

TEMA

40

MECANIZADO Y MANTENIMIENTO DE MAQUINAS

Desarrollo de los temas



***Mecanizado por fresado:
Procedimientos de trabajo
para las formas de
mecanizado más usuales.
Parámetros de mecanizado.
Fuerzas que intervienen
en el mecanizado.***

CEDE

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

GUIÓN - ÍNDICE

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO MÁS USUALES**
 - 2.1. Planeado
 - 2.1.1. Con fresa frontal
 - 2.1.2. Con fresa periférica
 - 2.1.3. En ángulo recto
 - 2.2. Ranurado
 - 2.2.1. Con fresas de mango
 - 2.2.2. Con fresas de disco
 - 2.2.3. Ranuras especiales
 - 2.3. Árboles acanalados
 - 2.3.1. Con fresas de forma
 - 2.3.2. Con varias fresas
 - 2.4. Acoplamientos de dientes
 - 2.4.1. Dientes rectos
 - 2.4.2. Dientes triangulares y trapeciales
 - 2.5. Mortajado
 - 2.6. Taladrado y mandrinado
 - 2.7. Levas
 - 2.7.1. De tambor
 - 2.7.2. De disco
- 3. PARÁMETROS DE MECANIZADO**
- 4. FUERZAS DE CORTE, MOMENTO TORSOR Y POTENCIA**

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

BERCK, C.E. **Manual moderno del fresador mecánico.** Ed. Montesó. Barcelona.

Como todo manual que se precie, éste también es muy práctico, siendo exclusivo de la fresadora.

THEEGARTEN, A. **Trabajos en la fresadora.** Ed. José Montesó. Barcelona, 1961.

En este libro se muestra muy bien la versatilidad de la fresadora a través de la multitud de trabajos diferentes que en ella se pueden realizar.

Equipo Técnico EDEBÉ **Tecnología Mecánica 2-2.** Ed. Edebé, 1979.

Es un libro muy a tener en cuenta para ampliar ciertos puntos del tema ya que los trata con gran entretenimiento.

LASHERAS, J. M^a **Tecnología y metrotecnia II.** Ed. Donostiarra, 1984.

Tiene, este tomo, una amplia selección de temas, tratándolos todos con pausa e interés.

1. INTRODUCCIÓN

La fresadora es una máquina dotada de una herramienta característica, denominada fresa, que animada de un movimiento de rotación, mecaniza superficies en piezas que se desplazan con movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

Si el eje de la fresa se halla dispuesto paralelamente a la superficie a mecanizar, el fresado se denomina cilíndrico (fig. 1). En este caso, la fresa puede girar en sentido contrario al avance, denominándose fresado normal o en el mismo sentido, que es el fresado en concordancia.

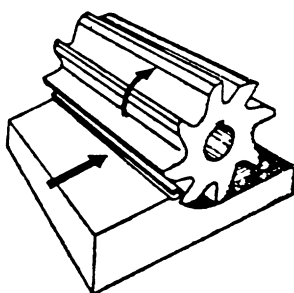


Figura 1. Fresado cilíndrico normal

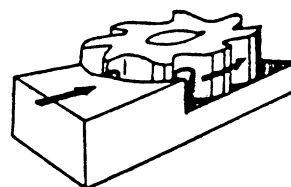


Figura 2. Fresado frontal

Cuando el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de la pieza que se mecaniza, el fresado se denomina frontal (fig. 2).

Los movimientos de trabajo de la fresadora (fig. 3 a y b) son:

- Movimiento de corte: por rotación de la fresa.
- Movimiento de avance: por desplazamiento rectilíneo de la pieza.
- Movimiento de profundidad de pasada: por desplazamiento vertical de la pieza.

Actualmente, la fresadora tiene un campo de aplicación para el mecanizado de piezas pequeñas casi ilimitado, y como además se pueden equipar con dispositivos de fresado, las cepilladoras, las mandrinadoras, etc., el fresado como operación se ha extendido a la mecanización de piezas de cualquier tamaño.

Las fresadoras tienen mucho mayor rendimiento que las demás máquinas herramientas para la misma operación, pues como cada diente o arista de la fresa no está en fase de trabajo y, por tanto, en contacto con la pieza más que una fracción del tiempo que dura una revolución de la fresa, experimenta ésta menos fatiga, tiene menor desgaste y trabaja a

temperatura inferior que las cuchillas de los tornos, sin que pueda considerarse su trabajo intermitente, ya que siempre hay una arista de la fresa en fase de trabajo.

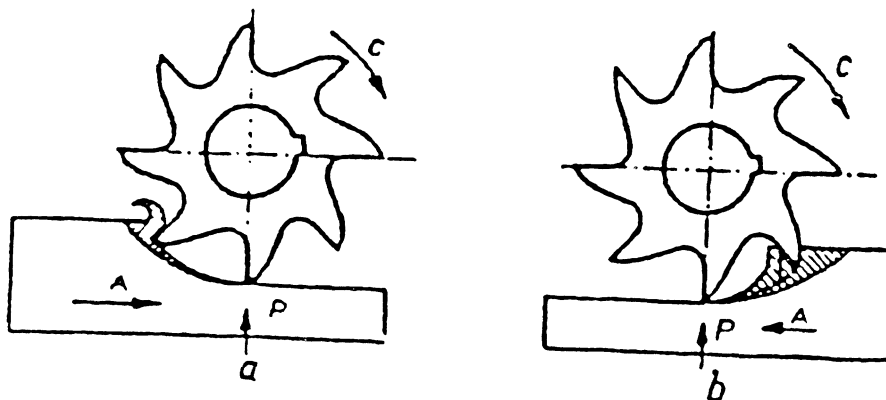


Figura 3 a y b

2. PROCEDIMIENTOS DE TRABAJO MÁS USUALES

Es tan grande la versatilidad de la fresadora, que prácticamente se puede realizar en ella todo tipo de mecanizados con mayor o menor productividad.

Entre ellos están el tallado de engranajes o ruedas dentadas que veremos más extensamente en el tema 42, el tallado de levas y el fresado de herramientas, que trataremos aquí más superficialmente, pudiendo ampliar conocimientos en bibliografía más específica dada su gran importancia y particularidades.

2.1. PLANEADO

Se llama así a la operación de mecanizado con la que se obtiene una superficie plana, definida ésta por:

- Tres puntos no alineados.
- Una recta y un punto fuera de ella.
- Dos líneas paralelas.
- Dos líneas que se cortan.

Los planos, en el fresado, se pueden obtener por dos métodos principales.

- Por medio de los dientes frontales de una fresa o un plato de cuclillas al girar alrededor de un eje perpendicular al plano geométrico ideal. Cada diente describe una cicloi-

de situada en un plano, gracias a dos movimientos: uno circular, m_c aplicado a la fresa, y otro rectilíneo a , aplicado a la pieza o herramienta (fig. 4).

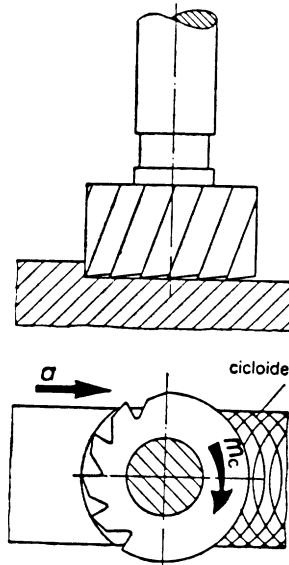


Figura 4

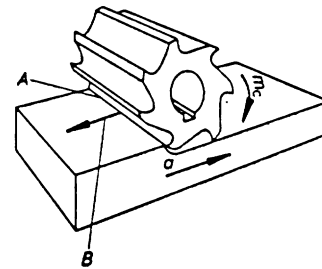


Figura 5

– Por medio de los dientes de una fresa cilíndrica (fig. 5) al girar sobre su eje, a la vez que la pieza se desplaza siguiendo una recta que se mantiene con dirección constante respecto a la generatriz de la fresa. Cada generatriz A de la fresa en contacto con la pieza es la generatriz de la superficie, y la recta B, perpendicular a ella recibe el nombre de directriz e indica la dirección del desplazamiento.

2.1.1. Planeado con fresa frontal

En el fresado frontal, ya sea con fresa integral o con plato de cuchillas, hay que tener muy en cuenta lo siguiente:

Si se desea una tolerancia de forma con una planicidad muy fina, el eje de giro de la fresa debe estar colocado perpendicular al plano de referencia.

Para la elección correcta de la fresa habrá de tenerse en cuenta los siguientes factores:

– **Material.** Cada material ofrece mayor o menor dificultad de salida de viruta. Si la viruta es larga, la dificultad es mayor y se elegirá una fresa de paso grande, o sea, de pocos dientes; si la viruta es corta (bronce, fundición, etc.), se podrá emplear una fresa de mayor número de dientes.

– **Calidad de la máquina.** Una máquina con holguras o poco robusta, tiende a vibrar con una frecuencia constante, de manera que puede entrar en resonancia con otras vibraciones de la máquina o de las piezas.

– **Posición de la fresa.** La colocación de la fresa respecto a la pieza (fig. 6) puede ser causa de vibraciones. En la posición A, la resultante de las reacciones sigue la dirección del avance de la pieza, cosa que no ocurre en B, como consecuencia del descenramiento de la fresa.

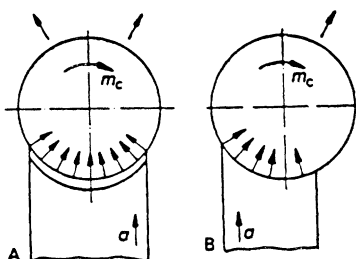


Figura 6

– **Diámetro de la fresa.** Si el planeado se hace de una sola pasada, el diámetro de la fresa deberá tener al menos 1,2 veces el ancho de la pieza. Con fresa de mayor diámetro el tiempo de mecanizado es mayor (necesita más recorrido de entrada) pero el error de verticalidad del eje tiene menor influencia en la planicidad.

Para ejecutar el planeado propiamente dicho el proceso general puede ser:

1°. Aproximar la fresa con la máquina parada y hacer los reglajes de posicionamiento y pasada. Apretar los blocajes de los carros que han de permanecer inmóviles.

2°. Poner la máquina en marcha y el sistema de refrigeración en su caso. Aproximar la pieza a la fresa sin hacer contacto, dejando un pequeño margen (1 ó 2 mm).

3°. Conectar el sistema de avance automático y dar la pasada. Dejar salir la fresa y si hay que dar varias pasadas, regular el tope de disparo de avance y retroceder rápidamente de forma manual o automática. Desbloquear el carro correspondiente, dar la nueva profundidad de pasada y bloquear de nuevo el carro.

2.1.2. Planeado con fresa periférica

En general el planeado periférico es más deficiente que el fresado frontal, pero puede haber razones que incluso exijan emplear este sistema ya sea por el tipo de pieza o de máqui-

na, fresa disponible, etc. Para la elección de la fresa se pueden analizar las mismas cuestiones que para el fresado frontal, del mismo modo las operaciones para practicar el planeado son prácticamente las mismas, sin embargo para el montaje de la fresa deben tomarse las siguientes precauciones:

- 1°. La fresa debe colocarse lo más cerca posible de los apoyos, cuyo número debe ser el mayor posible.
- 2°. Elegir el árbol portafresas de manera que ajuste perfectamente a la fresa y que tenga el chavetero y tuerca apropiados, para que pueda transmitir el momento de giro sin aflojarse.
- 3°. Comprobar el centrado y alineación de la generatriz de la fresa con el plano ideal.
- 4°. Si los dientes son rectos o muy espaciados o el corte es irregular, se montarán, a ser posible, volantes compensadores.
- 5°. Los bujes deben ajustar sin juego apreciable y deben estar perfectamente lubricados.

2.1.3. Planeado en ángulo recto

Es un caso combinado de los dos anteriores. En la figura 7 se puede apreciar cómo uno de los planos se obtiene con la parte frontal de la fresa y el otro con la periférica.

A efectos prácticos puede considerarse el planeado frontal, cuando el plano obtenido por este procedimiento es mucho mayor que el otro (fig. 7A) y como planeado tangencial, cuando sucede lo contrario (fig. 7B).

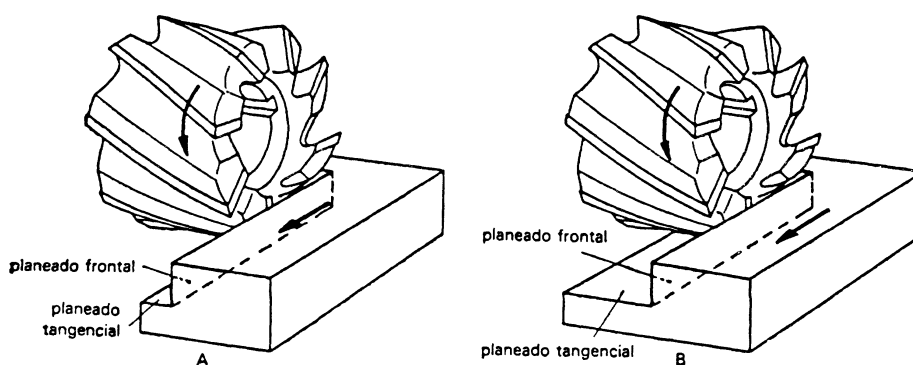


Figura 7

2.2. FRESADO DE RANURAS

Es una operación similar al caso anterior, pero la fresa aquí empleada, normalmente es de tres cortes. Con ella se obtienen directamente tres planos en ángulo, formando una ranura rectangular. También es frecuente emplear fresas de mango.

Tanto las fresas de disco como las de mango poseen el inconveniente de tener una dimensión fija, que va disminuyendo con los sucesivos afilados, y, en consecuencia, sólo es posible fresas ranuras de las dimensiones de la fresa. Si se quieren hacer ranuras mayores habrá que hacer dos o más pasadas, desplazando la fresa o bien recurrir a las fresas de disco de tres cortes ajustables en anchura.

La elección de la fresa la haremos contestando a algunas preguntas:

1. ¿Fresa de disco o de mango? En algunos casos lo impone la forma de la ranura. Si debe tener extremos limitados por una forma concreta, habrá que emplear fresa circular (fig. 8) o fresa de mango (fig. 9). Si no hay estas limitaciones, será preferible en general, la fresa de disco, por tener mayor rendimiento (fig. 10).

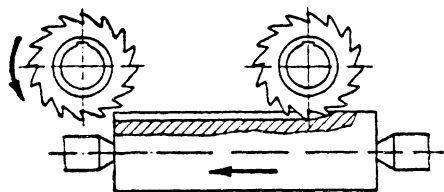


Figura 8

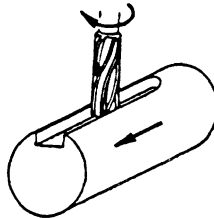


Figura 9

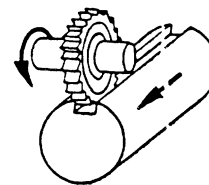


Figura 10

2. ¿Fresas de pequeño o gran diámetro? Lógicamente sólo se plantea el problema en las fresas de disco. En principio, se elegirá el menor diámetro posible, dejando un espacio libre de unos 4 mm en la parte más próxima a la pieza, brida, tornillo, etc.

3. ¿Fresa de paso fino o grande? ¿De diente recto o inclinado? Aquí se presenta la dificultad de la evacuación de la viruta, ya que ésta queda atrapada en el hueco entre diente y diente. Los materiales quebradizos se adaptan mejor al hueco, porque se rompen en fragmentos cortos, pero los de viruta larga y tenaz obligan al diente a una sobrecarga para deformar la viruta. Por esta razón, los materiales de viruta larga deberán fresarse con fresas de mayor paso.

En el caso de fresas de manco es aconsejable el diente inclinado o helicoidal, pero a condición de que el sentido de la hélice favorezca la salida de la viruta.

2.2.1. Ranurado de fresas de mango

En este sistema hay que tener en cuenta algunos detalles:

1. Entrada y salida libre. Cuando la profundidad de pasada es muy grande habrá que tener en cuenta el gran momento flector que se produce y que será más notable cuanto mayor sea la profundidad de la pasada y más larga la distancia del corte de la fresa a su asiento.

En algunos casos se procede a un desbaste escalonado que puede hacerse con una fresa de menor diámetro y longitud y, luego, repasar con otra de diámetro adecuado, o bien, con la misma fresa, repasar los dos costados.

2. Entrada y salidas cerradas. Si la ranura no se puede iniciar con toda la profundidad por no tener entrada, se puede proceder de dos formas:

a) Se hace una entrada con una broca de poca punta. Con una fresa del mismo diámetro de la broca se repasa el agujero hasta la profundidad de la ranura, se da una pasada de desbaste a toda la ranura y, finalmente, se repasan las dos caras de las mismas.

b) Para pequeñas profundidades y anchuras, si el cabezal de la máquina y el portapinzas son de calidad, se puede emplear la fresa definitiva.

2.2.3. Fresado de ranuras especiales

La realización de la mayoría de las ranuras especiales no difiere en nada de lo dicho para las rectangulares. La dificultad está solamente en la fresa empleada, que deberá ser de forma apropiada, según los casos.

2.3. ÁRBOLES ACANALADOS

Los árboles acanalados se obtienen a partir de una pieza cilíndrica, practicando en ella las ranuras o canales apropiados; éstos están normalizados. Para grandes series, se hacen con fresa madre, pero lo corriente es hacerlo de una de las siguientes formas:

2.3.1. Con fresa de forma

Se reduce, en este caso a emplear la fresa apropiada; la fresa deberá tener un ancho algo mayor que la distancia del vano entre dientes del árbol a mecanizar, para lograr un perfecto acabado de los flancos de los nervios. Después se procede igual que para hacer una ranura rectangular. Para que todas las ranuras tengan la misma longitud convendrá poner un tope fin de carrera.

2.3.2. Con varias fresas

Se pueden emplear varias fresas cuando no se dispone de la fresa apropiada, con resultados incluso mejores. Los procedimientos pueden ser varios según la disponibilidad de fresas existentes.

Se pueden emplear dos fresas de tres cortes y una de radio; si el trabajo es de precisión lo ideal sería emplear dos fresas angulares como muestra la figura 11.

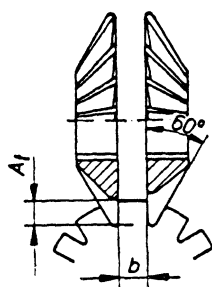


Figura 11

Una vez montadas las fresas, se centran y se da la pasada para que quede una pequeña canal (UNE 26014). Hechas todas las ranuras, se cambian por otras fresas, cuyo radio coincida con el fondo del árbol.

A los árboles que han de ir templados y rectificadas se les deja un sobremetal para el rectificado.

2.4. FRESADO DE ACOPLAMIENTO DE DIENTES

Los embragues o acoplamientos de dientes suelen ser de dientes rectos (fig. 12), de dientes triangulares (fig. 12 B) y tropeciales (fig. 12 C).

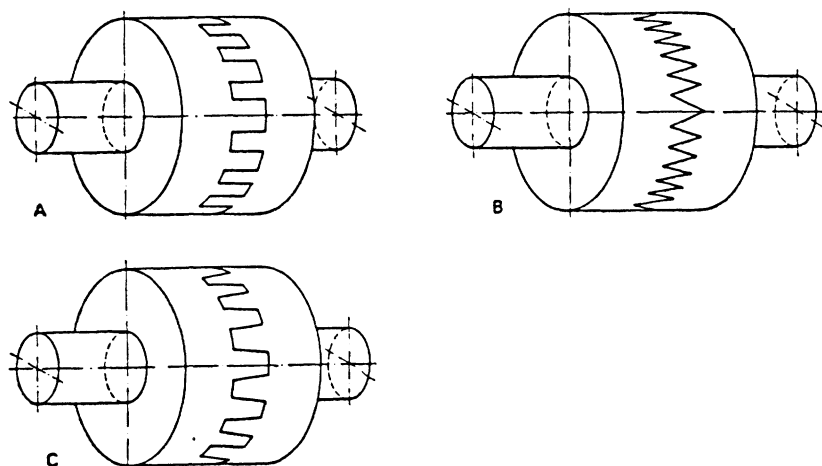


Figura 12

2.4.1. Fresado de dientes rectos

Suelen ser de dientes impares y así coinciden las caras de dientes opuestos, y con la misma pasada se hacen los flancos derecho e izquierdo de esos dientes diametralmente opuestos.

El reglaje consiste en hacer que una de las caras de la fresa quede perfectamente centrada y coincidente con el plano diametral de la pieza (fig. 13). Si el embrague fuese de número de dientes par (cosa poco frecuente) habrá que hacer el reglaje de la fresa, primero para un flanco y mecanizar todos los dientes a ese lado, luego, se centrará la otra cara de la fresa y, en esa segunda pasada, se comprobará que el ancho de los dientes y de los huecos sean iguales (o algo mayor los huecos). En la figura 14 puede verse un proceso completo para el tallado de un embrague de diez dientes.

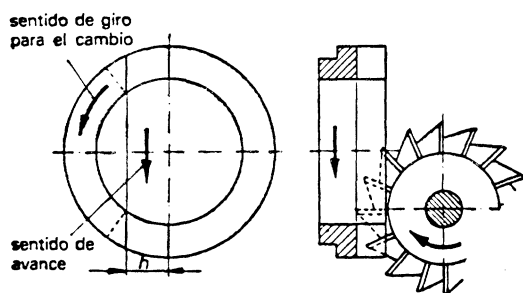


Figura 13

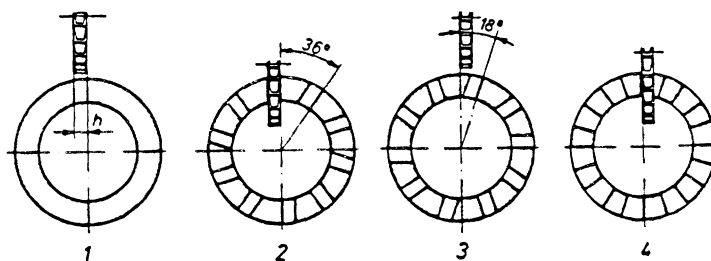


Figura 14

2.4.2. Fresado de dientes triangulares y trapeziales

En los casos de fresados de dientes triangulares y dientes trapeziales el proceso de fabricación es el mismo y sólo varían los reglajes de la fresa a emplear.

En la figura 15 se ven las peculiaridades de los embragues de diente para arrastre en un sentido y desembrague automático en sentido contrario. Las fórmulas que se utilizan para los cálculos y reglaje son:

$$\alpha = \frac{360^\circ}{z}$$

$$A_t = b \cdot \cotg \beta$$

$$b = R \cdot \tg \alpha$$

$$\text{sen } \alpha_1 = \frac{A_t}{D}$$

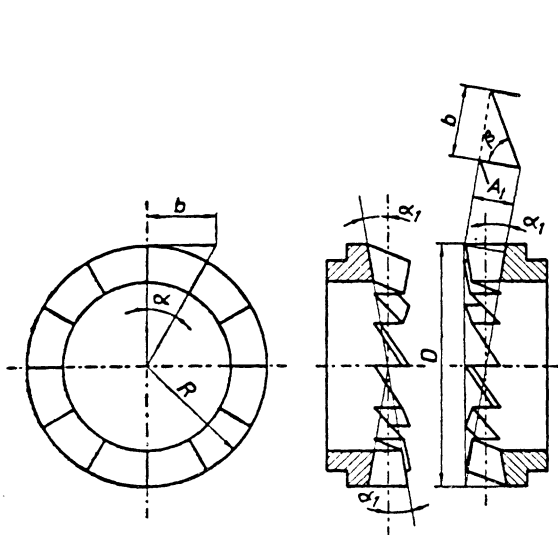


Figura 15

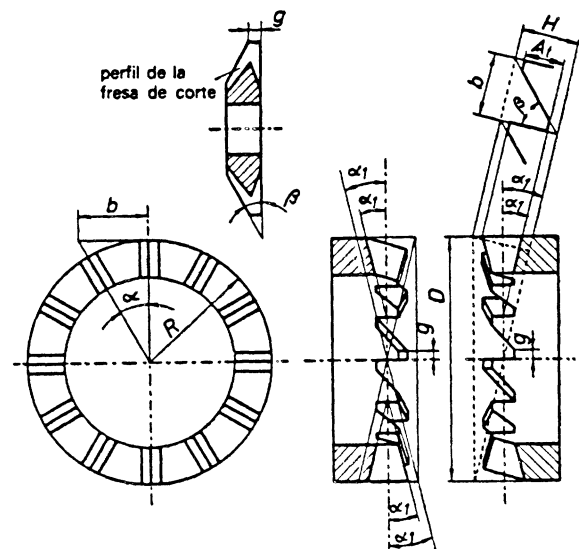


Figura 16

Para los de diente truncado (fig. 16), en las siguientes fórmulas las alturas son las del triángulo base sin truncar.

$$H = b \cdot \cotg \beta$$

$$A_t = H - (2g \cotg \beta)$$

$$\text{sen } \alpha_1 = \frac{H}{D}$$

siendo:

g = ancho de la cabeza de la cresta y fondo de los dientes y, por tanto, el ancho de la punta de la fresa.

A_r = altura real del diente en el diámetro exterior de la pieza.

2.5. MORTAJADO

Para realizar este trabajo en la fresadora (obtener ranuras mediante una herramienta de movimiento rectilíneo) hay que transformar el movimiento circular del árbol principal en movimiento rectilíneo por medio de un accesorio adecuado.

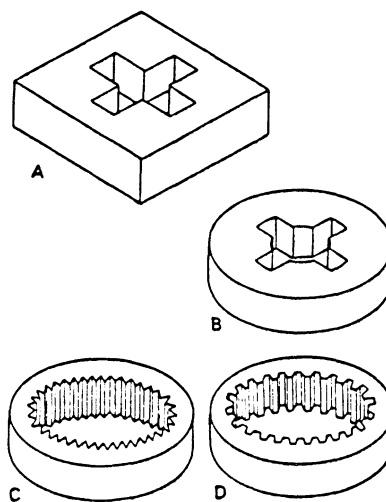


Figura 17

La herramienta debe volver sobre sí misma repetidamente hasta obtener la forma y dimensiones de la ranura o perfil. Para proteger la herramienta y evitar el desgaste prematuro del filo, el aparato debe disponer de un sistema de separación de la herramienta en la carrera de retroceso.

En la figura 17 podemos ver varios trabajos típicos que se pueden realizar por mortajado en la fresadora. Cuando se trate de trabajos en serie o trabajos muy fuertes es preferible hacerlos en la mortajadora o en la brochadora, ya que la fresadora sufre un exceso con este tipo de trabajos, para los cuales no está expresamente ideada.

2.6. TALADRADO Y MANDRINADO

El trabajo de taladrado y las máquinas especialmente diseñadas para realizarlo podemos verlo en los temas 43 y 44; en la fresadora también se puede realizar esta operación, si

bien la maniobra es más lenta que en las taladradoras. Se suele emplear el taladrado como operación previa al mandrinado.

El mandrinado, como vimos en los temas 35 y 36, quedó definido diciendo que es la operación por la cual se mecanizan o tornean interiores por medio de herramientas simples. Un caso particular es el llamado punteado o trazado de centros con precisión. Es un trabajo propio de las máquinas punteadoras, pero en casos sencillos y de precisión media pueden realizarse en la fresadora universal. Esta operación consiste en el trazado o punteado de taladros, en el mandrinado de precisión en esos mismos agujeros o bien de otros ya desbastados en procesos anteriores.

Para puntear se emplean más brocas cortas y perfectamente guiadas, semejantes a las que se emplean para hacer puntos de centrado.

2.7. LEVAS

Veremos en este apartado algunas que pueden realizarse sin accesorios especiales en la fresadora universal.

2.7.1. Leva de tambor

La leva de tambor tiene una ranura que sirve de apoyo a un rodillo o pivote unido a la varilla o empujador, en la figura 18 vemos distintas curvas en levas de tambor. La ley de movimiento de esta varilla determina la forma de la curva.

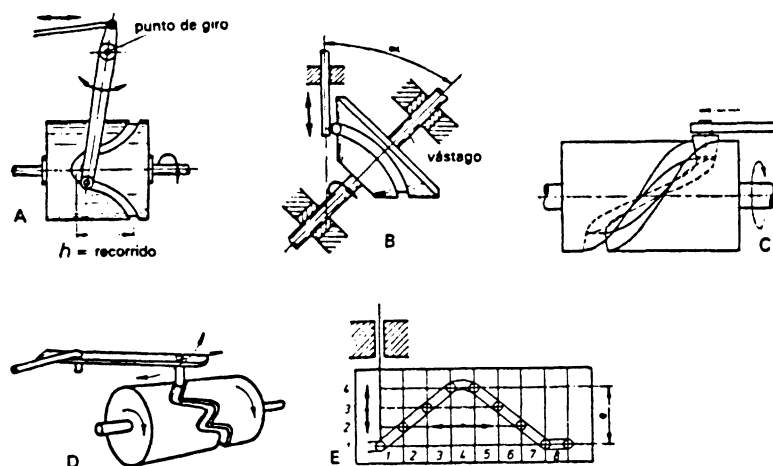


Figura 18

El tallado en la fresadora es posible siempre que se trate de ranuras formadas por hélices, ya que otras curvas no pueden realizarse, a no ser por procedimientos especiales.

2.7.2. Leva de disco

Este tipo de leva es muy utilizado en máquinas de todo tipo: máquinas herramientas, maquinaria textil, de imprenta, destacando su aplicación en los tornos automáticos.

Sus formas pueden ser muy variadas, pero a continuación veremos las que se emplean para lograr desplazamientos de la varilla con movimiento uniforme:

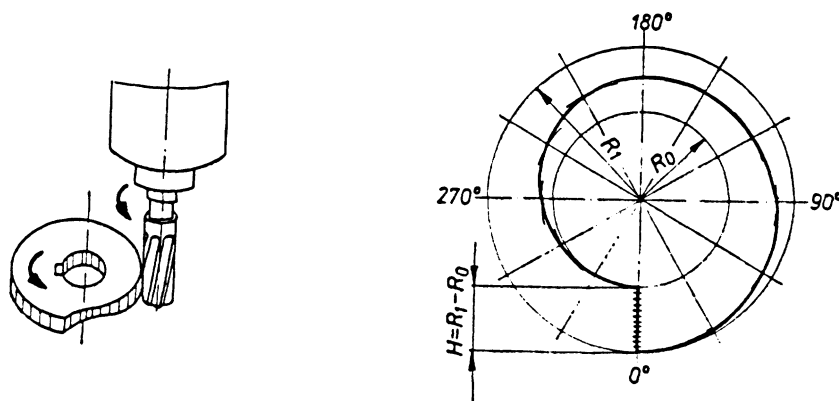


Figura 19

– **Leva de Arquímedes completa.** La cuna directriz empleada en este tipo de levas es la espiral de Arquímedes. La diferencia de los extremos $R_1 - R_0$ se llama paso de la espiral y se representa por H :

$$H = R_1 - R_0$$

En la figura 19 se representa una leva de espiral completa.

– **Leva de espiral de Arquímedes incompleta.** En la mayor parte de los casos, las levas de disco, al igual que las de tambor, suelen tener una, dos o más ramas formadas por espirales incompletas (figs. 20, 21 y 22). En este caso el paso de cada una de estas espirales será:

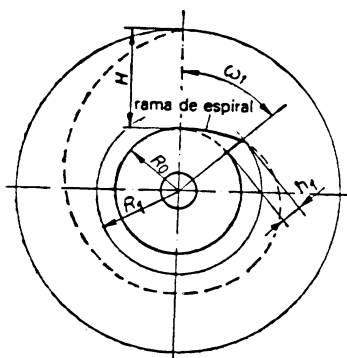


Figura 20. Leva de espiral de Arquímedes incompleta de una rama.

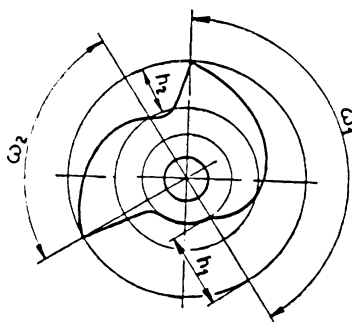


Figura 21. Leva de espiral de Arquímedes incompleta de dos ramas.

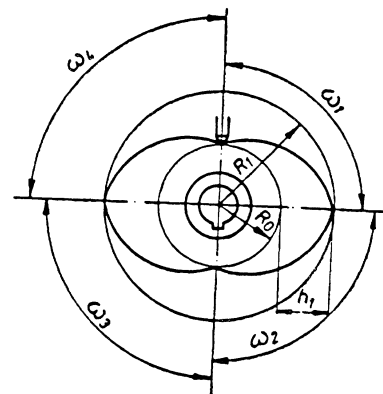


Figura 22

Siendo:

R_1 y R_0 = Radios de los extremos de la espiral.

W = ángulo central abarcado por la espiral.

Para el tallado de cada una de las espirales que configuran la leva, hay que tener al aparato divisor de una cadena cinemática similar a la empleada para las ranuras helicoidales. Además, el eje divisor debe estar en posición vertical y la fresa centrada respecto a la línea de desplazamiento de la mesa.

Por esta razón se suelen emplear, en ocasiones, mesas circulares con dispositivos de embrague para acoplar a voluntad las ruedas, e incluso, invertir el sentido de giro sin necesidad de añadir o quitar una rueda al tren de ruedas intercambiable.

3. PARÁMETROS DE MECANIZADO

Los ángulos de afilado de los dientes de las fresas dependen del tipo de fresa, de su material y del material a mecanizar.

Respecto a las velocidades de corte, son mayores que las de ninguna otra herramienta, pues dichas velocidades están sólo limitadas por el calentamiento de la herramienta, y las fresas se calientan menos, porque sólo trabajan los dientes en una fracción de su rotación, enfriándose en contacto con el aire el resto de ella.

Estas velocidades dependen también del material de las fresas y del material a mecanizar. Si se desea obtener las velocidades en revoluciones por minuto partiendo de las velocidades de corte lineales, puede utilizarse la fórmula siguiente, de fácil deducción:

$$n = \frac{1.000 v}{\pi \cdot D} \quad [1]$$

El avance depende también del material de la fresa y del de la pieza que se mecaniza.

En los cuadros 1 y 2 damos las velocidades de corte y avances para fresas cilíndricas según el material a fresar.

Cuadro 1

VELOCIDADES DE CORTE Y AVANCES PARA EL FRESADO CON FRESAS DE ACERO AL CARBONO

Material	Velocidad corte v(m/min)		Velocidad avance a (mm/min)
	Desbaste	Acabado	
Cobre y aluminio	40-50	50-60	40-60
Bronce común	15-28	20-22	40
Acero dulce	10-12	13-15	28
Acero semiduro	8-10	10-12	20
Acero duro	5-6	6-12	13
Acero muy duro	4-5	5-6	12
Fundición gris	3-4	4-5	10

Cuadro 2

VELOCIDADES DE CORTE Y AVANCES PARA EL FRESADO CON FRESAS DE ACERO AL CARBONO

Material	Velocidad corte v(m/min)		Velocidad avance a (mm/min)
	Desbaste	Acabado	
Cobre y aluminio	60-80	80-100	80-120
Bronce común	25-28	35-40	80
Acero dulce	16-20	25-30	60
Acero semiduro	12-16	18-22	30
Acero duro	10-15	16-18	25
Acero muy duro	8-12	13-15	20
Fundición gris	12-15	18-20	45

Cuadro 3
PRESIÓN ESPECÍFICA DE CORTE PARA EL FRESADO

Material	kg/mm ²
Acero dulce	170-125
Acero semiduro	210-155
Acero duro	300-232
Fundición gris duro	125
Fundición gris blanda	80
Latón y bronce medianos	80
Aluminio y aleaciones dulces	50
Magnesio (Electrón)	31,5

En todo caso, en cualquier trabajo de fresado deben tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

1º. Comenzar el trabajo con una velocidad de avance pequeña y aumentarla progresivamente, ya que la capa superficial es más dura que las interiores.

2º. Procurar trabajar con velocidad de corte elevada y modificar el avance durante el trabajo, pues el avance afecta más a la máquina que la velocidad de corte, siempre, claro está, que no se llegue al límite de calentamiento admisible.

3º. En los trabajos de desbastado se debe adoptar una velocidad de corte media. Para el acabado se debe reducir el avance y aumentar la velocidad de corte, para mejorar así la superficie.

4º. Refrigerar con líquidos de corte la herramienta para conseguir un enfriamiento máximo.

5º. Emplear sólo fresas de acero rápido en aquellos trabajos en que se tema un calentamiento excesivo de la herramienta.

4. FUERZAS DE CORTE, MOMENTO TORSOR Y POTENCIA

Si designamos por k la fuerza específica de corte (Cuadro 3), la fuerza de corte será:

$$F = K \cdot S \quad [2]$$

Como la sección de la viruta es variable (fig. 23), la fuerza máxima será la necesaria para cortar la sección máxima, que será:

$$S = AB \times b = AC \operatorname{sen} \alpha \cdot b \quad [3]$$

Siendo b la anchura de la viruta. Ac es, en realidad, el avance por diente.

Si Z es el número de dientes, n el número de r.p.m. y a el avance de corte en m/min., el avance por diente AC será:

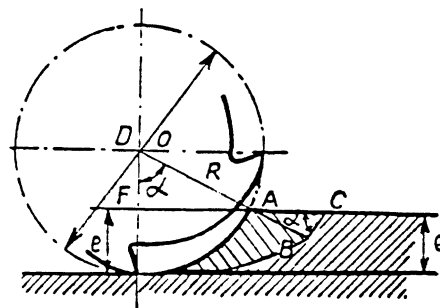


Figura 23. La fuerza máxima de corte se desarrolla en la sección AB máxima de la viruta

$$AC = \frac{a}{Z \cdot n}$$

y sustituyendo este valor en [3]

$$S = \frac{a}{Z \cdot n} \operatorname{sen} \alpha \cdot b \quad [4]$$

El valor de $\operatorname{sen} \alpha$ se puede poner en función del diámetro de la fresa D y del espesor de la viruta cortada e de la manera siguiente. De la figura 23 se desprende que:

$$OA^2 = FA^2 + OF^2 = OA^2 \operatorname{sen}^2 \alpha + OF^2$$

o lo que es lo mismo:

$$R^2 = R^2 \operatorname{sen}^2 \alpha + (R - e)^2, \text{ de donde}$$

$$\operatorname{sen} \alpha = \sqrt{\frac{R^2 - (R - e)^2}{R^2}} = \frac{\sqrt{R^2 - R^2 - e^2 + 2Re}}{R_2} = \frac{\sqrt{2Re - e^2}}{R} = \frac{\sqrt{2 \frac{D}{2} e - e^2}}{\frac{D}{2}} = \frac{2 \sqrt{e(D - e)}}{D}$$

Sustituyendo este valor de $\operatorname{sen} \alpha$ en la [4]:

$$S = \frac{a \cdot b}{Z \cdot n} \times \frac{2 \sqrt{e(D - e)}}{D} = \frac{2 \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{e(D - e)}}{Z \cdot n \cdot D}$$

y, por tanto, el valor de la fuerza de corte será según la [2]:

$$F = K \frac{2 \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{e(D - e)}}{Z \cdot n \cdot D} \quad [5]$$

Si en esta fórmula se sustituye n por su valor en función de la velocidad de corte v , deducida en [1]:

$$n = \frac{1.000 \cdot v}{\pi \cdot D}$$

tendremos:

$$F = K \frac{2 \cdot a \cdot b \cdot \pi \cdot \sqrt{e(D - e)}}{1.000 \cdot v \cdot Z} \quad [6]$$

Momento torsor. El momento torsor será:

$$M_t = F \cdot R = F \frac{D}{2} \quad [7]$$

Potencia absorbida. La potencia absorbida será:

$$P = \frac{F \cdot v}{p}$$

siendo p el rendimiento de la máquina.

Como la velocidad viene en metros por minuto habrá que dividir por 60 para ponerla en metros por segundo:

$$P = \frac{F \cdot v}{60 \cdot p}$$

Y si deseamos obtener P en CV:

$$P = \frac{F \cdot v}{60 \cdot 75 \cdot p} = \frac{F \cdot v}{4.500 \cdot p} \quad [8]$$

Si la velocidad de la pieza viene en r.p.m. como:

$$V = 2 \pi \cdot R \cdot n$$

sustituyendo en [8]:

$$P = \frac{F \cdot 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n}{4.500 \cdot p} = \frac{F \cdot R \cdot n}{716 \cdot 2 \cdot p} \quad [9]$$

pero como $F \cdot R = Mt$, será:

$$P = \frac{Mt \cdot n}{716 \cdot 2 \cdot p} \quad [10]$$

Estas fórmulas son válidas tanto para el fresado en oposición como para el fresado en concordancia, variando sólo el rendimiento p que es inferior en el fresado en oposición, por el rozamiento de las fresas con la pieza.

RESUMEN

La fresadora es una máquina que utiliza, generalmente, la herramienta denominada fresa, que animada de un movimiento de rotación, mecaniza superficies en piezas que se desplazan con movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

Los movimientos de trabajo de la fresadora son:

- Movimiento de corte: por rotación de la fresa.
- Movimiento de avance: por desplazamiento rectilíneo de la pieza.
- Movimiento de profundidad de pasada: por desplazamiento vertical de la mesa.

Los ángulos de afilado de los dientes de las fresas dependen del tipo de fresa, de su material y del material a mecanizar.

Las velocidades de corte son mayores que las de ninguna otra herramienta, pues dichas velocidades están sólo limitadas por el calentamiento de la herramienta, y en las fresas se calientan menos, porque sólo trabajan los dientes en una fracción de su rotación, enfriándose en contacto con el aire el resto de ella.

EDITA Y DISTRIBUYE: