todo tipo de plaquitas y aplicaciones.	Todo tipo de plaquitas y aplicaciones.	Alto avance Perfilado Achaflanado Fresado en escuadra Fresado de ranuras limitado	Alto avance Perfilado Achaflanado Fresado en escuadra limitado



Material: Acero, 43.5 HRC
Diámetro de mango: 10 – 32 mm
Tipo: Recto 90°, Cónico 80°, 85° y 89°
Longitud: 65 – 250 mm

Material: Metal duro
Diámetro de mango: 10 – 25 mm
Tipo: Recto 90°, Cónico 89°
Longitud: 100 – 200 mm

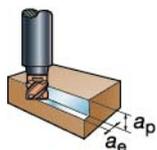
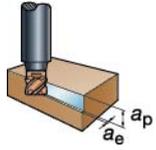
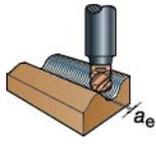
Tamaño de acoplamiento	Llave
E10	5060 093-01
E12	5060 093-02
E16	5060 093-03
E20	5060 093-04
E25	5060 093-05



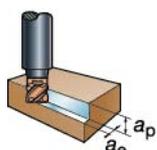
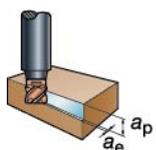
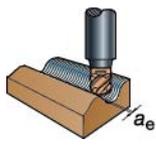
Recomendaciones de dientes

- Utilice 4 dientes para mejorar la productividad
- Utilice 3 dientes para mejorar la estabilidad

Recomendaciones de velocidad y avance

					
CoroMill® 316 GC1030			$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
ISO	CMC	HB	v_c m/min	v_c m/min	v_c m/min
P	01.1	125	190	280	630
	01.2	150	170	255	580
	01.4	210	150	225	510
	02.1	175	165	245	555
	02.2	300	100	150	340
	03.11	200	170	250	570
	03.22	380	80	120	280
M	05.11	200	70	110	240
	05.21	200	55	85	190
	05.51	230	45	70	155
K	07.1	130	120	180	395
	08.1	180	130	190	420
	08.2	245	110	160	380
	09.1	250	105	155	350
N	30.22	90	1000	1100	1300
S	20.22	350	25	35	80
	23.22	350	40	80	150

Recomendaciones de avance

					
CoroMill® 316 GC1030			$a_e \leq 1.0 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.3 \times D_c$ $a_p \leq 0.5 \times D_c$	$a_e \leq 0.005 \times D_c$
D_c mm	f_z mm/diente		f_z mm/diente	f_z mm/diente	f_z mm/diente
10	0.045		0.070	0.120	
12	0.055		0.085	0.140	
16	0.065		0.110	0.160	
20	0.080		0.130	0.180	
25	0.100		0.160	0.200	



Utilice la Guía Plura para seleccionar la herramienta y los datos de corte correctos, y también para la programación, C-2948:063.

Nuevas opciones

Productos Tailor Made

El programa Tailor Made cubre las variantes de los productos CoroMill estándar, por ejemplo, tamaño de plaquita, n.º de plaquitas en la fresa, paso y tipo de montaje, longitud de herramienta, etc.

Si necesita soluciones más avanzadas, solicite presupuesto de productos diseñados.



Además de los programas estándar y Tailor Made, hay disponibles numerosas variantes del concepto de fresa entera para ranurar CoroMill Plura.

Productos diseñados

Los productos diseñados para fresar pueden suponer una solución rentable para producción en serie, donde una herramienta puede sustituir a varias herramientas estándar, o cuando el diseño de la pieza requiere una fresa o una geometría de plaquita específica.

Fresas CoroMill® con cartuchos

El sistema de cartuchos CoroMill, desarrollado para fresas de planear de diámetro medio y grande, facilita el manejo y lo hace más económico.

También hace que la selección de parámetros (como tamaño, altura, paso y ángulo de posición, y también el tipo y tamaño de plaquita) se pueda adaptar individualmente según las condiciones concretas.

Cartuchos intercambiables:

- Simplifican el mantenimiento y reducen costes, ya que sólo es necesario cambiar una pequeña pieza de la herramienta en caso de daño.
- Admiten sencillos ajustes para conseguir un acabado superficial óptimo o para producción de texturas superficiales funcionales y de uso universal.
- Bloqueo seguro del cartucho utilizando cuñas, fácil de sustituir.
- Con macroajuste de precisión mediante un dispositivo fácil de utilizar.
- Con opción de microajuste.
- Con baja desviación y rendimiento seguro a alta velocidad de giro, gracias a la demostrada eficacia del acoplamiento estriado del cartucho.
- Las estrías también garantizan que se mantenga la precisión cuando se ajusta la posición de la plaquita.
- Permite utilizar una amplia gama de plaquitas, que incluye: plaquitas estándar, plaquitas Wiper, plaquitas Tailor Made.

Cartuchos estándar en cuerpos de fresa diseñados, o cartuchos diseñados en cuerpos de fresa estándar, la oferta tiene un alto grado de flexibilidad.



Fresas de disco

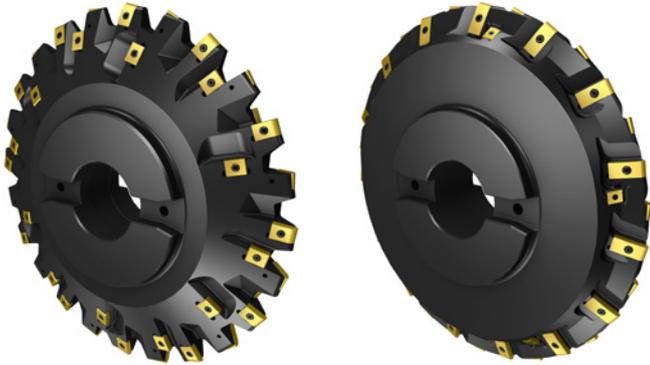
Tomando como base el concepto CoroMill 331, es posible realizar toda una gama de soluciones diseñadas para fresar, con cartuchos y plaquitas estándar o Tailor Made.



Mecanizado de engranajes

El mecanizado de engranajes es una de las muchas áreas en las que Sandvik Coromant ofrece soluciones de fresado optimizadas:

- Fresas productivas para desbaste y acabado de ruedas dentadas.
- Fresas de diseño exterior o interior con plaquitas de alta precisión.



Fresas para desbaste y acabado, respectivamente



Mecanizado de rotores de tornillo para compresores

El mecanizado de rotores de tornillo para compresores es otra área en la que Sandvik Coromant tiene amplia experiencia fruto de aplicaciones realizadas en todo el mundo.

Se han desarrollado fresas para mecanizar formas que consiguen realizar en una sola operación el desbaste y semiacabado de rotores de tornillo para compresores de refrigeración. Estas herramientas están diseñadas y fabricadas para satisfacer las necesidades de procesos de fabricación específicos.

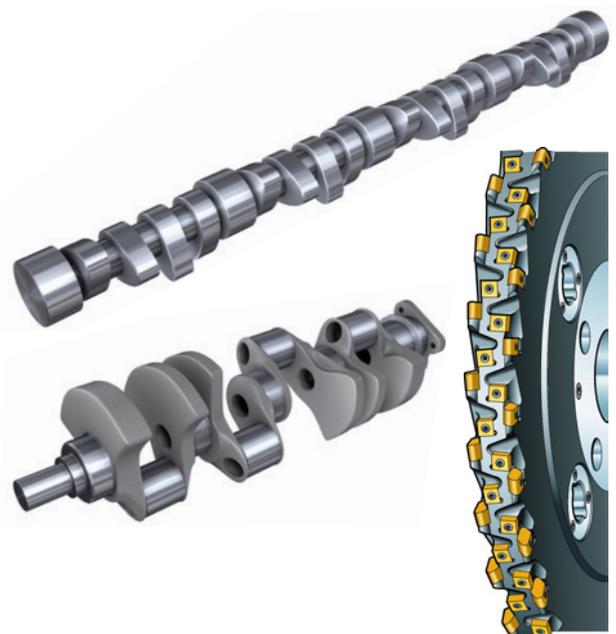


Mecanizado de cigüeñales y árboles de levas

Tiempos de mecanizado extremadamente cortos, alta calidad del producto y proceso de fabricación muy seguro que plantean elevadas exigencias en las herramientas utilizadas. Sandvik Coromant ofrece sistemas de herramientas fiables para todos los métodos habituales en fabricación de grandes volúmenes.

La oferta incluye fresas interiores y exteriores con un diseño de cuerpo de fresa sencillo y un sistema estable de segmentos intercambiables, así como fresas interiores con alojamientos fijos, que se pueden combinar con plaquitas de las calidades de mejor rendimiento. Todo ello contribuye a crear una solución de herramientas muy fiable y económica.

Para operaciones de torneado y torneado interior, el diseño de cartuchos y discos admite montaje individual de todas las posiciones de la herramienta y montaje más eficiente de herramientas gemelas. Los cartuchos son estables, fáciles de cambiar y de limpiar.



Información sobre calidades

Los materiales de las herramientas se suelen dividir en calidades básicas y complementarias, que se indican en un cuadro ISO/ANSI y se describen según la relación entre la resistencia al desgaste y la tenacidad.

- Las calidades básicas cubren una gama amplia de aplicaciones y deben ser la primera elección.
- Las calidades complementarias contribuyen a ampliar las alternativas de la gama.



La forma y posición de los símbolos de las calidades indican los campos de aplicación más adecuados



= Calidades básicas



= Calidades complementarias

Centro del campo de aplicación

Campo de aplicación recomendado

Resistencia al desgaste

Tenacidad

Acero

		Calidades básicas		Calidades complementarias						
	ISO	ANSI								
P	01	C8								
	10	C7								
	20									
	30	C6	GC 1030	GC 4230	GC 4220					
	40	C5	GC 4240							
50										
				SM 30	GC 2030	GC 2040	GC 1025	GC 3040	GC 1010	CT 530

GC4230 (HC) – P30 (P10-P40)

- Calidad de propósito general para mecanizado moderno con buen equilibrio entre seguridad y productividad. Calidad con recubrimiento de metal duro para operaciones de fresado ligero a pesado (tanto con como sin refrigerante), en aceros no aleados y de baja aleación. Primera elección para planeado y optimización para elevar la productividad del fresado en escuadra.

GC4220 (HC) – P20 (P10 – P25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento optimizada para mejorar la productividad en acero. Calidad para mecanizar sin refrigerante con elevada velocidad de arranque de viruta.

GC4240 (HC) – P40 (P35 – P50)

- Calidad tenaz de metal duro con recubrimiento para operaciones exigentes en acero. Para los conceptos de planeado y fresado en escuadra, la calidad GC4240 se debe utilizar en condiciones más estables como pequeños voladizos, planeado, fresado en escuadra superficial, etc. Para otros conceptos, la calidad GC4240 es la primera elección o la de respaldo para operaciones que requieren tenacidad. Beneficiarse de una enorme seguridad. Apropia para la producción de lotes pequeños en materiales mixtos. Trabaja bien tanto con como sin refrigerante.

GC1030 (HC) – P30 (P15 – P35)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD. GC1030 es la primera elección en condiciones inestables como filo largo, atasco de viruta, fresado en escuadra profundo y ranurado, grandes voladizos, operaciones de tornofresado, etc. Se puede utilizar como segunda elección en operaciones que requieren tenacidad. Si se combina con plaquitas periféricas rectificadas, es la primera elección para materiales pastosos como el acero de bajo contenido en carbono.

CT530 (HT) – P15 (P10 – P15)

- Calidad cermet para operaciones de fresado ligero, principalmente sin refrigerante. Su alta resistencia a la deformación plástica y al empastamiento/filo de aportación, hace que sea adecuada para una amplia gama de velocidades de corte. Calidad idónea para plaquitas Wiper.

GC1025 (HC) – P30 (P15 – P30)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresado ligero de acero. Si se combina con plaquitas periféricas rectificadas, es la primera elección para materiales pastosos como el acero de bajo contenido en carbono.

GC1010 (HC) – P10 (P05 – P15)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar dentro del área de aplicación de acero pretemplado y de moldes para plástico, a partir de 36 HRC y superior.

GC2030 (HC) – P35 (P25 – P40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar aceros de bajo contenido en carbono con tendencia a la formación de filo de aportación. También muy aconsejable para fresar a 90 grados en materiales mixtos.

GC2040 (HC) – P45 (P30 – P50)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para fresar aceros cuando se necesita una combinación de filos agudos y una calidad tenaz a velocidades bajas. Muy útil para producción de pequeños lotes de materiales mixtos.

GC3040 (HC) – P20 (P10 – P40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento con una excelente resistencia al desgaste para fresar en desbaste acero a velocidades medias a altas.

SM30 (HW) – P35 (P30 – P40)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento para operaciones de fresado medio a desbaste, a velocidades de corte de bajas a moderadas. Buena seguridad de filo en materiales duros y en condiciones inestables.

Letras que especifican la designación de materiales de corte:**Metales duros:**

HW Metal duro sin recubrimiento compuesto principalmente por carburo de tungsteno (WC).

HT Metal duro sin recubrimiento, también denominado cermet, compuesto principalmente por carburo de titanio (TiC), nitruro de titanio (TiN) o ambos.

HC Metal duro como el anterior pero con recubrimiento.

Cerámicas:

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.

CN Cerámica de nitruro que contiene principalmente nitruro de silicio (Si_3N_4).

CC Cerámicas iguales a las de arriba, pero con recubrimiento.

Diamante:

DP Diamante policristalino ¹⁾

Nitruro de boro:

CBN Nitruro de boro cúbico ¹⁾

¹⁾ El diamante policristalino y el nitruro de boro cúbico están clasificados como materiales de corte superduros.

P ISO P = Acero

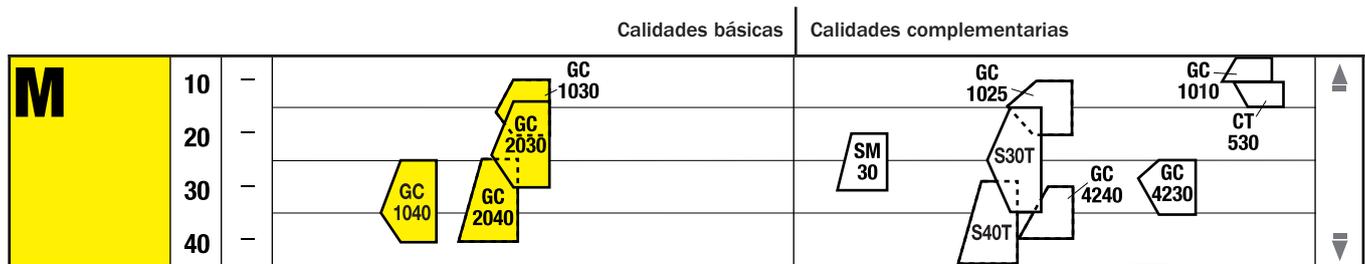
M ISO M = Acero inoxidable

K ISO K = Fundición

N ISO N = Materiales no férricos

S ISO S = Superalaciones termorresistentes

H ISO H = Materiales endurecidos

Acero inoxidable austenítico/ferrítico/martensítico**GC1030 (HC) – M15 (M10 – M25)**

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresado ligero de acero inoxidable. Si se combina con plaquitas periféricas rectificadas, es la primera elección para materiales pastosos y que se endurecen al ser mecanizados.

GC 1040 (HC) – M35 (M25 – M40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento de PVD y primera elección para acero inoxidable austenítico y dúplex. Rendimiento seguro con filos de corte agudos y duraderos que mantienen las fuerzas de corte a un nivel reducido.

GC2030 (HC) – M25 (M15 – M30)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar acero inoxidable (principalmente tipos austeníticos) a velocidad media y alta. En combinación con geometrías positivas, también es aconsejable para materiales termorresistentes y titanio.

GC2040 (HC) – M40 (M25 – M40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para fresar aceros inoxidables con tendencia a la abrasión, p.ej. componentes de fundición, aceros inoxidables ferríticos/martensíticos y aceros PH a velocidades medias. Muy útil también para producción de pequeños lotes de materiales mixtos.

GC4240 (HC) – M40 (M30 – M40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para operaciones medias y pesadas en fundición de acero inoxidable. Muy adecuada para producción de pequeños lotes de materiales mixtos.

CT530 (HT) – M10 (M10 – M15)

- Calidad cermet para operaciones de fresado ligero de aceros inoxidables austeníticos/dúplex. Su alta resistencia a la deformación plástica y al empastamiento/filo de aportación, hace que sea adecuada para una amplia gama de velocidades de corte y para mecanizar sin refrigerante.

SM30 (HW) – M30 (M20 – M30)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento para operaciones de fresado medio a desbaste, a velocidades de corte de bajas a moderadas. Buena seguridad del filo en condiciones inestables.

GC4230 (HC) – M30 (M25 – M35)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para operaciones ligeras y pesadas en acero inoxidable martensítico.

GC1025 (HC) – M15 (M10 – M20)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresado ligero de acero inoxidable. Si se combina con plaquitas periféricas rectificadas, es la primera elección para materiales pastosos y que se endurecen al ser mecanizados.

GC1010 (HC) – M10 (M05 – M10)

- Calidad con recubrimiento de PVD para condiciones muy estables.

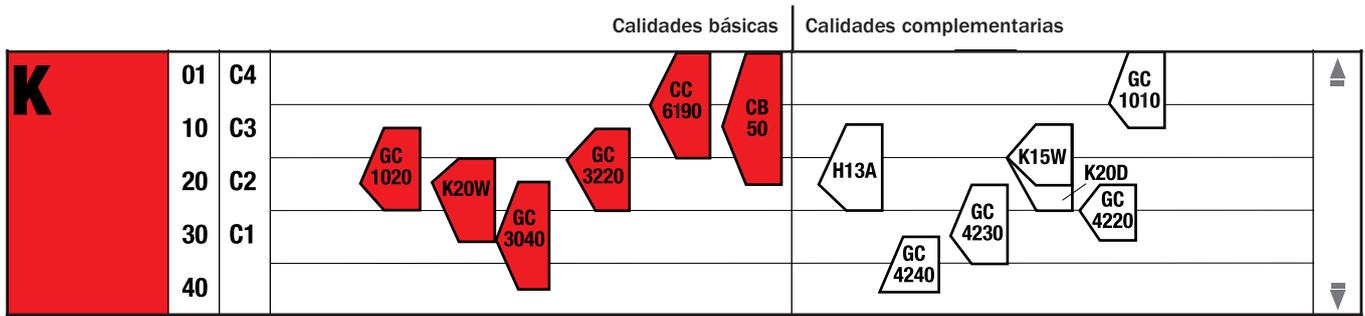
S30T (HC) – M25 (M15 – M35)

- Metal duro con recubrimiento de PVD para fresado en condiciones estables con velocidades de corte de medias a altas. En el caso de aplicaciones en las que las exigencias en cuanto a seguridad del filo y fiabilidad son elevadas como, por ejemplo, en aceros inoxidables austeníticos pastosos y dúplex, se usa principalmente en seco, pero también con refrigerante.

S40T (HC) – M45 (M30 – M45)

- Metal duro de gran tenacidad con recubrimiento de MT-CVD para fresado en operaciones exigentes de gran tenacidad en acero inoxidable; también resulta útil en operaciones con tendencias abrasivas como, por ejemplo, las realizadas en materiales de fundición, aceros inoxidables ferríticos/martensíticos y aceros PH a velocidades medias. Útil asimismo para la producción de lotes pequeños en materiales mixtos.

Fundición



GC3040 (HC) – K30 (K20 – K40)

- Calidad tenaz de metal duro con recubrimiento para fresado exigente de fundición, por ejemplo, fundición nodular, con refrigerante o con alta resistencia a la tracción. Vida útil de la herramienta prolongada y homogénea a velocidad de corte baja y media.

GC3220 (HC) – K15 (K10 – K25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento CVD para operaciones de fresado medio a desbaste de fundición gris, principalmente sin refrigerante. Vida útil de la herramienta prolongada y homogénea a velocidad de corte media y alta.

GC1020 (HC) – K20 (K10 – K25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para operaciones de fresado medio y desbaste de fundición gris y nodular con refrigerante. Para utilizar a velocidad media y alta con una vida útil de la herramienta homogénea.

CB50 (CBN) – K10 (K01 – K20)

- CB50 es una plaquita con punta de nitruro de boro cúbico. Ofrece una gran tenacidad del filo junto con una buena resistencia al desgaste. CB50 es muy adecuada para mecanizar fundición en condiciones favorables.

K20W (HC) – K20 (K15 – K30)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para operaciones de fresado medio y desbaste de fundición gris con refrigerante. Para utilizar con velocidades de corte bajas y medias.

CC6190 (CN) – K05 (K01 – K15)

- Calidad de cerámica de nitruro de silicio para desbaste y semiacabado de fundición gris a altas velocidades de corte.

K15W (HC) – K15 (K10 – K25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para operaciones de fresado en fundición gris con refrigerante. Para utilizar con velocidades de corte medias.

K20D (HC) – K15 (K10 – K20)

- Calidad con recubrimiento MTCVD para fresado medio y desbaste de fundición. Principalmente sin refrigerante. Vida útil de la herramienta prolongada con capacidad de velocidad elevada.

H13A (HW) – K20 (K10 – K25)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento resistente al desgaste y tenaz para fresado ligero a medio a velocidades de corte moderadas. Ideal para fresar fundición ferrítica nodular.

GC1010 (HC) – K05 (K01 – K10)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar en acabado fundición nodular y gris. Es posible predecir vida útil de la herramienta prolongada, con un acabado superficial uniforme.

GC4220 (HC) – K25 (K20 – K30)

- Calidad con recubrimiento de metal duro para fresado ligero y pesado de fundición a velocidad media. Complemento para la calidad GC3000.

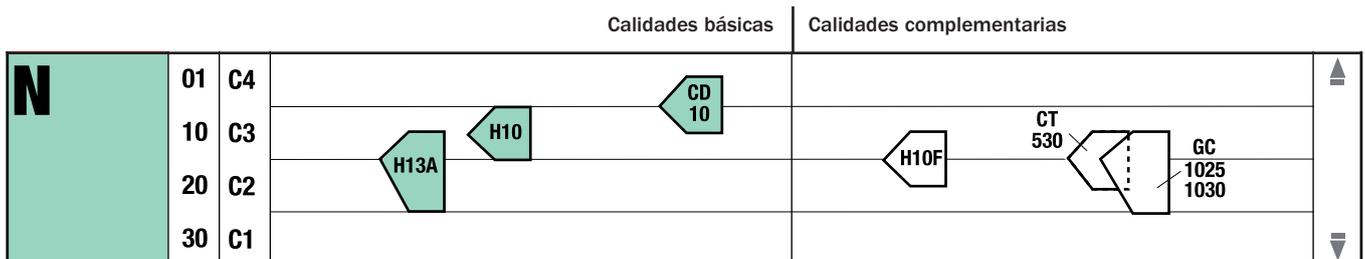
GC4230 (HC) – K30 (K20 – K35)

- Calidad con recubrimiento de metal duro para fresado ligero y pesado de fundición nodular.

GC4240 (HC) – K40 (K30 – K40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para operaciones medias y pesadas a baja velocidad con alta exigencia de tenacidad.

Metales no férricos, plástico, madera



CD10 (DP) – N05 (N01 – N10)

- Calidad de diamante policristalino para mecanizar materiales no férricos y no metálicos. Ofrece una vida útil de la herramienta prolongada, un corte limpio y un buen acabado superficial.

CT530 (HT) – N15 (N10 – N20)

- Calidad Cermet recomendada principalmente a elevadas RPM durante el fresado de aluminio gracias a su baja tendencia a la formación de filo de aportación y al poco peso de las plaquitas.

H10F (HW) – N15 (N10 – N25)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento para fresar aleaciones de aluminio en combinación con filos vivos.

H10 (HW) – N10 (N05 – N15)

- Calidad de metal duro de grano fino sin recubrimiento que proporciona una excelente agudeza del filo, para fresar aluminio.

GC1025 (HC) – N15 (N10 – N25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar en desbaste aleaciones de aluminio con aristas de corte rectificadas.

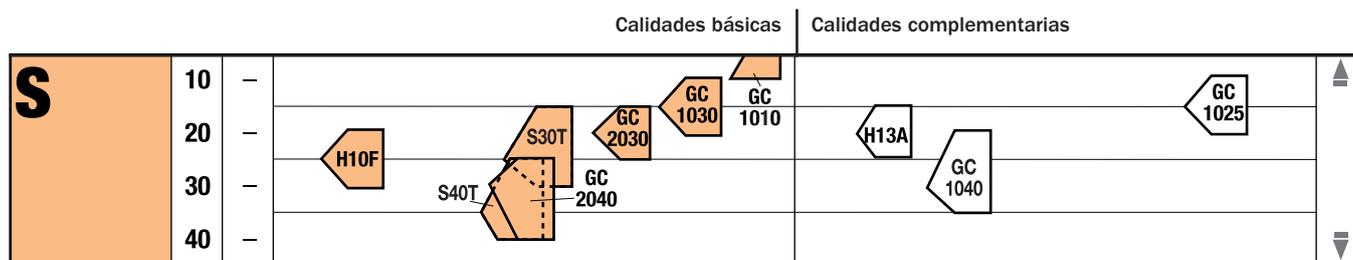
GC1030 (HC) – N15 (N10 – N25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar en desbaste aleaciones de aluminio con filos de corte rectificadas.

H13A (HW) – N15 (N10 – N25)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento para fresar aleaciones de aluminio en combinación con filos vivos.

Aleaciones termorresistentes/Aleación de titanio

**H10F (HW) – S25 (S20 – S30)**

- Calidad de metal duro sin recubrimiento con grano fino. Elevada resistencia al desgaste en entalladura que hace que sea adecuada para fresar materiales para la industria aeroespacial, p.ej. titanio.

S30T (HC) – S25 (S15 – S30)

- Calidad de metal duro microgranulado con recubrimiento de PVD para el fresado de titanio. Ofrece unos filos extremadamente afilados y resistentes a la fatiga y al desprendimiento de microvirutas, lo que se traduce en una mayor resistencia de los filos a velocidades de corte superiores.

GC2030 (HC) – S20 (S15 – S25)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para semiacabado y desbaste ligero de superaleaciones termorresistentes a baja velocidad.

GC1030 (HC) – S15 (S10 – S20)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar superaleaciones termorresistentes a velocidad media. Buena resistencia a formar filo de aportación y a la deformación plástica.

S40T (HC) – S35 (S25 – S45)

- Calidad de metal duro con recubrimiento CVD para el fresado de titanio en condiciones inestables. Mejora las vibraciones y otras condiciones difíciles prolongando los tiempos de corte y prediciendo el desgaste.

GC1010 (HC) – S10 (S05 – S10)

- Calidad de metal duro con recubrimiento de CVD para el fresado de titanio en condiciones complicadas. Soporta las vibraciones y otras condiciones complicadas durante un mayor tiempo de corte y presenta un desgaste predecible.

GC2040 (HC) – S30 (S25 – S40)

- Calidad de metal duro con recubrimiento de PVD para el fresado de titanio en condiciones muy buenas. Calidad optimizadora con una excelente resistencia al desgaste a velocidades de corte elevadas. Sensible a la inestabilidad y a las vibraciones.

H13A (HW) – S20 (S15 – S25)

- Calidad de metal duro sin recubrimiento, con buena resistencia al desgaste por abrasión y tenacidad, para fresar aleaciones termorresistentes con velocidades de corte y avances moderados.

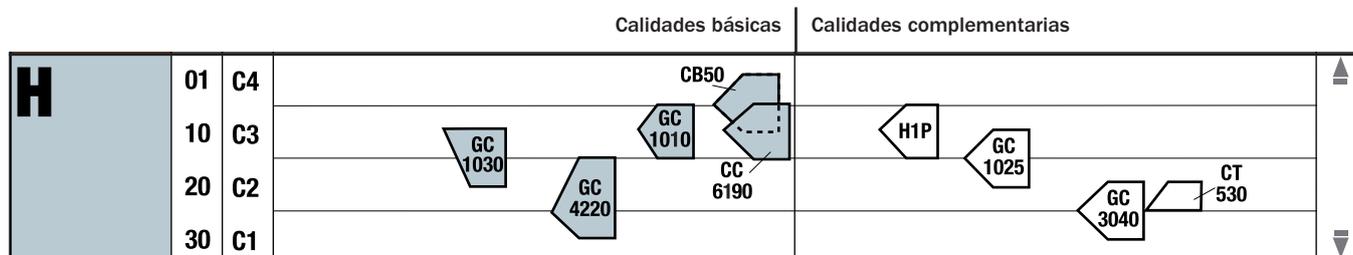
GC1025 (HC) – S20 (S10 – S20)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar superaleaciones termorresistentes a velocidad media. Buena resistencia a formar filo de aportación y a la deformación plástica.

GC1040 (HC) – S30 (S20 – S35)

- Calidad de metal duro de gran tenacidad con recubrimiento de PVD para fresado en condiciones complicadas con una velocidad de corte y/o avance de bajo a intermedio. Para aplicaciones en las que las exigencias en cuanto a seguridad y agudeza del filo son elevadas. Principalmente para aceros inoxidables austeníticos pastosos y aceros dúplex.

Acero templado

**CB50 (BN) – H05 (H01 – H10)**

- CB50 es una plaquita con punta de nitruro de boro cúbico. Ofrece una gran tenacidad del filo junto con una buena resistencia al desgaste. CB50 es muy adecuada para mecanizar acero templado en condiciones favorables.

GC6190 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Calidad de cerámica de nitruro de silicio adecuada para semiacabado de fundición en coquilla a velocidad media y alta.

GC1010 (HC) – H10 (H05 – H15)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para mecanizar acero templado. Es capaz de trabajar con diferentes exigencias de mecanizado, desde operaciones de desbaste hasta acabado. Gracias a su excepcional resistencia a la deformación plástica, a las fisuras térmicas y al desgaste, esta calidad puede permanecer mucho tiempo en el corte. Adecuada para mecanizar acero templado a partir de 36HRC y superior.

GC1030 (HC) – H10 (H10 – H20)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar piezas templadas con avance bajo y velocidad moderada.

GC4220 (HC) – H25 (H15 – H30)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para desbaste ligero bajo condiciones favorables de acero templado a HRC 60. Puede soportar elevadas temperaturas.

CT530 (HT) – H25 (H10 – H25)

- Calidad Cermet para fresar en acabado piezas de acero templado a velocidades bajas y medias.

GC3040 (HC) – H25 (H20 – H30)

- Calidad de metal duro con recubrimiento para fresar en desbaste acero templado en condiciones favorables y velocidad baja y media.

GC1025 (HC) – H15 (H10 – H20)

- Calidad de metal duro con recubrimiento PVD para fresar piezas templadas con avance bajo y velocidad moderada.

H1P (HW) – H10 (H05 – H15)

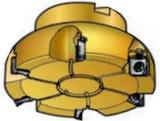
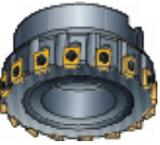
- Calidad de metal duro sin recubrimiento para acabado de fundición en coquilla a velocidades medias.

Fresado en escuadra

 $K_r = 90^\circ$

Geometría de plaquita	Tamaño de plaquita	Avance por diente, f_z (mm/diente)		Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)				
		Valor de partida	(mín.- máx.)	Valor de partida	(mín.- máx.)			
CoroMill® 490  R490	M-PL M-PM M-PH	08	0.10 0.17 0.22	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.25)	0.10 0.17 0.22	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.25)		
	E-ML E-MM M-MM		0.15 0.17 0.17	(0.12 - 0.18) (0.15 - 0.20) (0.15 - 0.20)	0.15 0.17 0.17	(0.12 - 0.18) (0.15 - 0.20) (0.15 - 0.20)		
	M-KL M-KM M-KH		0.10 0.17 0.25	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.30)	0.10 0.17 0.25	(0.05 - 0.15) (0.10 - 0.20) (0.15 - 0.30)		
	E-PL E-ML E-KL E-NL		Ligero	11	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)
	M-PL M-KL		Ligero	11	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)
	E-PL E-ML E-KL E-NL		Ligero	17	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)	0.08 0.10 0.08 0.20	(0.05 - 0.12) (0.05 - 0.15) (0.05 - 0.12) (0.10 - 0.30)
	M-PL M-KL		Ligero	17	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)
	E-PM E-MM E-KM		Medio	11	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
	M-PM M-MM M-KM		Medio	11	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.13 0.12	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
	E-PM E-MM E-KM		Medio	17	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)
M-PM M-MM M-KM	Medio	17	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)	0.10 0.15 0.15	(0.08 - 0.15) (0.08 - 0.20) (0.12 - 0.20)		
M-PH M-MH M-KH	Pesado	11	0.12 0.16 0.15	(0.08 - 0.20) (0.08 - 0.22) (0.12 - 0.22)	0.12 0.16 0.15	(0.08 - 0.20) (0.08 - 0.22) (0.12 - 0.22)		
M-PH M-KH	Pesado	17	0.20 0.20	(0.15 - 0.35) (0.15 - 0.35)	0.20 0.20	(0.15 - 0.35) (0.15 - 0.35)		
H-PL H-ML H-KL	Ligero	18	0.10 0.10 0.10	(0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19)	0.10 0.10 0.10	(0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19) (0.05 - 0.19)		
M-PM M-MM M-KM	Medio	18	0.20 0.20 0.20	(0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30)	0.20 0.20 0.20	(0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30) (0.08 - 0.30)		
E	PCD	11	0.15	(0.10 - 0.25)	0.15	(0.10 - 0.25)		
E	PCD	17	0.15	(0.10 - 0.25)	0.15	(0.10 - 0.25)		
CoroMill® 290  R290 $r_e = 0.8$ R290.90 $r_e = 2.0$	M-PL M-KL	Ligero	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)	0.08 0.10	(0.05 - 0.15) (0.08 - 0.15)		
	E-PL E-KL E-ML	Ligero	12	0.06 0.08 0.10	(0.05 - 0.09) (0.07 - 0.12) (0.08 - 0.15)	0.06 0.08 0.10	(0.05 - 0.09) (0.07 - 0.12) (0.08 - 0.15)	
	M-PM M-KM M-KM			Medio	12	0.17	(0.10 - 0.20)	0.17
	M-PL M-ML M-KL M-WL	Ligero	12	0.17	(0.10 - 0.20)	0.17	(0.10 - 0.20)	
	M-PM M-MM M-KM M-WM	Medio	12	0.12	(0.08 - 0.15)	0.12	(0.08 - 0.15)	
	M-PH M-KH M-WH	Pesado	12	0.25	(0.10 - 0.30)	0.25	(0.10 - 0.30)	
	E	Cerámica		0.10	(0.05 - 0.15)	0.10	(0.05 - 0.15)	
	E	CBN		0.10	(0.05 - 0.18)	0.10	(0.05 - 0.18)	

Fresado en escuadra

$K_r = 90^\circ$	Geometría de plaquita	Tamaño de plaquita	Avance por diente, f_z (mm/diente)		Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)	
			Valor de partida	(mín.- máx.)	Valor de partida	(mín.- máx.)
CoroMill® 690 	M-P-SL M-E-SL	10	0.10	(0.05 – 0.2)	0.10	(0.05 – 0.15)
	M-P-SL M-E-SL	14	0.12	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.05 – 0.15)
Coromant de filo largo para acabado  * Plaquita de 18 en el extremo	-PL2 -PL -ML2 -ML -2 -AL	18*/19	0.15	(0.05 – 0.2)	0.12	(0.02 – 0.08)
CoroMill® 790  R790	H-NL H-NM H-PL H-NL H-NM H-PL	16 16 16 22 22 22	0.2 0.3 0.15 0.3 0.6 0.15	(0.1 – 0.3) (0.1 – 0.4) (0.10 – 0.20) (0.10 – 0.40) (0.20 – 0.60) (0.10 – 0.20)	0.2 0.3 0.05 0.3 0.6 0.05	(0.1 – 0.3) (0.1 – 0.4) (0.02 – 0.08) (0.10 – 0.40) (0.20 – 0.60) (0.02 – 0.08)
CoroMill® Century  R590	-NL CD10 -NL H10		0.15 0.20	(0.05 – 0.30) (0.10 – 0.40)	0.15 0.20	(0.05 – 0.30) (0.10 – 0.40)
AUTO-FS  R/L262.4 R/L262.42	SBEN SBEX SBEX-11	Acabado	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)
Línea T  R260.90	CDE	Desbaste	0.17	(0.1 – 0.3)	0.17	(0.1 – 0.3)

Planeado

	Geometría de plaquita	Tamaño de plaquita	Avance por diente, f_z (mm/diente)		Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)		
			Valor de partida	(mín.- máx.)	Valor de partida	(mín.- máx.)	
$K_r = 75^\circ - 10^\circ$							
CoroMill® 345							
	E-PL E-ML E-KL M-PL M-KL M-PM M-MM M-KM	Ligero	13	0.15	(0.07 – 0.20)	0.10	(0.07 – 0.14)
	M-PH M-KH	Medio		0.30	(0.15 – 0.45)	0.21	(0.10 – 0.32)
		Pesado		0.45 0.40	(0.35 – 0.55) (0.30 – 0.50)	0.32 0.28	(0.25 – 0.39) (0.21 – 0.35)
CoroMill® 245							
 R245	E-PL E-ML E-KL	Ligero		0.14	(0.08–0.21)	0.10	(0.06 – 0.15)
				0.11	(0.07–0.17) CT530, H13A, H10	0.08	(0.06 – 0.12)
	M-PL M-KL	Ligero		0.17	(0.08 – 0.21)	0.12	(0.06 – 0.15)
	M-PM, M-KM M-PM, M-KM	Medio		0.24 0.12	(0.10 – 0.28) (0.08 – 0.18) CT530, H13A	0.17 0.09	(0.07 – 0.20) (0.06 – 0.13)
	K-MM			0.23	(0.10 – 0.28)	0.16	(0.07 – 0.20)
	M-PH M-KH	Pesado		0.35	(0.10 – 0.42)	0.25	(0.07 – 0.30)
	E-AL			0.24	(0.10 – 0.28)	0.17	(0.07 – 0.20)
	E	Cerámica		0.21	(0.10 – 0.30) CC6190	0.15	0.07 – 0.20
	E	CBN		0.14	(0.07 – 0.21) CB50	0.10	(0.06 – 0.15)
	E	PCD		0.14	(0.07 – 0.21) CD10	0.10	(0.06 – 0.15)
CoroMill® 365							
	-PL -PM -KL -KM		15	0.20 0.22 0.22 0.25	(0.12 – 0.28) (0.15 – 0.28) (0.12 – 0.35) (0.15 – 0.35)	0.18 0.20 0.20 0.23	(0.11 – 0.25) (0.14 – 0.25) (0.11 – 0.32) (0.14 – 0.32)
Sandvik AUTO							
 R/L260.3	TNHF-WL TNEF-WL TNHF-CA TNEF-CA TNHF-65 TNEF-65 TNJN TNEN TNCN			0.17 0.24 0.24 0.24 0.35 0.24	(0.08 – 0.21) (0.1 – 0.42) (0.1 – 0.28) (0.1 – 0.70) (0.1 – 0.28)	0.12 0.17 0.17 0.25 0.17	(0.06 – 0.15) (0.07 – 0.30) (0.07 – 0.20) (0.07 – 0.50) (0.07 – 0.20)
AUTO-AF							
 R/L260.8 R/L260.82	N260.8-F N260.8-L			0.16	(0.08 – 0.21)	0.15	(0.08 – 0.20)

Planeado y fresado en "plunge"

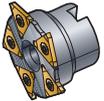
 $K_r = 75^\circ - 10^\circ$

	Geometría de plaquita		Tamaño de plaquita	Avance por diente, f_z (mm/diente)		Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)	
				Valor de partida	(mín.- máx.)	Valor de partida	(mín.- máx.)
CoroMill® 360 	PM MM KH	Pesado	19 28	0.45	(0.3 – 0.7)	0.40	(0.25 – 0.60)
T-MAX® 45 R260.7 	LNCX -11 -31 -32	Medio		0.35 0.35 0.35	(0.10 – 1.0) (0.10 – 0.70) (0.10 – 0.70)	0.25 0.25 0.25	(0.07 – 0.70) (0.07 – 0.50) (0.07 – 0.50)
CoroMill® 210  R210	M-PM M-KM M-MM E-PM E-MM E-KM		09 14 09 14	Planeado 1.0 (0.4 – 2.0) 1.5 (0.5 – 3.0) Fresado en "plunge" 0.15 (0.01 – 0.2) 0.20 (0.10 – 0.25)		0.17 0.26	(0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52) (0.07 – 0.35) (0.08 – 0.52)
Fresa Coromant para fresado en "plunge" 	LPMH-PM LPMH-MM		25	0.20	(0.10 – 0.30)		

Plaquita redonda y punta esférica

Plaquita redonda y punta esférica				Avance por diente, f_z (mm/diente)	Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)		
		Geometría de plaquita	Tamaño de plaquita, iC	Valor de partida (mín.- máx.)	Valor de partida (mín.- máx.)	Valor de partida (mín.- máx.)	
Redondas							
 <p>CoroMill® 200 R200</p>	-PL -ML -KL	Ligero	10 – 20		0.08	(0.05 – 0.12)	
	-PM -KM -MM -WM	Medio	10 – 20		0.17	(0.10 – 0.20)	
	-PH -KH -WH	Pesado	10 – 20		0.25	(0.10 – 0.30)	
		CBN	12		0.10	(0.05 – 0.15)	
		Cerámica	12 – 16		0.20	(0.07 – 0.30)	
 <p>CoroMill® 300 R300</p> <p>Consulte la tabla detallada de avance en el catálogo principal.</p>	E-PM E-MM	Ligero	8 10 12 16 20	Planeado plaquita redonda ($a_p < iC/2$) mm.	0.13	(0.05 – 0.15)	
						0.13	(0.05 – 0.15)
						0.15	(0.05 – 0.20)
						0.18	(0.05 – 0.20)
						0.2	(0.05 – 0.25)
						0.2	(0.05 – 0.25)
		E-PM E-MM	Medio	5 7 8 10 12 16 20	$f_z = \frac{h_{ex} \times iC}{2 \times \sqrt{a_p \times iC - a_p^2}}$	0.08	(0.05 – 0.12)
						0.10	(0.05 – 0.15)
						0.13	(0.05 – 0.20)
						0.18	(0.05 – 0.25)
						0.18	(0.05 – 0.25)
						0.2	(0.05 – 0.30)
	M-PM M-MM	Medio	8 10 12 16 20	Fresado longitudinal ($a_e < D_{cap}/2$) y plaquita redonda ($a_p < iC/2$) mm.	0.13	(0.07 – 0.20)	
					0.15	(0.07 – 0.25)	
					0.15	(0.07 – 0.25)	
					0.18	(0.07 – 0.25)	
					0.20	(0.07 – 0.30)	
					0.20	(0.07 – 0.30)	
	M-PH M-MH M-KH	Pesado	8 10 12 16 20	$f_z = \frac{h_{ex} \times iC \times D_{cap}}{4 \times \sqrt{a_p \times iC \times a_p^2 \times \sqrt{D_{cap} \times a_e - a_e^2}}}$	0.15	(0.07 – 0.25)	
					0.20	(0.07 – 0.30)	
					0.20	(0.07 – 0.30)	
					0.25	(0.07 – 0.40)	
					0.25	(0.07 – 0.40)	
					0.35	(0.07 – 0.55)	
Punta esférica							
 <p>CoroMill® de punta esférica R216</p>	-12 .. M-M -16 .. M-M -20 .. M-M -25 .. M-M -30 .. M-M -32 .. M-M -40 .. M-M -50 .. M-M			Avance por diente (mm/diente), fresa centrada.	0.10	(0.08 – 0.21)	
						0.10	(0.08 – 0.21)
						0.15	(0.08 – 0.25)
						0.15	(0.08 – 0.25)
						0.17	(0.08 – 0.28)
						0.17	(0.08 – 0.28)
						0.20	(0.10 – 0.42)
						0.25	(0.10 – 0.42)
						0.25	(0.10 – 0.42)
		-10 .. E-M -12 .. E-M -16 .. E-M -20 .. E-M -25 .. E-M -30 .. E-M -32 .. E-M -40 .. E-M -50 .. E-M			Avance por diente (mm/diente), fresado lateral.	0.10	(0.05-0.21)
						0.10	(0.05-0.21)
						0.10	(0.05-0.21)
						0.15	(0.05-0.25)
						0.15	(0.05-0.25)
						0.17	(0.05-0.28)
						0.17	(0.05-0.28)
						0.20	(0.05-0.35)
						0.20	(0.05-0.35)
				0.20	(0.05-0.35)		
 <p>CoroMill® de punta esférica para acabado R216F</p>	-08 .. E-L -10 .. E-L -12 .. E-L -16 .. E-L -20 .. E-L -25 .. E-L -30 .. E-L -32 .. E-L			$f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{\sqrt{D_{cap}^2 - (D_{cap} - 2 \times a_e)^2}}$	0.12	(0.10-0.25)	
						0.12	(0.10-0.25)
						0.15	(0.15-0.35)
						0.17	(0.15-0.35)
						0.17	(0.15-0.35)
						0.20	(0.15-0.40)
						0.20	(0.15-0.40)
						0.20	(0.15-0.40)
						0.20	(0.15-0.40)

Fresado de ranuras

Fresas de disco		Geometría de plaquita	Tamaño de plaquita	Avance por diente, f_z (mm/diente)		Espesor máximo de la viruta, h_{ex} (mm)		
				Valor de partida	(mín.- máx.)	Valor de partida	(mín.- máx.)	
CoroMill® 327		-GM -GMM -GC -CH -TH -THM -RM	06, 09, 12, 14	0.15	(0.07 – 0.25)	0.06	(0.02 – 0.1)	
CoroMill® 328		-GM -GC -TH	13	0.15	(0.1 – 0.2)	0.1	(0.05 – 0.15)	
CoroMill® 329		Tamaño de asiento -D, -E -F, -G -H, -J, -K		0.1	(0.07 – 0.17)	0.07	(0.05 – 0.12)	
CoroMill® 331		-PL, ML, -KL, -WL, -NL	04, 05	0.15	(0.05 – 0.22)	0.10	(0.05 – 0.15)	
			08, 11, 13, 14	0.18	(0.07 – 0.22)	0.12	(0.08 – 0.15)	
		-PM, -MM, -KM, -WM	04, 05	0.19	(0.08 – 0.29)	0.13	(0.08 – 0.20)	
			08, 11, 13, 14	0.25	(0.1 – 0.29)	0.17	(0.10 – 0.20)	
		RCHT/RCKT						
		-PL, ML, -KL		0.11	(0.07 – 0.17)	0.08	(0.07 – 0.17)	
-WM, -PM, -MM -KM		0.24	(0.10 – 0.28)	0.17	(0.10 – 0.28)			
-WH, -KH, -PH		0.35	(0.10 – 0.42)	0.25	(0.10 – 0.30)			
Fresa T-Max® Q	Para ranurar							
	330.20	330.20 -AA -AA -XE	2 – 4	0.09	(0.02 – 0.12)	0.06	(0.02 – 0.06)	
			5 – 6	0.09	(0.02 – 0.12)	0.08	(0.02 – 0.13)	
				0.09	(0.02 – 0.12)	0.08	(0.02 – 0.13)	