

TIEMPOS DE MECANIZADO

El mecanizado completo de una pieza requiere llevar a cabo una sucesión de tareas y operaciones que abarcan la preparación de la máquina, de las herramientas de corte, y el mecanizado propiamente dicho, durante el cual hay lapsos de tiempo en los que hay remoción de virutas y lapsos que solo involucran maniobras pasivas indispensables pero de carácter improductivo.

Entre los tiempos improductivos pueden citarse: colocación y retiro de la pieza, de herramientas, maniobras de reglaje, cambio de herramientas, tomas de medida, cambios de marcha, cambio de posición de la pieza, etc. Estos tiempos no pueden cuantificarse previamente con precisión, solo pueden hacerse estimaciones que variarán con el tipo de máquina, de pieza, operario. Es habitual prever estimaciones considerando suficiente margen de error. Solamente después de mecanizar cierta cantidad de piezas se tendrán valores cercanos a los obtenibles en producción. Algunos tiempos de maniobra determinados empíricamente, han sido tabulados y se encuentran disponibles para el interesado en algunos manuales técnicos, sirviendo de ayuda a efectos orientativos.

Los tiempos de mecanizado propiamente dichos, cuando hay efectiva remoción de metal, pueden calcularse con bastante exactitud si las condiciones de corte están fijadas a priori, o sea, si están definidos los valores de velocidad de corte, profundidad y avance que se van a emplear. A lo sumo, si después de algunas pruebas se modifican dichos valores, los tiempos de mecanizado propiamente dichos quedan definitivamente establecidos. A continuación se listan las cantidades que permiten calcular los tiempos productivos y su correspondiente nomenclatura.

1.- Nomenclatura general

a : Avance [mm/rev] o [mm/carrera]

c : Recorrido [mm] (desplazamiento en la dirección del avance)

N : número de revoluciones por minuto [rpm]. (es una función de la velocidad de corte V_c)

N' : “ “ “ necesarias por pasada

T_M : Tiempo de máquina por pasada [min]

T_{MT} : “ “ “ para realizar “**m**” pasadas [min]

P : Profundidad total a arrancar [mm]

p : “ de corte de 1 pasada [mm]

m : número de pasadas necesarias

d : diámetro de la pieza

Revoluciones necesarias (o carreras necesarias, según corresponda):
$$N' = \frac{c}{a}$$

Tiempo necesario por pasada (no incluye tiempos muertos):
$$T_M = \frac{N'}{N} = \frac{c}{aN} \quad (1)$$

Número de pasadas:
$$m = \frac{P}{p_1}$$

Tiempo de máquina total:
$$T_{MT} = T_M m \quad (2)$$

Las expresiones (1) y (2) son válidas para calcular tiempos de cualquier operación de mecanizado, bajo la condición de que sean correctamente interpretados los parámetros característicos.

De acuerdo a lo visto, el tiempo dependerá de los valores que se adopten para V_c , **a** y **p**, cuya elección se hace siguiendo alguno de los métodos descritos en el capítulo “Optimización”.

En la figura 1, se muestran resumidamente las principales variables y factores que se toman en cuenta para elegir V_c , a y p . Estos a su vez influyen sobre la vida de la herramienta y sobre el consumo de potencia.

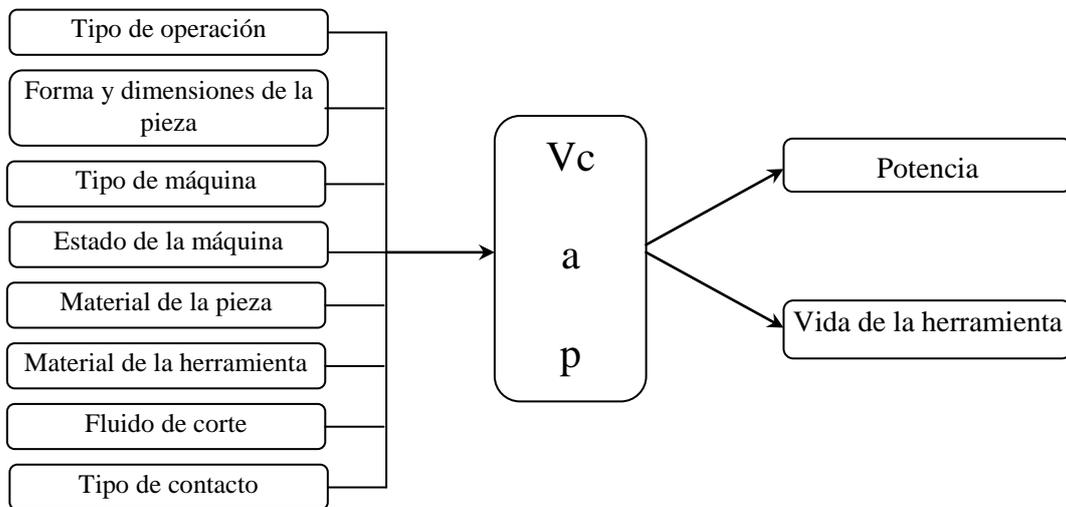


Figura 1.

2.- Torneado

- **En el torneado con máquinas CNC** se puede trabajar con programación de velocidad de corte (V_c) constante o con velocidad de rotación (N) constante.

En la operación de cilindrado, puesto que durante una pasada se mantiene $d=cte.$, con ambas programaciones resulta $V_c=cte.$, por lo cual también resulta $N=cte.$

En cambio, no ocurre lo mismo en operaciones de refrentado, ranurado o interpolación (superficies de radio variable), dado que en esos casos, si se trabaja con $N=cte.$, la V_c irá variando con la posición radial de la herramienta, mientras que si se trabaja con $V_c=cte.$, será N la que irá variando en forma continua con el radio.

- **En el torneado con máquinas convencionales**, no es posible trabajar variando N en forma continua con el radio, por lo cual se trabaja a $N=cte.$

En cualquier tipo de torno, en el caso de un cilindrado, la relación entre N y V_c es la siguiente:

$$N(rpm) = \frac{1000 V_c (m/min)}{\pi d(mm)} \quad (3)$$

El valor N obtenido de (3) corresponde a la V_c deseada. Pero los tornos convencionales solo disponen generalmente de una cantidad discreta de velocidades N de rotación del husillo, escalonadas siguiendo una progresión geométrica. Entonces deberá optarse por una velocidad de las disponibles en la máquina que designaremos como $N_{máq}$, obteniendo por ello una V_c resultante que diferirá de la V_c deseada.

Finalmente, los tiempos T_M y T_{MT} dados por las expresiones (1) y (2) deberán ser calculados empleando el valor $N_{máq}$ adoptado.

3.- Limado, Cepillado, Mortajado

En estas operaciones el movimiento de corte relativo herramienta-pieza es rectilíneo. En la figura 2 se esquematiza el caso de la operación de limado.

Siendo:

$$\left. \begin{array}{l}
 \mathbf{V}_1 : \text{velocidad de corte en la carrera activa [m/min]} \\
 \mathbf{V}_r : \text{“ “ “ “ “ “ pasiva “} \\
 \mathbf{V}_m : \text{“ “ “ media} \\
 \mathbf{N} : \text{número de carreras dobles por minuto} \\
 \mathbf{c}' : \text{longitud de una pasada sencilla [m]} \\
 \mathbf{t}_1 : \text{tiempo de la carrera activa} \\
 \mathbf{t}_r : \text{“ “ “ “ pasiva}
 \end{array} \right\} t_1 + t_r = \text{total 1 minuto}$$

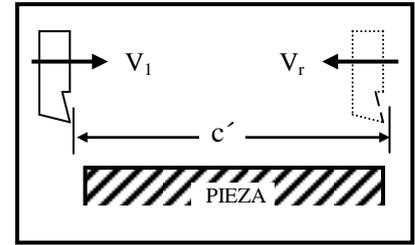


Figura 2

luego:

$$V_m = \frac{2 N c'}{t_1 + t_r} \quad (4)$$

$$t_1 = \frac{N c'}{V_1} \quad t_r = \frac{N c'}{V_r}$$

$$V_m = \frac{2 N c'}{\frac{N c'}{V_1} + \frac{N c'}{V_r}} = \frac{2}{\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_r}} \quad (V_1 \text{ y } V_r \text{ varían a lo largo de } c')$$

Para 1 pasada completa sobre una superficie de ancho c (dirección perpendicular a la longitud c'), el número de carreras dobles necesarias será:

$$N' = \frac{c}{a} \quad \text{donde } a: \text{avance [mm/carrera]}$$

Finalmente:

$$T_M = \frac{N'}{N} = \frac{c}{a N} \quad \text{y} \quad T_{MT} = m T_M$$

4.- Fresado

En el fresado, el avance puede expresarse de las 3 formas siguientes:

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a}_z : [\text{mm/diente}] \\
 \mathbf{a}' : [\text{mm/min}] \\
 \mathbf{a} : [\text{mm/vuelta}]
 \end{array}$$

Cualquiera de las formas en la que esté expresado el avance, es posible transformarlo en cualquiera de las otras formas, a través de las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{a} = \mathbf{a}_z \cdot z \\
 \mathbf{a}' = \mathbf{a}_z \cdot z \cdot N
 \end{array}$$

siendo: z : N° de dientes de la fresa y N : RPM de la fresa

Deben distinguirse 2 tipos de fresado: el fresado tangencial y el fresado frontal.

El **fresado tangencial** puede verse en la figura 2. La longitud de una pasada sencilla c' debe tomarse como la longitud de la superficie en esa dirección sumándole el diámetro de la fresa. En el caso del fresado de una ranura en m pasadas en profundidad, con la ecuación (5) se calcula el tiempo por pasada:

$$T_M = \frac{c'}{a N} = \frac{c'}{a_z z N} = \frac{c'}{a'} \quad (5)$$

Para realizar las m pasadas, el tiempo será:

$$T_M = \frac{m.c'}{a N} = \frac{m.c'}{a_z z N} = \frac{m.c'}{a'} \quad (6)$$

El tiempo se calcula de manera análoga para otras operaciones de fresado tangencial, por ejemplo el canteado (contorneado) de una placa con fresa de vástago.

El **fresado frontal** se indica en la figura 3. En la longitud c' también debe incluirse el diámetro de la fresa. El ancho b de la franja a fresar en cada pasada sencilla es lo que debe desplazarse lateralmente la pieza, tantas veces m como sea necesario hasta completar el ancho total B .

Nótese que el cálculo mostrado no incluye los tiempos pasivos.

5.- Rectificado

Se tiene en cuenta que el retroceso se efectúa con el mismo avance que en el trayecto de ida, y a la misma profundidad. Por lo tanto, el tiempo se calcula como sigue:

$$T_M = \frac{2 c'}{a N} \quad (6)$$

Para el rectificado valen las mismas consideraciones hechas para el fresado. Esto es, las m pasadas en profundidad en el rectificado tangencial, y los m desplazamientos laterales en el frontal.

6.- Taladrado

Puede utilizarse la expresión (1) general, como en una operación de torneado.

Bibliografía

- M. Rossi, "Máquinas-Herramientas modernas", Ed. Hoepli.

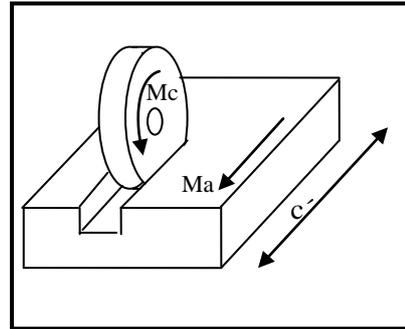


Figura 2

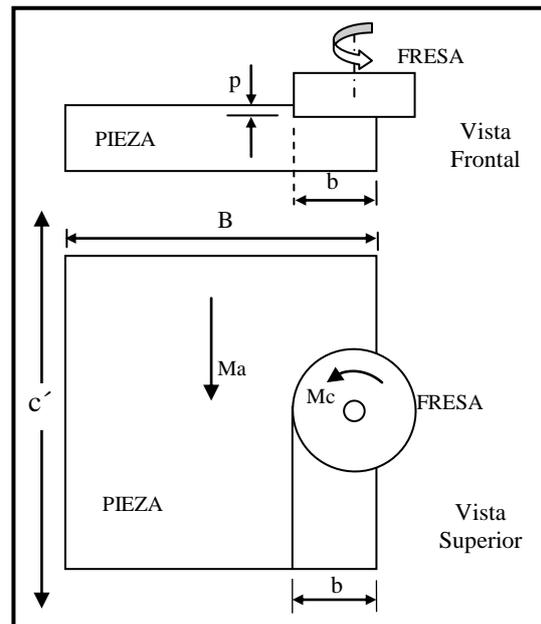


Figura 3