

DISEÑO Y CALCULO DE HERRAMIENTAS PARA BROCHAR

PARTE I. DESPRENDIMIENTO DE VIRUTA MEDIANTE PROCESOS DE BROCHADO



Por : Ing. Mariano Antonio Benavides C.
Jefe SENA - C.D.T. ASTIN

INTRODUCCION

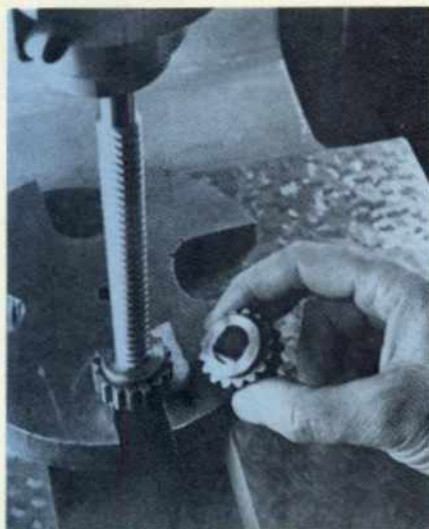
El brochado es una operación de maquinado de alto rendimiento y precisión, utilizando herramientas de muchos filos que trabajan con movimientos rectilíneos de corte (Ver fig. No.1)

Los dientes de la herramienta tienen un incremento " h " de diente en diente, aumentándose en esta forma la profundidad de corte gradualmente hasta los últimos dientes que son los encargados de dar la medida final y calibración de la pieza obtenida. (Ver figura No. 5)

Las máquinas brochadoras pueden ser horizontales o verticales. Si bien las herramientas son muy costosas, se justifica el proceso para la fabricación de grandes series o piezas iguales de construcción difícil y alta precisión.

Ventajas del brochado respecto a otros procesos como mortajado, cepillado o fresado.

- Las piezas se obtienen en una o dos pasadas y en pocos segundos, lográndose un gran ahorro de tiempo.
- Gran precisión de las piezas fabricadas.
- Buen acabado superficial sin necesidad de otro proceso posterior.
- No requiere de mano de obra altamente calificada para la manipulación del equipo, sólo requiere calificación en montaje y alineación de los dispositivos.



PROCESOS DE BROCHADO

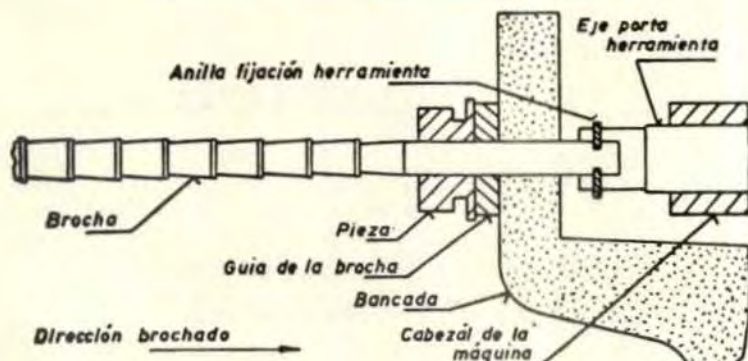


Fig. 1

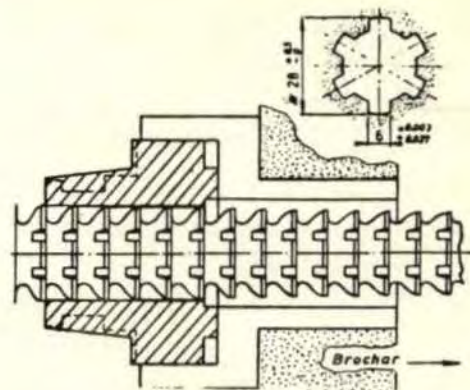


Fig. 2

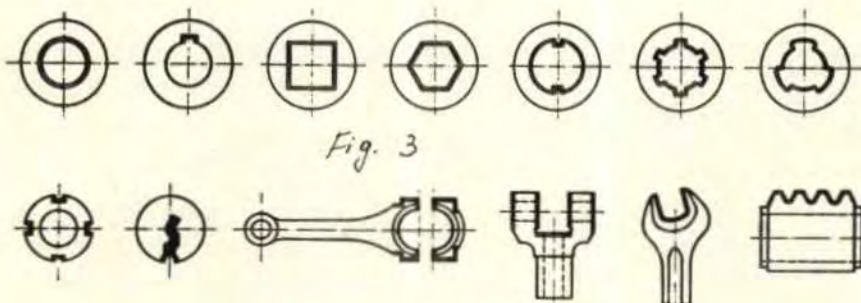


Fig. 3

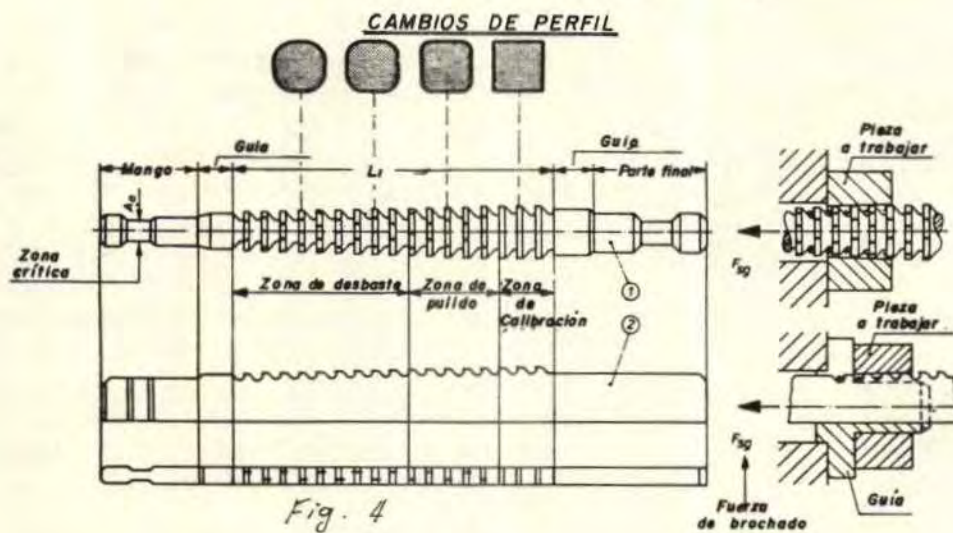


Fig. 4

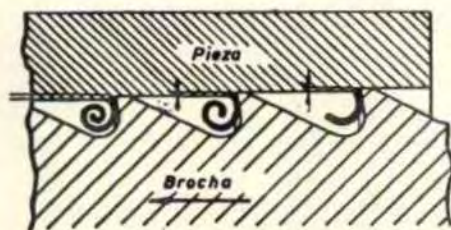


Fig. 5

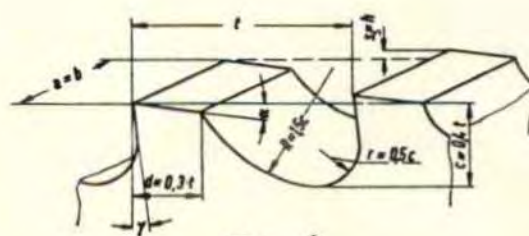


Fig. 6

DISEÑO Y CALCULO DE LAS BROCHAS

1. CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Para el diseño y cálculo de una brocha se deben tener en cuenta los siguientes aspectos :

- 1.1 Conocimiento y dimensionamiento de la pieza o perfil a fabricar.
- 1.2 Dimensiones iniciales o de partida, por ejemplo agujeros premaquinados.
- 1.3 La cantidad de material a remover.
- 1.4 La longitud de brochado " l ".
- 1.5 El incremento o espesor de viruta por diente " h ".
- 1.6 Consideraciones para calcular el paso " t ".
- 1.7 El perfil del diente
- 1.8 El número efectivo de dientes en corte
- 1.9 La fuerza y potencia de corte y número total de dientes
- 1.10 Verificación de dimensiones para determinar el número de brochas necesarias según :
 - a. Cantidad de viruta a remover
 - b. Fuerza de corte y potencia
 - c. Longitud de la brocha y capacidad de montaje de la máquina.
- 1.11 Cálculo de la brocha a resistencia
- 1.12 El sistema de sujeción
- 1.13 Ejecución del anteproyecto y dibujo técnico.

2. CALCULO Y DETERMINACION DE LOS PARAMETROS

2.1 determinación del incremento por diente " h " (espesor de viruta).

El incremento " h " es dependiente de dos factores principalmente: la resistencia del material a trabajar y el tamaño o diámetro de la herramienta (ver figura No.8). Cuanto más resistente sea el material a mecanizar, tanto menor será el incremento; este en cambio será tanto mayor cuanto más grande sea el tamaño o diámetro de la herramienta.

Se trata de un parámetro eminentemente práctico, que se debe seleccionar con su valor máximo por efectos de rendimiento, pero teniendo en cuenta las limitantes de resistencia del material, puesto que es el factor más influyente.

Existen valores prácticos para el cálculo:

$$h = 0.03 \frac{\text{mm}}{\text{diente}}$$

hasta

$$h = 0.3 \frac{\text{mm}}{\text{diente}}$$

2.1 *

El valor mínimo se elige para materiales de alta resistencia, como por ejemplo aceros aleados con una resistencia de 90 kgf/mm² en adelante. Valores intermedios entre 0.03 y 0.3 sirven para aceros de mediana resistencia entre 40 y 80 kgf/mm² y valores cercanos a 0.3 mm

diente

para materiales blandos como aleaciones de aluminio o bronce maleable.

Con el objeto de orientar al diseñador en la selección del factor " h ", se presenta a continuación la tabla 2.

*Según: Reichard.-- Fertigungstechnik.-- Handwerk und Technik Verlag.

Dubbel.--Taschenbuch fuer den Maschinenbau.-- 13ed.--Berlin:Springer Verlag, 1974

GEOMETRIA Y PARAMETROS DE CORTE DE LAS BROCHAS

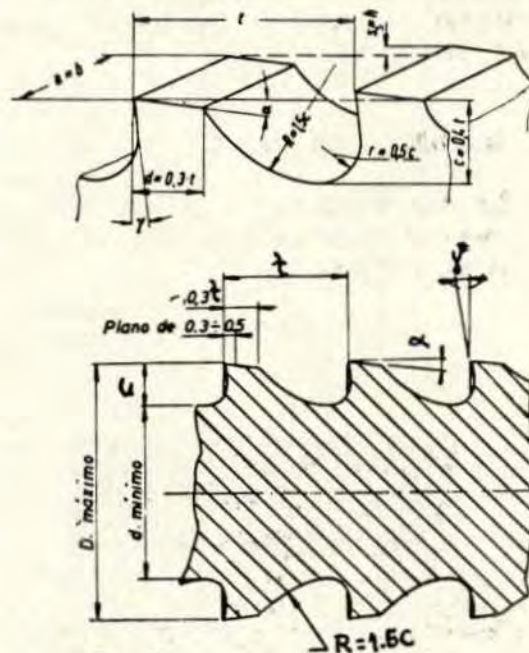


Fig. 7

Material	Ángulo de salida γ°	Ángulo libre α°	Ángulo del filo β°
Fundición dura	2 ... 3	2 ... 3	84 ... 86
Bronce	2 ... 4	2 ... 3	83 ... 86
Fundición gris	3 ... 6	2 ... 3	81 ... 85
Fundición cementada	4 ... 7	2 ... 3	80 ... 84
Latón	8 ... 10	2 ... 3	77 ... 84
Acero, σ_B hasta 90 kg/mm ²	10 ... 12	3 ... 4	74 ... 77
Acero, σ_B hasta 60 kg/mm ²	12 ... 15	3 ... 4	71 ... 75
Acero aleado, hasta 150 kg/mm ²	10 ... 15	3 ... 4	71 ... 77
Dural, hidronalio, electrón	10 ... 11	4 ... 7	65 ... 76
Alumina	18 ... 23	4 ... 7	60 ... 68
Cobre	20 ... 30	4 ... 7	53 ... 66
Plásticos prensados	25 ... 30	4 ... 7	53 ... 61

TABLA No.2

Valor de "h" según el material a trabajar [mm]

Material a trabajar	Valor de h según operación			
	Desbaste		Acabado	
	I	I	I	I
Aceros de 100 kg/mm ² de resistencia o más	I	0.038* - 0.051	I	0.0127
Aceros entre 70 y 100 kg/mm ²	I	0.064 - 0.127	I	0.0127
Aceros hasta 70 kg/mm ²	I	0.064 - 0.127	I	0.0127
Fundición de acero	I	0.064 - 0.127	I	0.0127
Fundición gris 20/30	I	0.152 - 0.254	I	0.0127
Fundición dura	I	0.076 - 0.127	I	0.0127
Fundición de bronce	I	0.254 - 0.381	I	0.0127
Fundición de aluminio	I	0.051 - 0.254	I	0.0254

* El valor mínimo se usa para piezas de precisión con buen acabado superficial y para longitudes a brochear relativamente pequeñas.

Se puede usar también el diagrama de la figura 8 para brochas cilíndricas rectangulares, hexagonales etc. **

2.2 Determinación del paso "t"

Por paso se entiende la distancia entre dientes consecutivos medidos en el mismo punto (ver figura No. 6, 7 y 9).

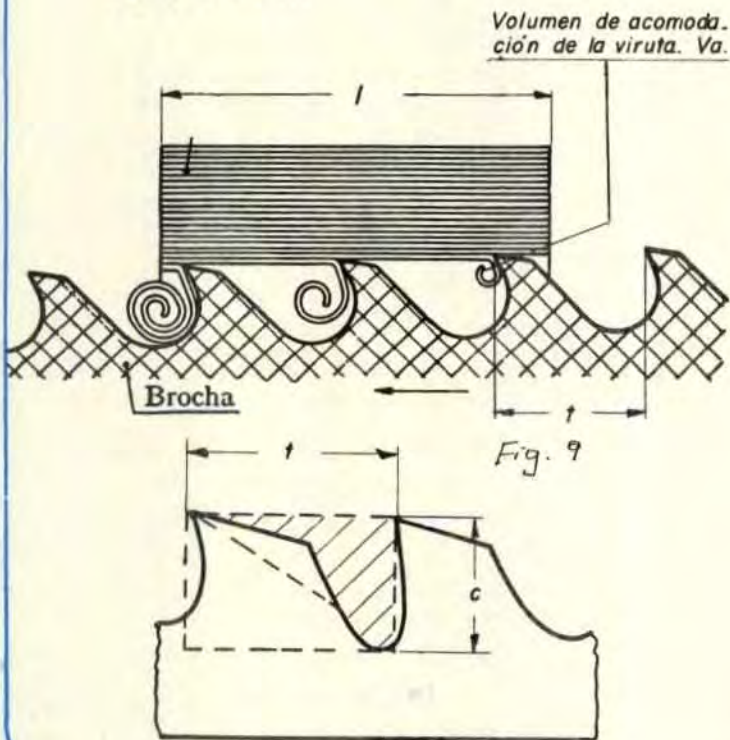


Fig. 10

La determinación del paso "t" se debe hacer bajo las siguientes consideraciones técnicas: El volumen de acomodación de la viruta o espacio entre diente y diente, donde se aloja la viruta en la etapa del corte (ver figura 9), es un factor importante. Viene determinado por el tipo de material a trabajar y el tipo de viruta obtenida, o sea que depende indirectamente de la magnitud

** Según: Mario Rossi.-- Máquinas herramientas modernas.-- Editorial Hoepli, 1971.

del factor de recalcado, λ experimentalmente se determina mediante un factor que relaciona el volumen desprendido de viruta y el volumen necesario de acomodación de la viruta (ver sección 4.9). Este factor se denomina factor de volumen X . A partir de las siguientes relaciones:

$$V_v = b \cdot h \cdot l \quad [\text{mm}^3] \quad 2.2 \text{ y}$$

$$V_a = \frac{b \cdot t \cdot C}{3.6} \quad [\text{mm}^3] \quad 2.3$$

En 2.3 se asume que el área correspondiente al volumen "Va" sea aproximadamente $\frac{t \cdot C}{3.6}$, algo a-

proximado a la mitad del rectángulo formado por $t \cdot C$ que sería menos que el área de un triángulo de lados t y C , (fig 10).

V_v = volumen de viruta a cortar u obtenido (ver figura 3.3 sección 3.1) * en mm³

V_a = volumen de acomodación de la viruta (ver figura 9) en mm³

l = longitud de brochado en mm

b = ancho de la viruta (ver figura 6) en mm

h = incremento o espesor de la viruta en mm

t = Paso mm

X = Factor de volumen

C = Profundidad del diente

* Teoría del desprendimiento de viruta.

El factor de volumen X se ha tomado experimentalmente entre los valores de 3 a 10 o sea $3 \leq X \leq 10$ * discriminado así:

a. Usando materiales de viruta sin geometría definida como fundición gris bronce y algunos

latones, $X = 3 - 4$ para herramientas de desbaste y $X = 5 - 6$ para el acabado.

- b. Para materiales de viruta continua como aceros dúctiles, aceros de mediana y alta aleación, aluminio, cobre, etc. se puede asumir $X = 6 - 7$ para herramientas de desbaste y $X = 8 - 10$ para herramientas de acabado.

Teniendo estos parámetros definidos, se puede obtener una ecuación para calcular el paso "t" de la siguiente manera, partiendo de la relación :

$$X = \frac{V_a}{V_v} = \frac{f \cdot t \cdot C}{3.6 \cdot h} \quad 2.4$$

Luego como en las figuras No.6 y 10.

Se asume la profundidad del diente $C = 0.4 t$; se tiene así :

$$X = \frac{0.4 t^2}{3.6 \cdot h} \quad 2.5 \text{ se tiene finalmente que}$$

$$t = 3 \sqrt{h \cdot l \cdot X} \quad 2.6$$

Puesto que la relación profundidad paso del diente determina el volumen de acomodación " V_a ", se debe definir con anticipación el perfil del diente en función de su robustez, delicadeza del trabajo, herramientas disponibles para construcción y afilado del perfil y de acuerdo con el tipo de viruta a obtener.

* Karl Theodor Preger.— Zerspantechnik.— Vieweg Verlag.

En brochas largas es recomendable variar el paso a lo largo de su longitud para evitar vibraciones y conseguir un mejor acabado superficial.

2.3 Determinación del número efectivo de dientes en corte y el número total de dientes de la brocha " Z_e ", " Z_t " respectivamente (figuras 4 y 9).

El número de dientes efectivos en corte " Z_e " se

determina por la longitud de la pieza a brochar " L " (ver figura 9) y el paso " t ", teniendo en cuenta que debe existir un mínimo de dos (2) dientes en acción de corte, es decir $Z_e \geq 2$ dientes. Se puede analizar esta recomendación, sabiendo que la longitud a brochar " L " se puede escribir como $L = Z_e \cdot t$. Luego se utiliza la siguiente relación práctica:

$$Z_e = \frac{L}{t} + 1 \quad 2.8$$

Para piezas muy delgadas es conveniente y productivo montar varias piezas a fin de lograr una longitud de brochado " L " estimable, cumpliendo con las condiciones arriba expuestas.

El número total de dientes Z_t prácticamente está determinado por la longitud cortante de la brocha, (ver figura 4) y se obtiene sencillamente por la relación entre la dimensión o diámetro final y la dimensión mínima o diámetro inicial de la brocha.

$$Z_t = \frac{D - d}{2h} \quad 2.9$$

Por efectos de la recuperación elástica del material a brochar y en virtud de la calidad, es conveniente añadir entre 4 y 5 dientes más en su medida final y con la misma dimensión del último diente para conseguir un calibre final más exacto. Luego se tendrá un número total de dientes efectivos (Z_T)

$$Z_T = Z_t + 4 \quad 2.10$$

2.4 Determinación de la longitud de la brocha

Como lo muestra la figura 4, la herramienta se compone de tres partes:

- Parte dentada o cortante
- Mango de sujeción
- Guía

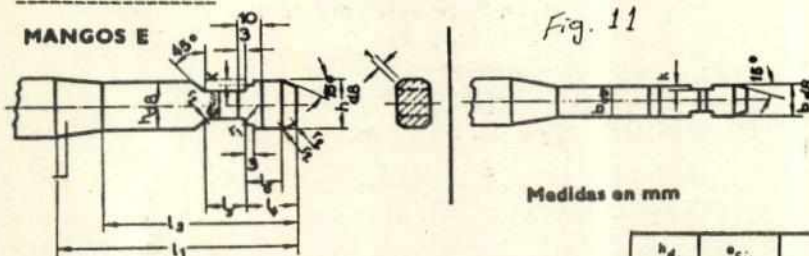
Mango y guía se determinan en función de los dispositivos que tenga la máquina para el monta-

je (ver Tabla 3)

La longitud de la parte dentada "L1" se calcula mediante el número de dientes efectivos y el paso:

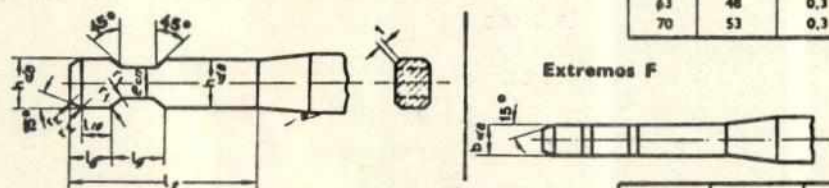
$$L_1 = Z_T \cdot t$$

2.11



Medidas en mm

h_{d_s}	$a_{c_{11}}$	h	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	r_1	r_2
12	9	0,1	180	140	20	16	16	0,3	1
14	10	0,15	180	140	20	16	16	0,3	1
16	11,5	0,15	180	140	20	16	16	0,3	1
18	13	0,15	180	140	20	16	16	0,3	1
20	15	0,15	210	170	25	16	20	0,3	1
22	16,5	0,15	210	170	25	16	20	0,3	1
25	19	0,15	210	170	25	16	20	0,3	1
28	21	0,2	220	180	32	20	26	0,4	1,6
32	24	0,2	220	180	32	20	26	0,4	1,6
36	27	0,2	220	180	32	20	26	0,4	1,6
40	30	0,25	230	190	40	25	32	0,5	2,5
45	34	0,25	230	190	40	25	32	0,5	2,5
50	38	0,25	230	190	40	25	32	0,5	2,5
56	42	0,3	270	230	50	32	40	0,6	4
63	48	0,3	270	230	50	32	40	0,6	4
70	53	0,3	270	230	50	32	40	0,6	4



Extremos F

h_{d_s}	$a_{c_{11}}$	l_1	l_2	l_3	l_4	r_1	r_2
12	9	70	16	16	12	0,2	1
14	10	70	16	16	12	0,3	1
16	12	70	16	16	12	0,3	1
18	14	70	16	16	12	0,3	1
20	15	90	20	20	15	0,3	1
22	17	90	20	20	15	0,3	1
25	20	90	20	20	15	0,3	1
28	22	125	25	25	19	0,4	1,6
34	26	125	25	25	19	0,4	1,6
36	30	125	25	25	19	0,4	1,6
40	34	125	25	25	19	0,5	2,5
45	38	125	25	25	19	0,5	2,5
50	42	125	25	25	19	0,5	2,5
56	48	160	28	32	20	0,6	4
63	53	160	28	32	20	0,6	4
70	60	160	28	32	20	0,6	4

SECCIONES ADMISIBLES

h_{d_s}	b_{d_s}															
12	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
14	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
16	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
18	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
20	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
22	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
25	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
28		5	5,5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
32				6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
36					7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
40						8	9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
45							9	10	11	12	14	16	18	20	22	25
50								10	11	12	14	16	18	20	22	25
56									12	14	16	18	20	22	25	28
63										12	14	16	18	20	22	25
70											12	14	16	18	20	22

Medidas h y b en las piezas opuestas según zona de tolerancia ISA H 7.