

## Parámetros y condiciones de corte en MAV

Juan Martín.

Lluc Castellano Almoril

### PARÁMETROS DE CORTE

En este artículo se definen los siguientes parámetros:

**V<sub>c</sub>:** *Velocidad de corte.* Es la velocidad tangencial de un punto situado en el perímetro circular de la herramienta. Sus unidades son de velocidad lineal y generalmente se utiliza el m/min.

**S:** *Velocidad de giro de la herramienta* expresada en unidades de velocidad angular. Generalmente las unidades son rev/min (rpm) o (min<sup>-1</sup>).

**F:** *Avance de mecanización:* Velocidad lineal del centro de la herramienta. Se expresa en unidades de velocidad lineal y generalmente en mm/min.

**F<sub>z</sub>:** *Avance por diente.* Distancia recorrida en el sentido y la dirección del Avance por la fresa en el espacio de tiempo en el que un diente o labio de herramienta ha tardado en girar una vuelta completa. Generalmente este concepto se define como la cantidad de material (en unidades de distancia lineal) que arranca cada diente por vuelta. Tiene unidades de medida lineal dividido por revoluciones y generalmente se expresa en mm/rev.

Las ecuaciones que relacionan éstos parámetros son las siguientes:

$$V_c = \frac{S \cdot D \cdot \pi}{1000} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde

V<sub>c</sub>: velocidad de corte (m/min)

S: velocidad de giro (rpm) o (min<sup>-1</sup>)

D: diámetro de la herramienta (mm)

$$F = S \cdot f_z \cdot Z \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

F: Avance (mm/min)

F<sub>z</sub>: Avance por diente (mm/rev)

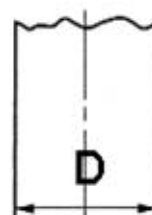
Z: Número de dientes

Es importante destacar que la velocidad de corte es un valor relacionado con el material que se quiere mecanizar, con la composición físico-química de la herramienta y la esbeltez de esta. El avance por diente depende mas de factores como la geometría de la herramienta y su diámetro y no de los que se han relacionado con la velocidad de corte.

Continuamos con la definición de parámetros:

**A<sub>p</sub>:** *Incremento de pasada en Z* que corta una herramienta en profundidad de corte y la siguiente. Es una distancia y por tanto tiene unidades lineales. Generalmente en mm.

**A<sub>e</sub> o P:** *Incremento de pasada lateral o radial* (en el plano XY) que realiza una herramienta en una trayectoria de corte y la contigua. Es una distancia y por tanto tiene unidades lineales. Generalmente en mm.



De o Dt: *Diámetro efectivo de corte*. Es el diámetro mayor de la herramienta que está en contacto con la herramienta en el momento del corte. Es un diámetro y por lo tanto tiene unidades lineales. Generalmente mm

Estos parámetros determinan las condiciones de corte de las herramientas y cuáles son las rugosidades previstas después de cada operación.

Se presentan a continuación definiciones de diferentes tipos de rugosidad. Para su definición se ha empleado el estándar que utiliza la herramienta esférica como herramienta de partida.

Rmax o Ad: *Rugosidad máxima*. Es la altura máxima de la cresta resultante de haber trabajado con una herramienta de cierto diámetro con un cierto valor de incremento lateral P. Tiene unidades lineales y normalmente se utilizan um.

La relación entre Rmax y D, P es la siguiente:

Por Pitágoras se puede decir que:

$$(R - R_{max})^2 + \left(\frac{P}{2}\right)^2 = R^2 \quad \text{Ecuación 3}$$

$$R^2 - 2 \cdot R \cdot R_{max} + R_{max}^2 + \left(\frac{P^2}{4}\right) = R^2 \quad \text{Ecuación 4}$$

Si se desprecia el valor Rmax<sup>2</sup> (normalmente se trabaja con valores del orden de 0.01 a 0.0005 mm, y por lo tanto su cuadrado no es muy significativo) se tiene que:

$$\frac{P^2}{8 \cdot R} = R_{max} \quad \text{Ecuación 5}$$

Y por lo tanto:

$$\frac{P^2}{8 \cdot R} = R_{max} \quad \text{Ecuación 6}$$

O lo que es lo mismo:

$$P = \sqrt{8 \cdot R_{max} \cdot R} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

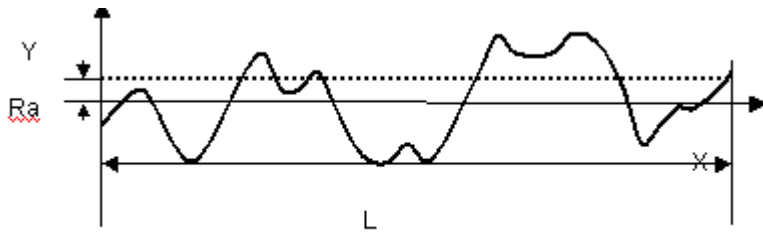
R: Radio de la herramienta (mm)

P: Incremento de pasada lateral o radial (mm)

Rmax : Rugosidad máxima (mm)

Ra: *Desviación aritmética media*. Es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones del perfil. Normalmente este es el parámetro escogido cuando se habla de calidad superficial. Su expresión es la siguiente:

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx \quad \text{Ecuación 8}$$



## CONDICIONES DE CORTE

### **Corte a favor o en oposición**

En la mecanización tradicional la elección del tipo de corte era muy variable y dependía mucho del operario de la máquina. Se tenían que tener en cuenta criterios como las vibraciones y las holguras de los tornillos de bolas.

Pero en la alta velocidad hay coincidencia en la preferencia de corte en oposición, especialmente en la mecanización de materiales duros. Está comprobado experimentalmente que la vida de la herramienta es mucho mas larga si se trabaja en oposición en estos tipos de materiales.

Para materiales blandos como el grafito e incluso el aluminio y el cobre este echo no es tan determinante y la elección dependerá mas de otros factores como la rigidez de la máquina ( en el corte a favor la herramienta tiene tendencia a clavarse más en el material, mientras que en el corte en oposición la herramienta es escupida hacia fuera si el sistema herramienta-portaherramienta-cabezal no es suficientemente rígido).

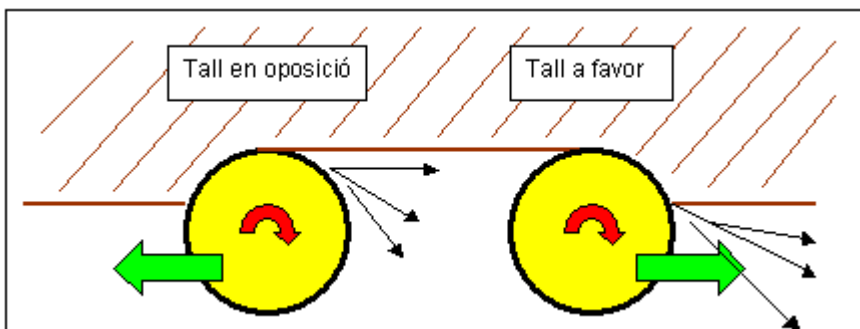


Gráfico ilustrativo del corte en oposición y a favor. Observar que en el corte a favor se produce un recorte en la viruta ya que la herramienta se mueve en el sentido hacia donde esta es expulsada . En el corte en oposición esto no ocurre, ya que la viruta es expulsada hacia el sentido contrario al movimiento: hacia atrás. Color verde: dirección y sentido de avance; Color rojo : sentido de giro de la herramienta; Flechas negras: dirección y sentido de salida de la viruta.

### **Estabilidad en el corte**

Como norma general se puede decir que las herramientas esféricas integrales o de plaqueta son más estables si trabajan con una pasada radial considerablemente mas grande que la pasada axial.

Exactamente al contrario se puede afirmar de las herramientas integrales , planas o toroidales, estas trabajan mucho mejor completamente de costado y su corte no es tan estable cuando se les somete a procesos de ranurado, Esta consideración no se puede hacer extensible a las herramientas planas o toroidales de plaquetas o a los platos de plaquetas. La estabilidad en estas últimas vendrá dada por la geometría de la plaqueta .

Sí por ejemplo para herramientas esféricas es usual trabajar con pasadas radiales del 20 al 60% del diámetro de la herramienta mientras que las axiales irán del 2 al 7-8%. No hace falta decir que estos parámetros dependen de condiciones como el material a mecanizar, la calidad de la herramienta, su longitud y la calidad del programa.

Para herramientas integrales planas se pueden usar desde un 50% a un 150% en pasada axial y hasta un 7-8% en pasada radial. Estos parámetros también dependen de las condiciones descritas en el párrafo anterior.

Se presenta una pequeña tabla como ejemplo de lo que podrían ser parámetros de partida en la utilización de herramientas integrales recubiertas de TiAIN para la mecanización de aceros.

Material	Forma	Tipus	Diámetro	Fz	Vc	Vc acabat	Av max %D	Ap max %D
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Plana	20-18	0.2-0.15	50-100	50-120	3	150
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Plana	12-10	0.12-	50-100	50-120	3	150
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Plana	8-6	0.1-0.15	50-100	50-120	3	150
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Plana	5-4	0.08-0.1	50-100	50-120	3	150
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Plana	4-0.2	0.05-	50-100	50-120	3	150
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	20-18	0.2-0.15	60-120	60-150	30	3
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	12-10	0.12-	60-120	60-150	30	3
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	8-6	0.1-0.15	60-120	60-150	30	3
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	5-4	0.08-0.1	60-120	60-150	30	3
1.2083-1.2379 52-60 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	4-0.2	0.05-	60-120	60-150	30	3
1.2787-1.2343 50-55 HRc	Widia + TiAIN	Plana	20-18	0.2-0.15	120-200	150-220	5	150
1.2787-1.2343 50-55 HRc	Widia + TiAIN	Plana	12-10	0.12-	120-200	150-220	5	150
1.2787-1.2343 50-55 HRc	Widia + TiAIN	Plana	8-6	0.1-0.15	120-200	150-220	5	150
1.2787-1.2343 50-55 HRc	Widia + TiAIN	Plana	5-4	0.08-0.1	120-200	150-220	5	150
1.2787-1.2343 50-55 HRc	Widia + TiAIN	Plana	4-0.2	0.05-	120-200	150-220	5	150
1.2787-1.2343 45-55 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	20-18	0.2-0.15	180-250	200-300	50	5
1.2787-1.2343 45-55 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	12-10	0.12-	180-250	200-300	50	5
1.2787-1.2343 45-55 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	8-6	0.1-0.15	180-250	200-300	50	5
1.2787-1.2343 45-55 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	5-4	0.08-0.1	180-250	200-300	50	5
1.2787-1.2343 45-55 HRc	Widia + TiAIN	Esférica	4-0.2	0.05-	180-250	200-300	50	5
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Plana	20-18	0.2-0.15	150-250	150-300	7	150
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Plana	12-10	0.12-	150-250	150-300	7	150
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Plana	8-6	0.1-0.15	150-250	150-300	7	150
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Plana	5-4	0.08-0.1	150-250	150-300	7	150
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Plana	4-0.2	0.05-	150-250	150-300	7	150
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Esférica	20-18	0.2-0.15	200-300	200-350	70	7
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Esférica	12-10	0.12-	200-300	200-350	70	7
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Esférica	8-6	0.1-0.15	200-300	200-350	70	7
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Esférica	5-4	0.08-0.1	200-300	200-350	70	7
Acers fins a 40 Hrc	Widia + TiAIN	Esférica	4-0.2	0.05-	200-300	200-350	70	7