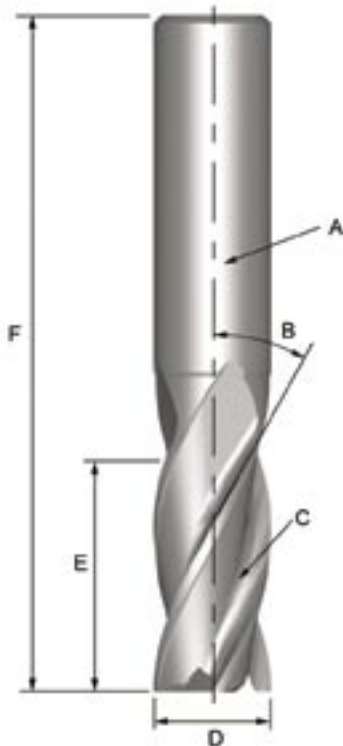
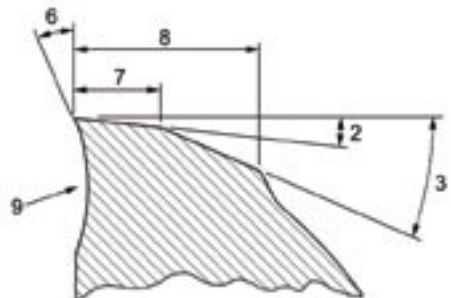
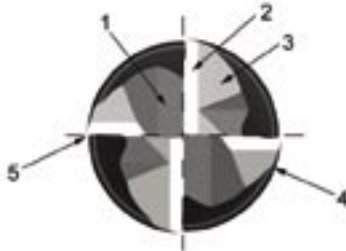


Fresado

NOMENCLATURA



- A Mango
- B Ángulo de la hélice
- C Labio
- D Diámetro exterior
- E Longitud de corte
- F Longitud total



- 1 Rebaje del fondo de la punta
- 2 Rebaje del ángulo primario
- 3 Rebaje del ángulo secundario
- 4 Punta del filo
- 5 Filo de corte

- 6 Ángulo de corte
- 7 Superficie de la tolerancia primaria
- 8 Superficie de la tolerancia secundaria
- 9 Cara inferior al corte

CONSEJOS GENERALES PARA FRESAR

El fresado es un proceso de mecanizado de superficies, que consiste en el eliminando progresivo de una determinada cantidad de material de la pieza de trabajo con un valor de avance relativamente bajo y con una alta velocidad de rotación.

Las principal características del proceso de fresado es la eliminación de material de cada labio de la fresa, partiéndolo en pequeñas pociones (viruta).

TIPO DE FRESAS

Las tres operaciones básicas de fresado se muestran a continuación: (A) fresado cilíndrico, (B) fresado frontal, (C) fresado de acabado.



En el fresado cilíndrico el eje de rotación de las fresas es paralelo a la superficie de la pieza de trabajo a mecanizar. La fresa esta rodeada de dientes a lo largo de su circunferencia, cada diente actúa como un punto de corte de la herramienta.





Las fresas usadas para el fresado cilíndrico pueden tener estrías rectas o helicoidales, generando una sección de corte ortogonal o oblicua.

En el fresado frontal, la fresa se monta en el husillo de la máquina o en un portaherramientas, esta fresa tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo. Las fresas frontales, tienen los filos de corte localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal.





En el fresado de acabado, las fresas generalmente rotan sobre un eje vertical a la pieza de trabajo. La fresa también puede estar inclinada respecto a la pieza de trabajo en caso que se quieran realizar superficies cónicas. Los dientes de corte están localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal.

Fresado

FRESAS CILÍNDRICAS Y FRESAS FRONTALES

Fresas Cilíndricas	Fresas de Ranurar de 3 cortes	Fresas de Simple y Doble Ángulo	
			
<p>Tienen los filos de corte periféricos y una sola cara de corte, estas fresas tienen una regata que las atraviesa que sirve como dispositivo de seguridad para el husillo de la máquina.</p>	<p>Tienen filos de corte en el costado y en la periferia. Los dientes están escalonados por eso que algunos dientes de corte dan a un lado y otros dan al otro lado. Esto permite realizar trabajos de corte duros.</p>	<p>La periferia de estas fresas hace un ángulo. Los filos de corte de estas fresas están situados en su periferia en forma de cono. Existen dos tipos de estas fresas; fresas con ángulo simple y fresas con ángulo doble.</p>	

FRESAS FRONTALES DE ACABADO

Fresas de acabado con encaste	Fresas radiales de acabado	Fresas de acabado con radio en la esquina	Minifresas
			
<p>Este acabado deja un ángulo recto en las esquinas.</p>	<p>La forma del acabado de estas fresas es semiesférico.</p>	<p>Este acabado deja un pequeño radio en las esquinas.</p>	<p>Fresas de acabado con diámetros hasta 1mm.</p>

SELECCIÓN DE FRESAS FRONTALES Y PARÁMETROS DE FRESADO

Antes de un trabajo de fresado, deben tomarse varias decisiones para determinar:

- La fresa frontal más apropiada para la aplicación
- El valor de avance y la velocidad de corte correctos, que proporcionan un buen balance entre la rápida eliminación de metal y una larga vida de la herramienta.

Determinación de la fresa frontal más apropiada:



- identificación del tipo de fresado frontal que se debe realizar:
 1. Tipo de fresa frontal
 2. Tipo de centro.
- considerar las condiciones y la antigüedad de la máquina herramienta
- seleccionar las dimensiones de la fresa frontal más apropiadas para minimizar la flexión y la tensión de trabajo, teniendo en cuenta:
 1. Una máxima rigidez
 2. El diámetro de la fresa lo más grande posible
 3. Evitar que la herramienta sobresalga excesivamente del portaherramientas.
- Escoger el número de labios
 1. más labios – menos espacio para la viruta – más rigidez – permiten un avance rápido
 2. menos labios – más espacio para la viruta – menos rigidez – fácil control de la viruta.

Determinación de los valores de avance y velocidad de corte correctos, que se pueden obtener conociendo los siguientes factores:

- Tipo de material a mecanizar
- Material de construcción de la fresa frontal
- Potencia disponible en el husillo de la máquina
- Tipo de acabado.

CARACTERÍSTICAS DEL FRESADO FRONTAL – LABIOS DE CORTE FRONTALES

Los labios de corte frontales se dividen en:

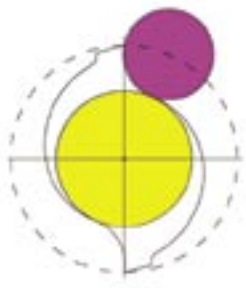
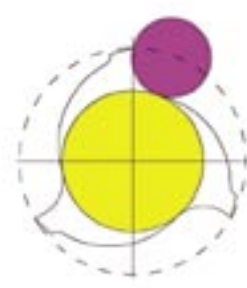
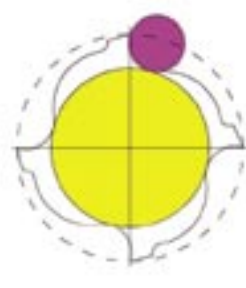
Corte al centro	Sin corte al centro
	
<p>Permite operaciones de taladro y penetración axial. En caso de que el número de labios sea par, hay dos filos de corte que alcanzan el centro (Ej; 2 – 4 – 6 labios). En caso de que el número de labios sea impar, hay un sólo filo de corte que alcanza el centro (Ej; 3 – 5 labios).</p>	<p>Se usa sólo para contornear y para abrir regatas. Permite el rectificado entre centros.</p>

Fresado

CARACTERÍSTICAS DEL FRESADO FRONTAL – ELECCIÓN DEL NÚMERO DE LABIOS

El número de labios debe ser determinado por:

- El material a fresar
- Dimensiones de la pieza de trabajo
- Condiciones de fresado

2 Labios	3 Labios	4 Labios(o de varios labios)
		
Fuerza Flectora	Baja ←————→ Alta	
Espacio para la viruta	Grande ←————→ Pequeño	
<ul style="list-style-type: none"> • Grande espacio para la viruta • Fácil manejo de la viruta • Buena para ranurar. • Buena para fresados duros • Baja rigidez debido a la pequeña área de la sección • Baja calidad del acabado superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espacio para la viruta más grande que las fresas de 2 labios • Área de la sección más grande – Rigidez superior que las fresas de 2 labios • Mejor acabado superficial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rigidez muy alta • Área de la sección muy grande – pequeño espacio para la viruta • Ofrecen el mejor acabado superficial. • Recomendadas para contornear, fresado lateral y regatas poco profundas.

CARACTERÍSTICAS DEL FRESADO FRONTAL – ÁNGULO DE LA HÉLICE



Con un incremento del número de dientes, la carga que se genera en el fresado es más homogénea en cada diente, esto permite un mejor acabado superficial. Pero con un alto ángulo de la hélice, la carga (FV) se incrementa considerablemente a lo largo de la fresa (axial). Una alta carga (FV) puede generar:

- Problemas de carga en los cojinetes
- Movimiento de la fresa en el husillo de la máquina (axial). Para evitar este problema es necesario usar mangos Weldon o mangos con fijación por tornillos.







CARACTERÍSTICAS DEL FRESADO FRONTAL – TIPO DE FRESA



La norma DIN 1836 define diferentes tipos de perfiles de fresas:

	Fresa de acabado para acero, de baja o alta resistencia.
	Fresa para materiales suaves y maleables.

La norma DIN 1836 también define diferentes formas de romper la viruta:

	Rompevirutas de perfil grueso redondeado Apropriado para el corte pesado en aceros y en materiales no férricos con una resistencia a la tracción hasta 800 N/mm ² .
	Rompevirutas de perfil fino redondeado Apropriado para el fresado áspero en aceros duros y en materiales no férricos con una resistencia a la tracción superior 800 N/mm ² .
	Rompevirutas de semiacabado Apropriado para el desbaste de aleaciones ligeras y para el semiacabado de aceros y materiales no férricos.
	Rompevirutas de perfil grueso plano Tiene las mismas aplicaciones que el NR, obteniendo, sin embargo, un buen acabado superficial, por esta razón se ubica entre desbaste y acabado. También es llamado de semiacabado.

Dormer ha introducido dos tipos de fresas de acabado, con el **rompevirutas de perfil asimétrico**:

	Rompevirutas de perfil fino redondeado asimétrico. El perfil asimétrico reduce las vibraciones y alarga la vida de la herramienta.
	Rompevirutas de perfil grueso asimétrico. El perfil asimétrico reduce las vibraciones y alarga la vida de la herramienta.

TIPOS DE FRESAS FRONTALES

Hay una gran variedad de diferentes operaciones que se definen con el término de “fresado frontal”. Para cada operación, hay diferentes tipos de fresas. Hay tres parámetros que influyen en la elección del tipo de fresa:

- Dirección de uso de la fresa
- MRR (Velocidad de la eliminación de material)
- Aplicación

Fresado

DIRECCIÓN DE USO DE LA FRESA

Nosotros podemos dividir la gama de fresas en función de las direcciones de trabajo en las que pueden trabajar. Hay tres tipos diferentes:

3 Direcciones	2 Direcciones	1 Direccion

Se puede observar como la dirección de trabajo axial solamente se puede realizar con fresas con corte al centro.

MRR (VELOCIDAD DE LA ELIMINACIÓN DE MATERIAL) Q

Nosotros podemos calcular la velocidad de eliminación de material Q así como el volumen de material eliminado en función del tiempo. El volumen de material eliminado es el volumen inicial de la pieza de trabajo menos el volumen final. El tiempo de corte es el tiempo necesario para que la herramienta recorra toda la longitud a mecanizar de la pieza de trabajo. Este parámetro tiene una gran influencia en la superficie de acabado final de la pieza.

$$Q = \frac{a_p * a_e * v_f}{1000}$$

Q = MRR (cm³/min) a_e = profundidad radial (mm)
 a_p = profundidad axial (mm) v_f = valor de avance mm/min

APLICACIONES

La MRR y las aplicaciones están estrechamente relacionadas. Por cada aplicación diferente, nosotros tenemos un valor distinto de MRR que aumenta con el aumento del área de contacto entre la herramienta y la pieza de trabajo. En el catálogo Dormer se muestran las distintas aplicaciones en distintos iconos.

Contorneado	Fresado Frontal	Ranurado	Fresado por penetración	Fresado en rampa
La profundidad radial de corte debe ser inferior a 0,25 x diámetro de la fresa frontal.	La profundidad radial de corte debe ser inferior a 0,9 x diámetro, la profundidad axial de corte debe ser inferior a 0,1 x diámetro de las fresa frontal.	Para mecanizar ranuras para chavetas. La profundidad radial de corte ha de ser igual que el diámetro de la fresa frontal.	Es posible realizar un taladro en la pieza de trabajo solamente con las fresas frontales que tienen corte al centro, en estas aplicaciones el avance tiene que ser reducido	Tanto la profundidad radial como la axial se realizan simultáneamente en la pieza de trabajo.



Ranurado a P9

Es importante destacar la capacidad de realizar ranuras con una tolerancia P9 (porfavor mira la tabla de la página 20 de Información General). Las fresa que son capaces de ranurar con esta tolerancia tienen el icono P9.

FRESADO CONVENCIONAL VS FRESADO INVERSO

La acción de corte se puede realizar de dos formas, por fresado convencional o por fresado inverso.



Fresado convencional



Fresado inverso

FRESADO CONVENCIONAL

En el fresado convencional el máximo grosor de la viruta se encuentra al final del corte. El sentido del avance es el opuesto al sentido de la rotación de la herramienta.

Pros:

- La cantidad de material cortado por diente no va en función de las características de la superficie de la pieza de trabajo.
- El hecho de que la superficie de trabajo sea escalada no afecta a la vida de la herramienta.
- El proceso de corte es suave, siempre que los labios de la fresa estén afilados.

Cons:

- Los dientes de la fresa tienen tendencia a realizar pequeñas vibraciones.
- La pieza de trabajo tiene tendencia a levantarse, de este modo es importante una apropiada sujeción de la pieza de trabajo.
- Rápido desgaste de la herramienta comparado con el fresado inverso.
- Las virutas caen enfrente de la fresa – esta disposición dificulta la operación.
- Tiende a aumentar la fuerza para levantar la pieza de trabajo.
- Se requiere más potencia debido a un incremento de la fricción causado por la viruta.
- Acabado superficial estropeado debido al aumento de viruta arrastrada por diente.

Fresado

FRESADO INVERSO

En el fresado inverso el máximo grosor de la viruta se encuentra al inicio del corte. El avance y la velocidad rotación de la herramienta tienen el mismo sentido.

Pros:

- Disminución de la componente de las fuerzas de corte en la sujeción de la pieza de trabajo, particularmente en las partes delgadas.
- Fácil disposición de la viruta – la viruta cae detrás de la fresa.
- Menos desgaste – incremento de la vida de la herramienta en un 50%.
- Mejora del acabado superficial – menos viruta arrastrada por diente.
- Se requiere menos potencia – pueden usarse fresas con un gran ángulo.
- El fresado inverso ejerce menos fuerzas en la pieza de trabajo – elementos más simples y menos costosos.

Cons:

- Debido al alto resultado de las fuerzas de impacto cuando el diente establece contacto con la pieza de trabajo, esta operación debe tener una configuración rígida, y la violenta reacción debe ser eliminada con el avance del mecanismo.
- El fresado inverso no es apropiado para piezas de trabajo que tienen un escalado, ni en metales con una alta generación de temperatura en el trabajo, como fundiciones y metales forjados. El escalonado de la pieza de trabajo hace que la operación sea dura y abrasiva, causando un desgaste y un daño excesivo en los dientes de la fresa, provocando así una disminución de la vida de la herramienta.

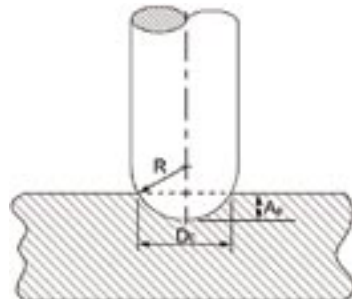
FRESAS RADIALES

Las fresas radiales, también conocidas como fresas de punta redondeada, tienen una semiesfera en el extremo de la herramienta. Las fresas radiales son usadas en el mecanizado de moldes, matrices y piezas de trabajo muy complejas para la industria aeroespacial y otros campos industriales.

El diámetro efectivo es el factor principal usado en el cálculo de la velocidad de rotación requerida. El diámetro efectivo es definido como el diámetro real de la fresa. El diámetro efectivo está influido por dos parámetros: el radio de la herramienta, y la profundidad de corte axial.

$$D_E = 2 * \sqrt{R^2 - (R - A_p)^2}$$

D_E = Diámetro efectivo
 R = Radio de la herramienta
 A_p = Profundidad de corte axial



El diámetro efectivo reemplaza el diámetro de la fresa en el cálculo de la velocidad de corte efectiva V_c para una fresa radial. La fórmula es:

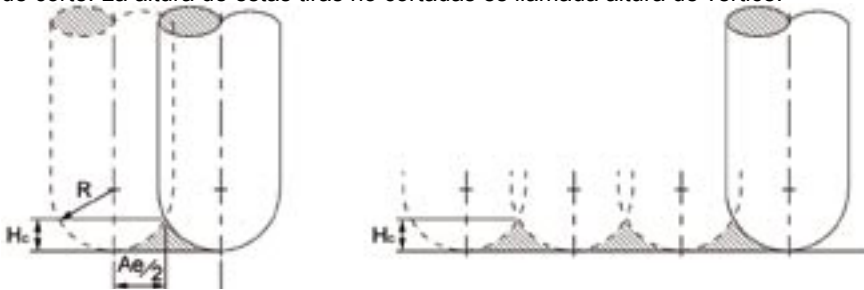
$$V_c = \frac{\pi * D_E * n}{1000}$$

V_c = Velocidad de corte (m/min)

D_E = Diámetro efectivo (mm)

n = Velocidad de rotación (rpm)

Cuando las fresas de punta semiesférica (radial), así como las fresas con radio en la punta, se usan para cortar en una superficie de trabajo, el corte se va realizando en forma de zigzag, de esta forma se crea una tira que no se corta entre las dos pasadas de corte. La altura de estas tiras no cortadas es llamada altura de vértice.



La altura del vértice puede ser calculada de la siguiente forma:

$$H_c = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{Ae}{2}\right)^2}$$

o

$$Ae = 2 \sqrt{R^2 - (R - H_c)^2}$$

H_c = Altura de vértice

R = Radio de la herramienta

Ae = Valor del paso entre dos pasadas de corte

La correlación entre H_c y R_A (rugosidad superficial) es aproximadamente:

H_c (μm)	0,2	0,4	0,7	1,25	2,2	4	8	12,5	25	32	50	63	100
R_A (μm)	0,03	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	8	12,5	16	25

R_A es aproximadamente 25 % de H_c

Fresado

FRESAS RADIALES EN TRABAJOS DE ACERO DURO

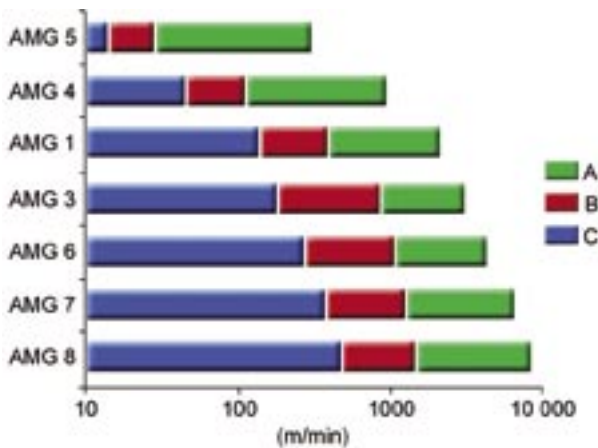
Las siguientes pautas pueden ser usadas para la profundidad axial en el mecanizado de aceros duros.

Dureza (HRC)	Profundidad Axial = A_p
$30 \leq 40$	$0,10 \times D$
$40 \leq 50$	$0,05 \times D$
$50 \leq 60$	$0,04 \times D$

MECANIZADO DE ALTA VELOCIDAD

El mecanizado de alta velocidad (HSM) debe tener definidas varias pautas. Considerando velocidades de corte alcanzables, esta velocidad se propone para el mecanizado de materiales que necesitan una velocidad de corte superior a la utilizada normalmente, este material es clasificado como HSM.

A = Rango de HSM, B = Rango de transición, C = Rango normal



DEFINICIÓN DE HSM

Con una velocidad de corte segura (entre 5 –10 veces superior a la velocidad convencional de mecanizado), la viruta generada y la temperatura en el filo de corte empiezan a disminuir.

VENTAJAS DE HSM

<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la utilización de la máquina herramienta • Mejora de la calidad • Reducción en el tiempo de mecanizado • Disminución de la mano de obra • Reducción de costes • Temperatura de la herramienta baja • Mínimo desgaste de la herramienta a alta velocidad • Uso de pocas herramientas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerzas de corte bajas (debido a la reducida carga de las virutas) • Baja potencia y dureza requerida • Poca flexión de la herramienta • Mejora de la exactitud y del acabado obtenido • Gran habilidad para mecanizar almas delgadas • Reducción en los procesos de fabricación • Posibilita una alta estabilidad en el corte, en contra de las vibraciones de la herramienta
--	--

ESTRATEGIAS DE FRESADO

CORRECCIÓN DE AVANCE EN EL FRESADO DE CONTORNOS INTERIORES Y EXTERIORES

Contorno interior	Contorno exterior
$v_f \text{ prog} = v_f * \frac{R2 - R}{R2}$	$v_f \text{ prog} = v_f * \frac{R2 + R}{R2}$
<p>A = Trayectoria ha seguir en la pieza de trabajo B = Trayectoria del punto central de la fresa R = Radio de la fresa R1 = Radio de la trayectoria del punto central de la fresa R2 = Radio de la trayectoria ha seguir en la pieza de trabajo</p>	

Importante: Algunas máquinas con sistemas de control tienen la corrección automática, función-M

RAMPA – TIPO DE AVANCE

Recomendación con un ángulo máximo de la rampa (α) para Metales Duros en fresas frontales.

Número de dientes de la fresa frontal	2	3	≥ 4
Para acero y fundiciones	≤ 15	≤ 10	≤ 5
Para aluminio, cobre y plásticos	≤ 30	≤ 20	≤ 10
Para aceros duros	≤ 4	≤ 3	≤ 2



Fresado

ESPIRAL – TIPO DE AVANCE

Recomendación del tipo de avance en espiral en diferentes materiales.

Materiales	Ap Recomendado
Acero	< 0,10 x D
Aluminio	< 0,20 x D
Acero duro	< 0,05 X D

$$D_{b_{max}} = 2 * (D - R)$$

- D_{b_{max}} = Diámetro máximo posible
- D = Diámetro de la fresa
- R = Radio del borde de la fresa

Usar el diámetro máximo posible (cercano D_{b_{max}}) para una mejor evacuación de la viruta.

PENETRACIÓN AXIAL

En esta operación, el valor del avance tiene que estar dividido por el número de dientes. Considerar que no es admisible realizar operaciones de penetración axial con fresas de más de 4 dientes.



PROBLEMAS EN EL FRESADO

Problema	Causa	Remedio
Rotura	Demasiada cantidad de material eliminado	Disminuir el avance por diente
	Avance demasiado rápido	Disminuir el avance
	Longitud del labio o longitud total demasiado larga	Usar un portaherramientas profundo o usar una fresa más corta
Desgaste	Material de la pieza de trabajo demasiado duro	Comprobar en el catálogo Dormer o en el "Product Selector" la herramienta adecuada para trabajar materiales duros, y su posible recubrimiento
	Avance y velocidad inadecuados	Comprobar en el catálogo Dormer o en el "Product Selector" los parámetros de corte adecuados
	Mala evacuación de la viruta	Mejorar la refrigeración
	Fresado convencional	Fresado inverso
	Hélice de la fresa inadecuada	Mirar las recomendaciones en el catálogo Dormer o en "Product Selector" para una correcta alternativa
Virutas	Valor de avance demasiado alto	Reducir el valor del avance
	Vibración de los dientes	Reducir las RPM
	Velocidad de corte baja	Aumentar las RPM
	Fresado convencional	Fresado inverso
	Rigidez de la herramienta	Cambiar a una herramienta más corta y/o aumentar la profundidad del mango insertada en el portaherramientas
	Rigidez de la pieza de trabajo	Sujetar más fuerte la pieza de trabajo
Corta vida de la herramienta	Material de trabajo resistente	Comprobar en el catálogo Dormer o en "Product Selector" la herramienta correcta o la alternativa más apropiada
	Rebaje del ángulo primario inadecuado	Cambiar a un ángulo de corte apropiado
	Fricción elevada entre la fresa y la pieza de trabajo	Usar una herramienta recubierta
Malacabado superficial	Avance demasiado rápido	Disminuir el avance
	Velocidad demasiado lenta	Aumentar la velocidad
	Viruta cortante y penetrante	Disminuir la cantidad de material a eliminar
	Desgaste de la herramienta	Sustituir o rectificar la herramienta
	Acumulación de viruta en el filo	Sustituir a una herramienta con un ángulo de hélice superior
Inexactitud en la pieza de trabajo	Micro-soldadura de la viruta	Aumentar la cantidad de refrigerante
	Flexión de la herramienta	Cambiar a una herramienta más corta y/o aumentar la profundidad del mango insertada en el portaherramientas
	Número de labios insuficiente	Usar una herramienta con más labios
	Desgaste del portaherramientas o herramienta mal sujeta	Reparar o reemplazar el portaherramientas
	Baja rigidez en la sujeción de la herramienta	Mejorar la rigidez con una herramienta más corta
Vibración	Baja rigidez del husillo de la máquina	Usar un husillo más grande
	Valores de avance y velocidad demasiado altos	Cambiar a valores de avance y de velocidad correctos con la ayuda del catálogo Dormer o "Product Selector"
	Longitud de los labios o longitud total demasiado larga	Cambiar a una herramienta más corta y /o aumentar la profundidad del mango insertada en el portaherramientas
	Corte demasiado profundo	Disminuir la profundidad de corte
	Rigidez insuficiente (entre la máquina y el portaherramientas)	Corregir el portaherramientas y cambiarlo si es necesario
	Rigidez de la pieza de trabajo	Aumentar la fuerza de sujeción de la pieza de trabajo