



Piense en **eficiencia**, Piense en **HSS**

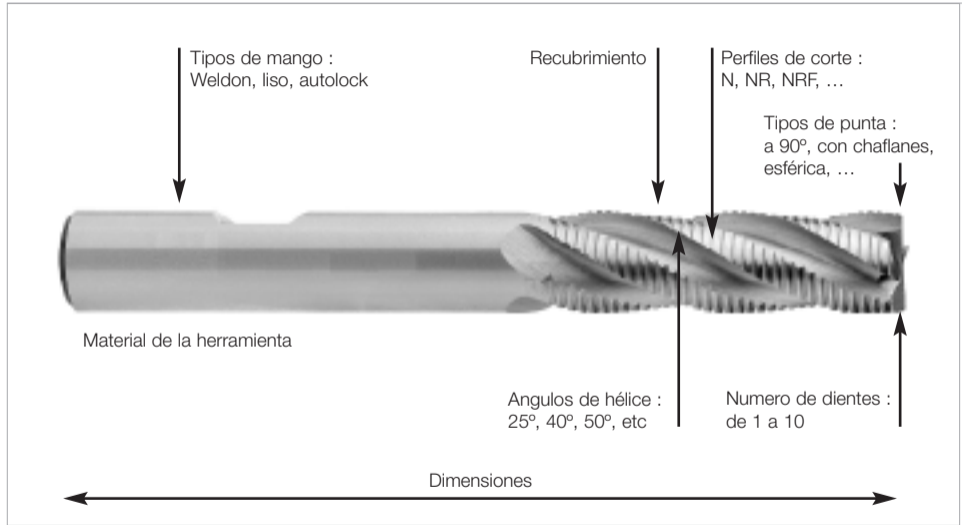
FRESADO

HERRAMIENTAS DE FRESADO

- 2 Esquema de una fresa
- 3 ¿Qué tipo de HSS para el máximo rendimiento?
- 4 Recubrimientos para el mejor rendimiento
- 5 Vocabulario
- 6 Elija el diseño correcto
- 7 Seleccione un perfil de corte
- 8 Perfiles de corte especiales
- 9 El número correcto de dientes
- 10 Diferentes ángulos de hélice
- 11 Diseños comunes del frontal
- 12 Dimensiones y tolerancias
- 13 Sujeción de fresas con mango
- 14 Sujeción de fresas de agujero

PROCESO DE FRESADO

- 15 Fundamentos de fresado
- 16 Tipos de fresado con fresas cilíndricas
- 17 Tipos de fresado con otras fresas
- 18 Fresado convencional vs. fresado en trepado
- 19 Velocidades de corte típicas
- 20 Como alcanzar altos ratios de arranque de material
- 21 Refrigeración y evacuación de viruta
- 22 Resolución de problemas
- 23 Como controlar el desgaste
- 24 Información que aporta la viruta
- 25 Formulas útiles de fresado



HSS

- Uso poco frecuente

HSS-E 5% cobalto

- Elección básica

HSS-E 8% cobalto

- La calidad más común
- Para mayores velocidades de corte
- Para altas productividades

HSS-PM (pulvimetalúrgico)

- Alto rendimiento en desbaste
- Larga vida de la herramienta
- La mejor elección para aleaciones de Níquel o aleaciones de Titanio
- Adecuado para mecanizar en seco

HSS-E-PM (pulvimetalúrgico)

- Alto rendimiento en acabado pero también en desbaste
- Altas velocidades de corte
- Larga vida de la herramienta
- Adecuado para mecanizar en seco



**CONSEJO DEL
FABRICANTE**

*Para el máximo
rendimiento del
recubrimiento,
elija un substrato
HSS-PM*

TiN
Dorado

- Recubrimiento convencional para usos generales
- Reduce la fricción
- Buena resistencia al desgaste por abrasión

TiCN
Gris-violeta

- Recubrimiento multipropósito, especialmente para fresas de desbaste
- Gran resistencia al desgaste por abrasión
- Disponible en mono o multicapa
- Recomendado para aceros de construcción

TiAlN
o **TiAlCN**
Negro-violeta

- Recubrimiento de gran rendimiento para un amplio rango de parámetros de corte
- De 2 a 6 veces más de vida de herramienta respecto a los recubrimientos convencionales
- Reduce el calentamiento de la herramienta
- Las versiones multicapa, nanoestructurada o aleada ofrecen todavía un mejor rendimiento
- Adecuado para mecanizado en seco

MoS₂
o **WC-C**
Gris-Negro

- Reduce la fricción
- Resistencia a la temperatura limitada
- Recomendado para aleaciones de aluminio, cobre y materiales no metálicos



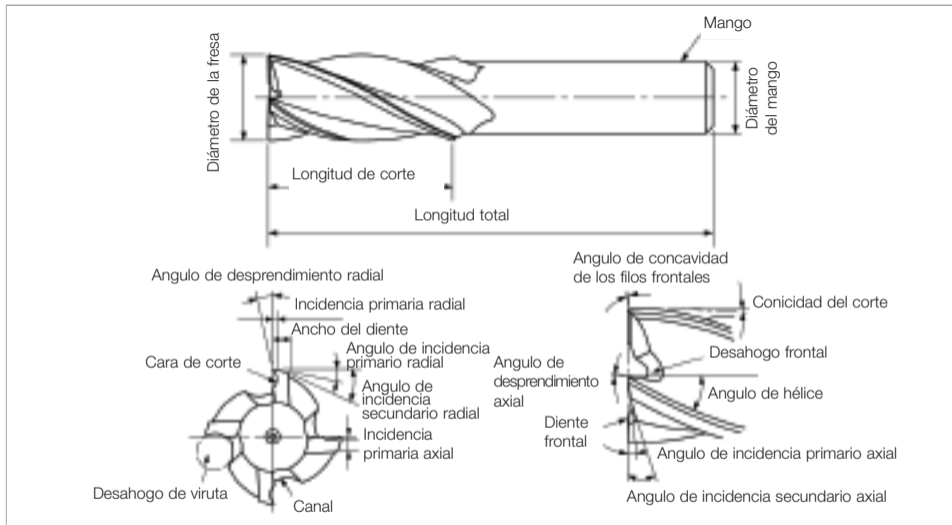
**LA FRESA
ALREDEDOR
DEL MUNDO**

Francés :
une fraise

Alemán :
ein Fräser

Italiano :
una fresa

Inglés :
an end mill



**CONSEJO DEL
FABRICANTE**

*Se recomiendan
insertos de HSS
cuando los insertos
de metal duro fallan*



Fresa compacta

Para pequeños diámetros de herramienta (de 1 a 32 mm o hasta 63 mm)

- + Para geometrías complejas (superficies 3D) : cajas, radios, etc.
- + Para centros de mecanizado modernos
- + Para operaciones de desbaste y acabado



Fresas con insertos de HSS intercambiables

Para herramientas de gran diámetro (de 10 a 160 mm)

- + Corte afilado y ángulo de corte más agudo que en los insertos de metal duro
- + Adecuado cuando los insertos de metal duro fallan, especialmente en aceros inoxidables
- + El reafilado no es necesario (insertos desechables)



Fresas de planear

Montadas sobre un eje o mandrino

Para diámetros de herramienta grandes (de 32 a 100 mm)

- + Muy productivas en operaciones de desbaste
- Cuerpo frágil (debido al agujero de sujeción)
- Solo para operaciones de planear



Fresas de ranurar

Montadas sobre un eje o mandrino

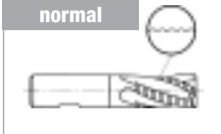
- + Es posible montar varias fresas para ranuras grandes y precisas
- + Buena transmisión del par
- Es necesaria una tolerancia muy precisa en el agujero de sujeción para evitar el descentrado

CONSEJO DEL FABRICANTE

Los rompevirutas son esenciales para aumentar la profundidad de pasada y disminuir la potencia y los esfuerzos de corte

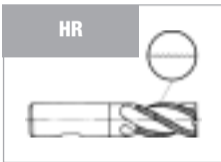
PERFILES DE DESBASTE

NR circular normal



- Rompevirutas circulares
- Paso normal
- Para desbaste y ranuras profundas
- Menor calidad superficial $Ra > 6,3$
- Para aceros, fundición

HR

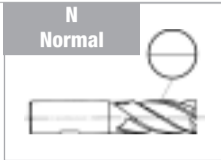


- Rompevirutas circulares
- Paso fino
- Para desbaste-terminado



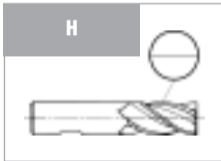
PERFILES DE ACABADO

N Normal



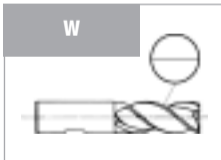
- Para todos los materiales
- Perfil universal
- El perfil más utilizado

H



- Para materiales duros
- Virutas cortas
- Acabado superficial excelente

W



- Para materiales no férricos
- Acabado superficial excelente

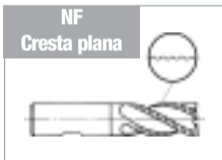
**CONSEJO DEL
FABRICANTE**

*Gracias a las
propiedades
del HSS, los
fabricantes
de herramientas
pueden diseñar
perfiles de corte
apropiados para
resolver problemas
de mecanizado
específicos*

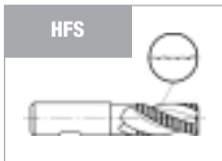
PERFILES DE DESBASTE-TERMINADO



- Para materiales no férricos
- Para desbaste-terminado



- Paso normal
- Para desbaste-terminado
- Rompevirutas planos



- Rompevirutas planos
- Paso normal
- Para desbaste / acabado

CONSEJO DEL FABRICANTE

Elija un fresa de 2 dientes para materiales blandos.

Elija una fresa de 4 dientes para materiales difíciles de mecanizar



2 dientes

- Gran espacio de desalajo de viruta y pequeño diámetro del alma
- Buenos resultados en desbaste y en fresado de ranuras
- También utilizado para taladrar en aleaciones de aluminio y materiales de viruta larga



3 dientes

- La fresa más universal
- Elección excelente para fresar ranuras en materiales férricos y aleaciones resistentes al calor



4 dientes

- Geometría universal, utilizada para fresado periférico y fresado de caras y costados
- Elevada rigidez de herramienta debido al gran diámetro del alma
- Menor ratio de viruta desalojada que con una fresa de 3 dientes



5 o más dientes

- Principalmente para acabado. Buen acabado superficial
- Permite avances altos
- Corte suave porque siempre hay un diente en contacto con el material de la pieza
- También para desbaste con diámetros de herramienta > 20 mm



**CONSEJO DEL
FABRICANTE**

*Seleccione
el ángulo
de hélice
de acuerdo
con el material
de la pieza
y el tipo
de operación
(desbaste / acabado)*

**MENOS
DE 25°**

**Para desbaste y
terminado con
diámetros grandes**

- + Utilizadas en acero y fundición y para todo tipo de materiales cuando son necesarias herramientas de diámetro grande
- + Bajo esfuerzo de corte axial (interesante con grandes diámetros)
- Inadecuado para fresar ranuras profundas debido a la dificultad en desahogar la viruta
- Choques debido a contacto no uniforme entre la herramienta y la pieza a mecanizar

**DE 25°
A 35°**

**Elección básica para
desbaste y terminado
en todos los materiales**

- + Uso universal, con un buen equilibrio de esfuerzos de corte
- No es siempre la opción más productiva

**DE 40°
A 50°**

**Para desbaste y
acabado de aleaciones
no férricas**

- + Mayor profundidad de pasada en aleaciones férricas cuando se combina con un número de dientes pequeño
- + Contacto constante del diente con la pieza a mecanizar
- Aristas frágiles
- Altos esfuerzos de corte axial en operaciones de desbaste con diámetros de herramienta grandes

**MAYOR
DE 50°**

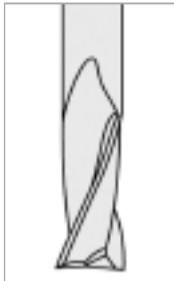
**Para acabado de
materiales duros**

- + Muy buen acabado superficial y alta productividad, cuando se combina con un número de dientes grande
- Aristas frágiles si no están matadas en chaflán o en radio



¿SABIA QUE?

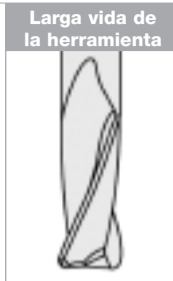
La tenacidad del HSS prolonga la vida de la herramienta con arista viva



En arista

Mecanizado en general

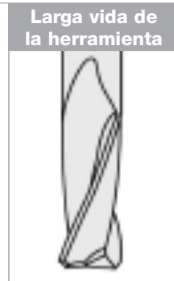
- Angulo a escuadra
- Aristas frágiles



Aristas en chaflán

Mecanizado en general

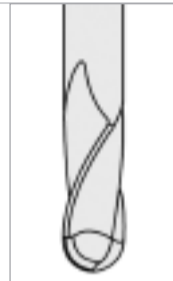
- Aristas resistentes
- Buen rendimiento en operaciones de desgaste
- Adecuado para herramientas recubiertas



Aristas en radio

Aeronáutica

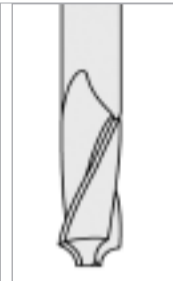
- Uso típico en piezas en 3D
- Aristas muy resistentes
- Adecuado para herramientas recubiertas



Punta esférica

Moldes y matrices

- Acabado de piezas en 3D
- La velocidad de corte en el centro es nula, mala calidad superficial en materiales blandos



Punta semicóncava

Mecanizado en general

- Utilizado para redondear cantos
- Aristas frágiles

¿SABIA QUE...?

Las tolerancias de las fresas de HSS son idénticas a las tolerancias de las fresas de metal duro



Extra corta



Corta (standard)



Larga



Extra larga

Cuatro longitudes típicas de herramientas (ISO 1641/1)

La longitud de corte define la altura que puede ser mecanizada de una pasada

Para un mejor rendimiento, especialmente en desbaste, utilice las herramientas más cortas y trabaje tan cerca del cabezal de la máquina como le sea posible

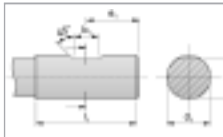
Diámetro

Las tolerancias del diámetro de mango (h6) son muy estrechas (necesario para operaciones de fresado de precisión)

Las tolerancias del diámetro de corte dependen del tipo de operación (desbaste, acabado, ranurado), y de las normas internacionales o del fabricante

CONSEJO DEL FABRICANTE

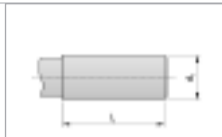
Para aumentar la vida de la herramienta y mejorar las tolerancias, Las fresas HSS pueden ser montadas por ajuste en caliente



Mango weldon

Elección básica

- + Elección con uno o dos planos de amarre
- + Sujeción simple, sin dañar la longitud de corte
- + Buena capacidad de transmisión del par en desbaste
- Porta-herramientas grande
- Problemas de descentrado a altas velocidades debidos al tornillo



Mango liso

Buena elección para diámetros de herramientas muy pequeños

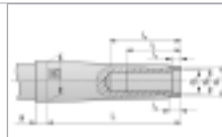
- + Longitud de la herramienta ajustable
- + Adecuado para amarres de precisión o ajuste en caliente
- + No hay descentrado al rotar a altas velocidades (no hay plano ni tornillo)
- Baja transmisión del par cuando se amarra con pinza
- No es adecuado para desbaste con diámetro de la herramienta > 12 mm



Mango Autolock

Elección básica en matriceria

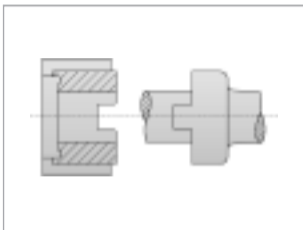
- Baja rigidez a la torsión
- No es posible el ajuste de longitud en el porta-herramientas



Mango cónico morse

Elección básica en matriceria

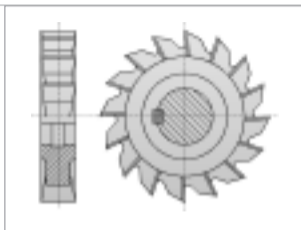
- + Buena concentricidad (ensamblaje cónico)
- + Longitud de porta-herramientas grande que permite su uso en casos de acceso a zonas difíciles
- Transmisión del par limitada
- Longitud de herramienta muy grande para desbaste



Con chavetero longitudinal

Para fresas de planear y fresas de agujero

+ Buena transmisión del par

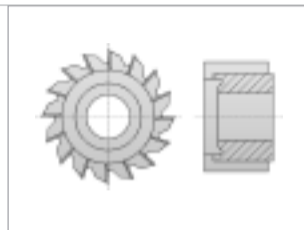


Con chavetero transversal

Para fresas de planear

+ Buena transmisión del par

+ Permite el montaje de varias herramientas a la vez



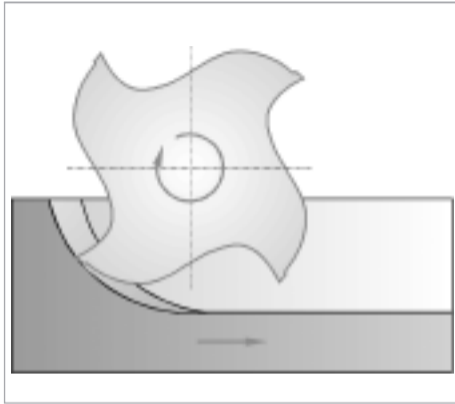
Agujero Liso

La elección más económica

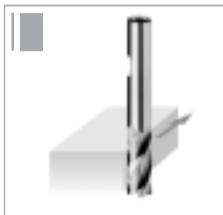
+ Adaptado a herramientas delgadas

+ Un amarre cuidadoso evita que la herramienta se deslice dentro del porta-herramientas

El fresado se caracteriza por un corte interrumpido y un espesor de viruta variable



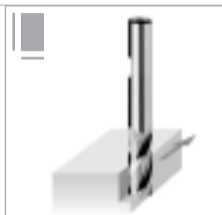
El fresado es una operación con corte interrumpido
El filo cortante se mueve según una circunferencia creando una viruta de espesor variable
En cada vuelta, el diente entra y sale del material de la pieza
Combinado con un espesor de viruta variable, este movimiento alternado conduce a una variación continua de los esfuerzos de corte y produce choques



Fresado lateral



Fresado frontal



Fresado frontal y lateral



Fresado de ranuras



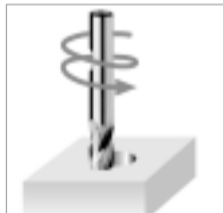
Fresado de frente



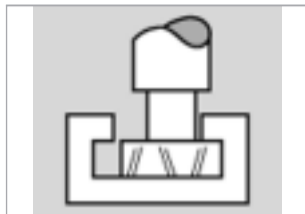
Fresado en diagonal



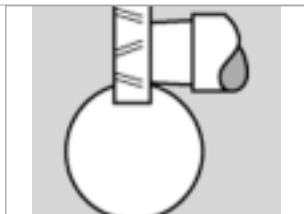
Fresado de cajas



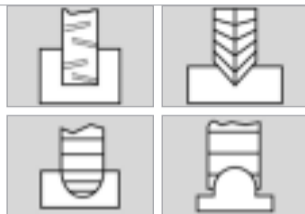
Fresado en interpolación helicoidal



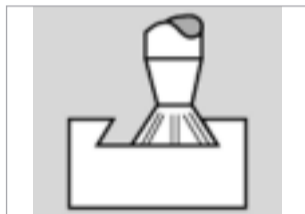
Fresas de ranuras en T



Fresa de ranurar Woodruff



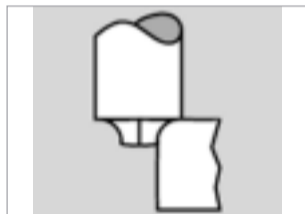
Fresa de forma para ranuras



Fresa angular



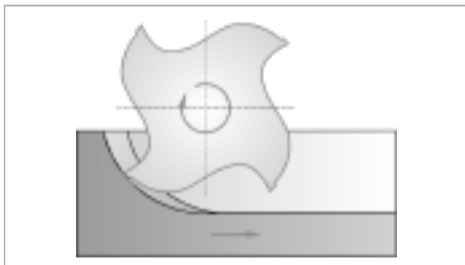
Fresa angular



Fresa semicóncava

CONSEJO DEL FABRICANTE

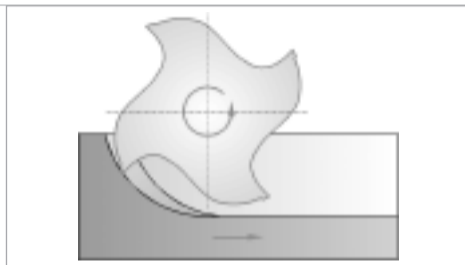
Gracias al filo extremadamente vivo, las fresas HSS pueden fresar hacia adelante y hacia atrás eficientemente. No existen tiempos improductivos



Fresado convencional (en oposición)

El espesor de la viruta varía gradualmente desde cero hasta un valor máximo al final del corte.

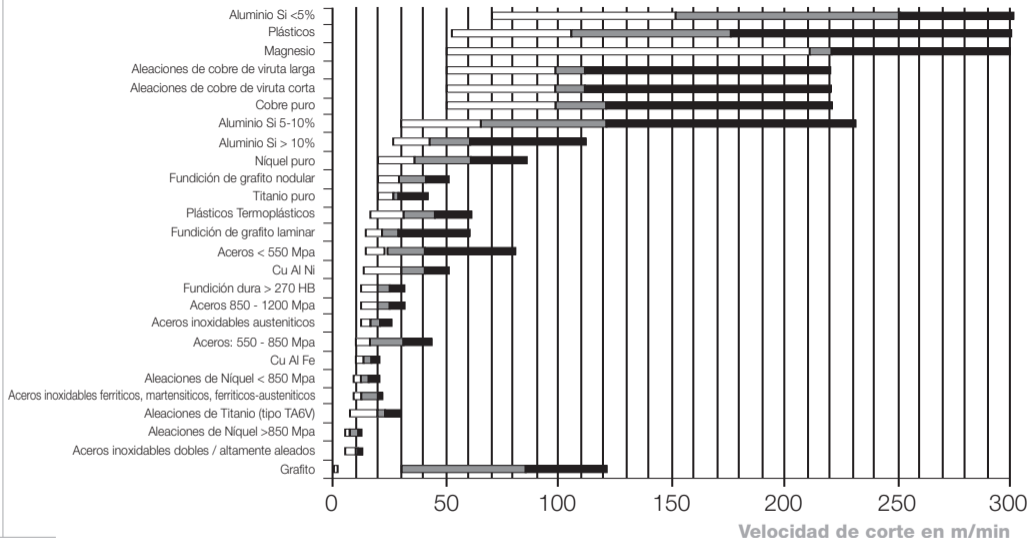
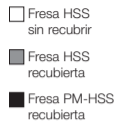
- + Utilizada solo cuando la fresadora no tiene suficiente rigidez o tiene holguras (fresadoras antiguas, de baja calidad y desgastadas)
- Tendencia a levantar la pieza hacia arriba
- El filo de corte se desliza en vez de cortar provocando rozamiento entre la herramienta y el material



Fresado en trepado (en concordancia)

El diente comienza el trabajo en la parte superior del corte produciendo primero la parte más gruesa de la viruta

- + Corte más eficiente
- + Larga vida de la herramienta
- + Mejor acabado superficial, especialmente con aceros inoxidables, aluminio o aleaciones de titanio
- Riesgo de rotura de la herramienta debido a un contragolpe repentino de la máquina cuando esta pierde rigidez



CONSEJO DEL FABRICANTE

Siempre incrementar el avance antes que la velocidad

- El ratio de arranque de material depende de dos parámetros, avance (f_z) y velocidad (N): $Q = a_p \times a_e \times N \times z_u \times f_z / 1000$
- Para una alta productividad en el fresado, incrementar el avance antes de incrementar la velocidad, especialmente en operaciones de desbaste.
- Siempre se necesita un avance mínimo. Cuando el avance es muy lento la fresa no corta el material sino que lo desgarrar.

CASO PRACTICO Alto ratio de arranque de material en ...

Acero de construcción (Rm 700 N/mm ²)	Operación	• Desbaste con fresa recubierta de 4 dientes Ø 16 mm, a_p 24 mm, a_e 8 mm
	Datos de corte	• N 1350 tr/min, v_c 68 m/min, f_z 0.1 mm (100% mayor que con una fresa de metal duro)
	Ratio de arranque de material	• Q 103,7 cm ³ /min
Aluminio (<6% Si)	Operación	• Fresado de ranuras con una fresa recubierta de 3 dientes Ø 6 mm, a_p 6 mm, a_e 6 mm
	Datos de corte	• N 15650 tr/min, v_c 295 m/min, f_z 0,3 mm
	Ratio de arranque de material	• Q 50,8 cm ³ /min (30% mayor que con una fresa de metal duro)
Inconel 718	Operación	• Desbaste con una fresa de 6 dientes HSS-PM 8%Co Con recubrimiento TiCN Ø 32 mm, a_p 30 mm, a_e 8 mm
	Datos de corte	• v_c 5 m/min, f_z 0,16 mm (doble que con una fresa de metal duro)
	Ventajas	• Q 11,5 cm ³ /min (el mismo que con metal duro) y mayor vida de herramienta: 2,1 m vs. 0,45 m para el metal duro

¿SABIA QUE ...?

¿Choques térmicos provocados por problemas de refrigeración?

¡Solo el HSS los resiste !

Refrigerantes para el fresado

- Refrigerantes comunes : aceite soluble, o aceite. Los aceites solubles con aditivos incrementan significativamente la vida de las fresas HSS
- Los refrigerantes son esenciales cuando se utilizan herramientas no recubiertas, especialmente en fresados de ranuras cuando el tiempo de contacto entre la herramienta y el material es importante

El refrigerante debe ser cuidadosamente dirigido:

- Cuando la herramienta penetra en la pieza, para conseguir una refrigeración eficiente durante la operación de fresado
- Cuando la herramienta sale de la pieza, para evacuar perfectamente las virutas y el calor

Acero para herramientas
($R_m 1040 N/mm^2$)

CASO PRACTICO ¡Fresado en seco con fresa HSS!

Operación

- Desbaste con fresa HSS-PM 8% Co + Ti_2CN tool a_p 12 mm, a_e 8 mm sobre acero para herramientas 40CrMnMo7

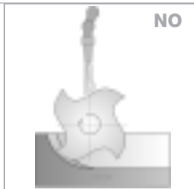
Datos de corte

- v_c 45 m/min, f_z 0,03 mm

Ventajas

Comparando con mecanizado húmedo:

- Reducción de la energía específica de corte (56,8 en lugar de 46,6 W/cm³/min)
- Vida de la herramienta ligeramente modificada (7 m vs. 8,1 m)
- Posibilidad de un incremento de avance y productividad



Fresado en seco

- Las fresas HSS pueden también utilizarse con una mínima cantidad de refrigerante o en seco
- Los recubrimientos TiAlN, una barrera térmica real, incluso permite una alta productividad de fresado en seco con fresas HSS

Problema	Soluciones
Error de perpendicularidad lateral	Reducir la velocidad. Disminuir el ancho y la profundidad de pasada. Reducir la longitud total. Utilice una fresa con más dientes.
Errores de precisión dimensional	Disminuir el ancho y la profundidad de pasada. Mejorar la rigidez de la sujeción. Utilice una fresa con más dientes.
Superficie vibrada	Disminuir avance y velocidad. Mejorar la rigidez de la sujeción. Disminuir el ángulo de incidencia. Disminuir la profundidad de pasada. Utilice una fresa más corta.
Amontonamiento de viruta	Disminuir avance y velocidad. Utilice una fresa con menos dientes. Incrementar el caudal de refrigeración.
Rebabas	Reafilarse con más frecuencia. Corregir condiciones de corte y corregir ángulos de corte.
Acabado superficial rugoso	Disminuir avance e incrementar la velocidad. Reafilarse con más frecuencia. Reducir el ratio de arranque de material.
Rotura de la fresa	Disminuir velocidad y avance por diente. Utilice una fresa menor. Reafilarse con más frecuencia.
Vida reducida	Reafilarse con más frecuencia. Utilice una fresa HSS-PM. Corregir condiciones de corte y ángulos de corte.



CONSEJO DEL FABRICANTE

En fresado, un control del desgaste de las aristas prolonga la vida de la herramienta

Desgaste en el flanco	Desgaste localizado	Mellado de los filos de corte	Deformación	Filo recrecido
<ul style="list-style-type: none">• Muestra de desgaste normal• Si es elevado, disminuir primero la velocidad de corte (v_c), después el ancho de pasada (a_p)• Incrementar el caudal de refrigeración• Utilizar HSS-PM y recubrimiento	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser limitado• Disminuir la velocidad de corte (v_c)• Utilizar una herramienta recubierta y material HSS 8% Co• Comprobar la refrigeración	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser evitado• Disminuir primero el avance (f_z) y segundo la profundidad de pasada (a_p)• Utilizar un material más tenaz (HSS-PM)	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser evitado• Disminuir primero la velocidad de corte (v_c), después el avance (f_z) y por último la profundidad de corte• Utilizar una herramienta recubierta y material HSS 8% Co o HSS-PM• Incrementar el caudal de refrigeración	<ul style="list-style-type: none">• Debe ser limitado• Incrementar la velocidad de corte (v_c) y/o el avance (f_z)• Incrementar el ángulo efectivo de corte• Incrementar el caudal de refrigeración• Utilizar un recubrimiento de bajo coeficiente de fricción

¿SABIA QUE...?

Una observación cuidadosa de las virutas aporta información valiosa

Forma de las virutas

La viruta de fresado tiene forma de espiral

El extremo situado en la parte interior de la espiral se forma cuando el filo penetra en el material.

En fresado en trepado, este extremo será el más delgado

Debido al corte interrumpido, la longitud de viruta está limitada a la longitud del arco de corte del material.

Control de las virutas

Controle la operación de fresado midiendo y observando la viruta :

- El espesor depende de la profundidad de pasada; la viruta más larga se obtiene en las operaciones de ranurado.
- La longitud depende del ancho de pasada y del diámetro de la herramienta; a mayor diámetro mayor longitud de viruta.

- El grosor es proporcional al avance por diente combinado con el ancho de pasada.
- Las virutas de fresado deben ser uniformes.
- Las virutas deben presentar un color homogéneo.
- Cuando se utiliza refrigerante, no deberían existir marcas de efectos térmicos en las virutas

¿ Como evitar problemas ?

Es importante que las virutas no permanezcan en la zona de corte.

Si las virutas son irregulares, si tienen forma de aguja o si tienen diferentes colores, esto significa que las condiciones de corte no son idóneas, o que la refrigeración no es buena, que existen vibraciones o que los filos están desgastados.



Simbolo	Unidad	Nombre
D	mm	Diámetro de la herramienta
T	mm	Tiempo de mecanizado
Z		Número de dientes
a_p	mm	Profundidad de pasada
a_e	mm	Ancho de pasada

Simbolo	Unidad	Nombre	Formulae
v_c	m/min	Velocidad de corte	$v_c = \frac{\pi DN}{1000}$
N	rev/min	Revoluciones por minuto	$N = \frac{1000v_c}{\pi D}$
v_f	mm/min	Avance por minuto	$v_f = NZ f_z$
f_z	mm/dientes	Avance por diente	$f_z = \frac{v_f}{NZ}$
Q	cm ³ /min	Ratio de arranque de material	$Q = \frac{a_p a_e NZ f_z}{1000}$
h_m	mm	Espesor de viruta medio	$\frac{\sqrt{a_e}}{D} f_z$
h_{max}	mm	Espesor de viruta máximo	