

4. TABLA RESUMEN DE DIFERENTES FIGURAS GEOMÉTRICAS DE PIEZAS DE REVOLUCIÓN OBTENIDAS POR EMBUTICIÓN

FIGURA GEOMÉTRICA	DIÁMETRO DE LA CHAPA DESARROLLADA
	$D = \sqrt{d_2^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_2h + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(d_2h_2 + d_2h_1) + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_3^2 + 2l(d_2 + d_3) + d_1^2 - d_2^2}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 2[(d_1 + d_2) + 2d_1h]}$
	$\frac{\pi D^2}{4} = \pi \frac{d^2}{2}$ $D = \sqrt{2d}$

FIGURA GEOMÉTRICA	DIÁMETRO DE LA CHAPA DESARROLLADA
	$D = \sqrt{2(d^2 + 2dh)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}$
	$D = \sqrt{(d_1^2 - d_2^2) + 2(d_2 + d_3)l + 2d_3^2}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + d_1^2 + 4d_2h}$
	$D = \sqrt{2[d_2^2 + 2d_2h + l(d_1 + d_2)]}$
	$D = \sqrt{d^2 + 4h^2}$

FIGURA GEOMÉTRICA	DIÁMETRO DE LA CHAPA DESARROLLADA
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4h^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4(h_2^2 + d_2h_1)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4h^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4(h_2^2 + d_2h_1) + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2,28Rd_1 - 0,56R^2}$

FIGURA GEOMÉTRICA	DIÁMETRO DE LA CHAPA DESARROLLADA
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2,28Rd_1 - 0,56R^2 + 4d_1h}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 2,28Rd_2 - 0,56R^2}$
	$D = \sqrt{d_1^2 + 4d_2(0,57R + h) - 0,56R^2}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 2,28Rd_2^2 - 0,56R^2 + 2l(d_1 + d_2)}$
	$D = \sqrt{d_2^2 + 4d_2(0,57R + h + \frac{1}{2}l) + 2ld_1 - 0,56R^2}$

$$DR = \frac{D_b}{D_p}$$

$$r = \frac{D_b - D_p}{D_b}$$

$$t/D_b$$

relación de embutido es menor que 2.0, la reducción es menor de 50%, y la relación espesor-diámetro, t/D_b , es mayor a 1%. Éstas son las condiciones generales que se usan frecuentemente para indicar la factibilidad técnica.

$$F = \pi \cdot D_p \cdot t \cdot TS \cdot \left(\frac{D_b}{D_p} - 0.7 \right)$$

Donde:

- F = fuerza de embutido, N (lb)
- t = espesor original de la forma, mm (in)
- TS = resistencia a la tensión, MPa (lb/in²)

$$F_h = 0.015 \cdot \pi \cdot Y \cdot \{D_b^2 - (D_p + 2.2 \cdot t + 2 \cdot R_d)^2\}$$

Donde:

- F_h = fuerza de sujeción en embutido, N (lb)
- Y = resistencia a la fluencia de la lámina de metal, MPa (lb/in²)
- t = espesor inicial del material, mm (in)
- R_d = radio de la esquina del troquel, mm (in)

EMBUTIDO SIN SUJETADOR

$$D_b - D_p < 5$$

EMBUTICIÓN PROFUNDA:

- En piezas pequeñas: $K = \frac{1}{2} \rightarrow h = \frac{1}{2} \cdot d$
- En piezas grandes: $K = \frac{1}{3} \rightarrow h = \frac{1}{3} \cdot d$
- Cálculo del número de pasadas: $N = \frac{h}{k \cdot d}$

Nº de pasada	Piezas pequeñas		Piezas de gran tamaño	
Primera	$h_1 = \frac{1}{2}d_1$	$d_1 = \frac{\sqrt{3}}{3}D$	$h_1 = \frac{1}{3}d_1$	$d_1 = \sqrt{\frac{3}{7}}D$
Segunda	$h_2 = 2\frac{1}{2}d_2 = d_2$	$d_2 = \frac{\sqrt{5}}{5}D$	$h_2 = 2\frac{1}{3}d_2 = \frac{2}{3}d_2$	$d_2 = \sqrt{\frac{3}{11}}D$
Tercera	$h_3 = 3\frac{1}{2}d_3 = \frac{3}{2}d_3$	$d_3 = \frac{\sqrt{7}}{7}D$	$h_3 = 3\frac{1}{3}d_3 = d_3$	$d_3 = \frac{\sqrt{5}}{5}D$
Cuarta	$h_4 = 4\frac{1}{2}d_4 = 2d_4$	$d_4 = \frac{1}{3}D$	$h_4 = 4\frac{1}{3}d_4 = \frac{4}{3}d_4$	$d_4 = \sqrt{\frac{3}{19}}D$
Quinta	$h_5 = 5\frac{1}{2}d_5 = \frac{5}{2}d_5$	$d_5 = \frac{\sqrt{11}}{11}D$	$h_5 = 5\frac{1}{3}d_5 = \frac{5}{3}d_5$	$d_5 = \sqrt{\frac{3}{23}}D$
Sexta	$h_6 = 6\frac{1}{2}d_6 = 3d_6$	$d_6 = \frac{\sqrt{13}}{13}D$	$h_6 = 6\frac{1}{3}d_6 = 2d_6$	$d_6 = \frac{1}{3}D$
Séptima	$h_7 = 7\frac{1}{2}d_7 = \frac{7}{2}d_7$	$d_7 = \frac{\sqrt{15}}{15}D$	$h_7 = 7\frac{1}{3}d_7 = \frac{7}{3}d_7$	$d_7 = \sqrt{\frac{3}{31}}D$
Octava	$h_8 = 8\frac{1}{2}d_8 = 4d_8$	$d_8 = \frac{\sqrt{17}}{17}D$	$h_8 = 8\frac{1}{3}d_8 = \frac{8}{3}d_8$	$d_8 = \sqrt{\frac{3}{35}}D$
Novena	$h_9 = 9\frac{1}{2}d_9 = \frac{9}{2}d_9$	$d_9 = \frac{\sqrt{19}}{19}D$	$h_9 = 9\frac{1}{3}d_9 = 3d_9$	$d_9 = \frac{\sqrt{13}}{13}D$
Décima	$h_{10} = 10\frac{1}{2}d_{10} = 5d_{10}$	$d_{10} = \frac{\sqrt{21}}{21}D$	$h_{10} = 10\frac{1}{3}d_{10} = \frac{10}{3}d_{10}$	$d_{10} = \sqrt{\frac{3}{39}}D$