

PROCESO DE EMBUTICIÓN

Por: Ing. Luis Eduardo Arango
Asesor de Empresas
SENA - Programa ASTIN

1. DEFINICION

Es el proceso por el cual un material plano se transforma en cuerpo hueco por medio de alargamiento y en parte por recalado.

2. FASES DEL PROCESO

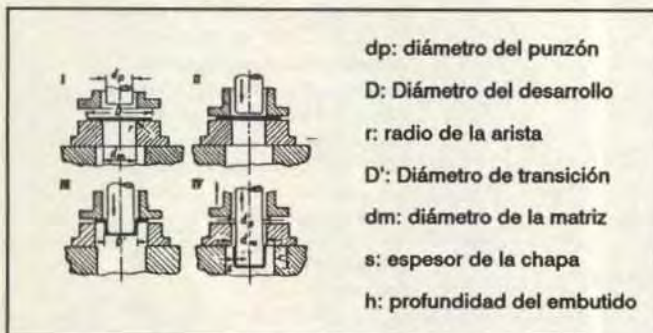


FIGURA 1 Fases de embutido de piezas cilíndricas.

En el proceso de embutición se distinguen cuatro fases como se muestra en la figura No. 1

- I. Posicionar el blanco o desarrollo de la matriz.
- II. Acción de prensado del blanco por el prensachapa
- III. Acción de descenso del punzón mediante el cual se reduce el diámetro y se inicia la conformación del cuerpo, el diámetro D' se reduce a medida que el punzón desciende.

D - D' = Brida

- IV. Acción de ascenso del punzón y extracción de la pieza por recuperación elástica de la misma.

Las anteriores operaciones pueden ser llevadas a cabo en prensas mecánicas o hidráulicas las cuales a su vez pueden ser de simple, doble y triple efecto, siendo las más recomendadas las de doble efecto por su costo y sus características mínimas para el embutido; aquí es oportuno mencionar los factores técnicos que definen

una embutición y la correspondiente elección de la prensa, a saber:

A- Espesor y naturaleza del material.

En este aspecto la embutición ha hecho grandes progresos en los últimos años, puesto que han aparecido nuevos materiales para embutidos profundos así como prensas capaces de trabajarlos.

B- Forma de la matriz y el punzón.

C- Profundidad de la embutición.

D- Geometría del blanco o desarrollo.

E- Fuerza de embutición.

F- Fuerza de pisado (Prensachapa).

G- Lubricante empleado: el modo y el lugar donde se aplica.

H- La prensa empleada y sus características.

I- La velocidad de la operación.

Como se deduce de lo anterior, el tema de la embutición es complejo.

EMBUTICION EN VARIAS FASES - PIEZAS CILINDRICAS

PRINCIPIOS:

El presente texto trata uno de los tópicos principales de la embutición de piezas y el diseño de los respectivos útiles; el cálculo de las fases y operaciones requeridas para el logro de la pieza con sus medidas finales.

Una vez determinado el tamaño aproximado del blanco, debe considerarse el número de pasos requeridos y la mejor rata de embutición.

El área de metal en contacto con la cara del prensachapa debe ser razonablemente proporcional al área en contacto con el punzón, ya que la cantidad de material que debe fluir en una operación es limitada; a mayor diferencia entre el blanco y el diámetro de la

pieza, mayor debe ser el área de fluencia y por lo tanto, mayores serán los esfuerzos requeridos para lograrlo.

Después de cada operación, el material confronta un nuevo grupo de propiedades físicas, resultado del trabajo en frío. El límite elástico, la dureza, el límite de fluencia, el esfuerzo último han incrementado; en consecuencia el rango elástico disminuye.

La profundidad total no está limitada por el rango plástico, excepto por la profundidad en una operación, un recocido puede restaurar las propiedades iniciales casi enteramente.

La deformación plástica durante las fases de embutición debe mantenerse por debajo de la que corresponde al esfuerzo último, lo cual se conoce como LIMITE DE FORMACION.

Importantes factores específicos, asociados con el desplazamiento del material durante el embutido, requieren de mediciones y un entendimiento de ciertos cambios dimensionales y sus interrelaciones, los cuales pueden ser determinados matemáticamente como se verá más adelante. El problema que se plantea es el de determinar el número mínimo de operaciones.

Para ello deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

1. Relación de embutición total.
2. Clase de material (resistencia a la tracción).
3. Espesor del material.
4. Geometría de la pieza.
5. Acritud.
6. Calidad del material.
7. Geometría del útil (catenarias, etc.).

A continuación, se desarrollará el tema para piezas cilíndricas.

a. REDUCCION PARA PIEZAS CILINDRICAS

En este tipo de piezas, por lo demás las más sencillas, el aumento de la profundidad de embutición va ligado necesariamente a la reducción de los diámetros de la pieza embutida en cada operación: el cálculo se reduce a la determinación de los sucesivos diámetros.

El método más sencillo de lograrlo es expresar los diámetros de las operaciones como una relación del diámetro anterior, esto es:

TABLA 1

	Con pisador		Sin pisador
	m_1	m_n	m
Chapa de acero:			
Espesor inferior a 2mm	0.56	0.80	0.90 - 0.93
Por encima de 2mm	0.56	0.83	
Latón, Cobre, Plata:			
Espesor inferior a 2mm	0.50	0.75	*
Por encima de 2mm	0.52	0.75	*
Zinc	0.75	0.91	*
Aluminio:			
Espesor inferior a 2mm	0.55	0.80	*
Por encima de 2mm	0.55	0.83	*
Acero inoxidable	0.60	0.80	*

$$d_1 = m_1 D$$

$$d_n = m_n d_{n-1}$$

D = Diámetro del desarrollo.

d_1 = Diámetro de la primera operación.

d_n = Diámetro de la operación actual.

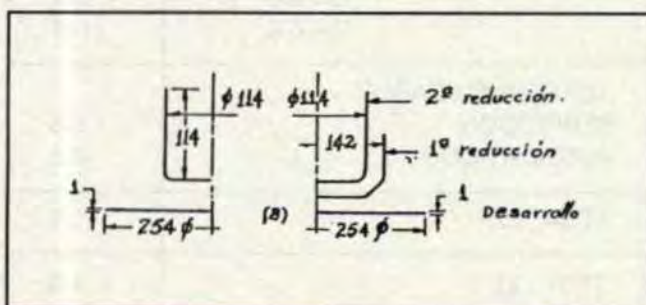
d_{n-1} = Diámetro de operación anterior

m_1 y m_n de la tabla No. 1

EJEMPLO No.1

Calcular el número de operaciones necesarias y sus dimensiones para la pieza de la figura 2.

MATERIAL SAE 1010, S = 1mm.



Se tiene: $d_1 = m_1 \times D$

D = 254 mm.

$m_1 = 0.56$

$$d_1 = 0.56 \times 254 = 142,24 \text{ mm.}$$

$$m_n = 0.80$$

$$d_2 = m_2 \times d_1$$

$$d_2 = 0.80 \times 142,24 = 113.79 \text{ mm.}$$

Con lo cual se obtiene la cota deseada.

$$\text{Se aproxima } d_1 = 142 \text{ mm.}$$

$$d_2 = 114 \text{ mm.}$$

De acuerdo con los anteriores cálculos se concluye que con dos operaciones se obtiene la pieza.

El anterior método, aunque sencillo, en la práctica no se comporta muy bien, debido a que el rango de espesores es muy amplio, además no tiene en cuenta calidad o comportamiento del material durante el embutido. Este factor se mide mediante la relación de embutición β_{100} para la primera operación, según tabla No. 2.

A continuación se analizan dos métodos: El americano, según Sparkuhl, y el alemán, expuesto por Oehler Kaiser.

TABLA 2

MATERIAL	C
HOJA LATA	0.7
COBRE	0.25
ZINC	0.40
ALUMINIO	S = 0.5 S = 1.0 S = 2.0 S = 3.0 S = 6.0
ACERO INOXIDABLE FERRITICOS AUSTENITICOS	0.8 0.5
ST 34 , 22P	1.5
ST 37 , 21	1.8
ST 42 , 21	2.0
ST 0.24 , 1.24	0.6

b. METODO DE SPARKUHL O AMERICANO

El método Sparkuhl utiliza las siguientes relaciones:

$$d_1 = \frac{X \cdot D}{100 - 0.025 D}$$

$$d_n = \frac{Y \cdot d_{n-1}}{100 - 0.25 \cdot d_{n-1}}$$

- D = Diámetro del blanco
 d_1 = Diámetro de la primera operación
 d_n = Diámetro de la enésima operación
 d_{n-1} = Diámetro de la operación anterior a la enésima
X, Y = Coeficiente según fig No.3
 $X_{\min}, Y_{\min}$ = Materiales de buena calidad $\beta_{100} \geq 2$.
 $X_{\text{med}}, Y_{\text{med}}$ = Materiales de mediana calidad
 $1.8 \leq \beta_{100} < 2$
 $X_{\max}, Y_{\max}$ = Materiales de calidad mediocre
 $\beta_{100} < 1.8$

C. METODO OEHLER - KAISER (ALEMAN)

En realidad este método fué realizado por Crane, alcanzándose resultados cuya similitud con los de la práctica han sido confirmados, en parte matemáticamente, por Wolter.

El método se fundamenta en la figura 4 para piezas con recocido intermedio y sin él, partiendo del valor $\beta_{\max}$.

$$\beta_{\max} = (\beta_{100} + e) - \frac{ed}{100 \cdot S}$$

$$0.05 \leq e < 0.15 ;$$

que corresponde al valor β_{100} corregido para otro diámetro y diferente espesor, (se aclara que β_{100} corresponde a ensayos realizados con d punzón = 100mm y $s = 1$ mm), para una relación $d/s \leq 300$ max ; para valores mayores de 300, $\beta'_{\max}$ disminuye un poco.

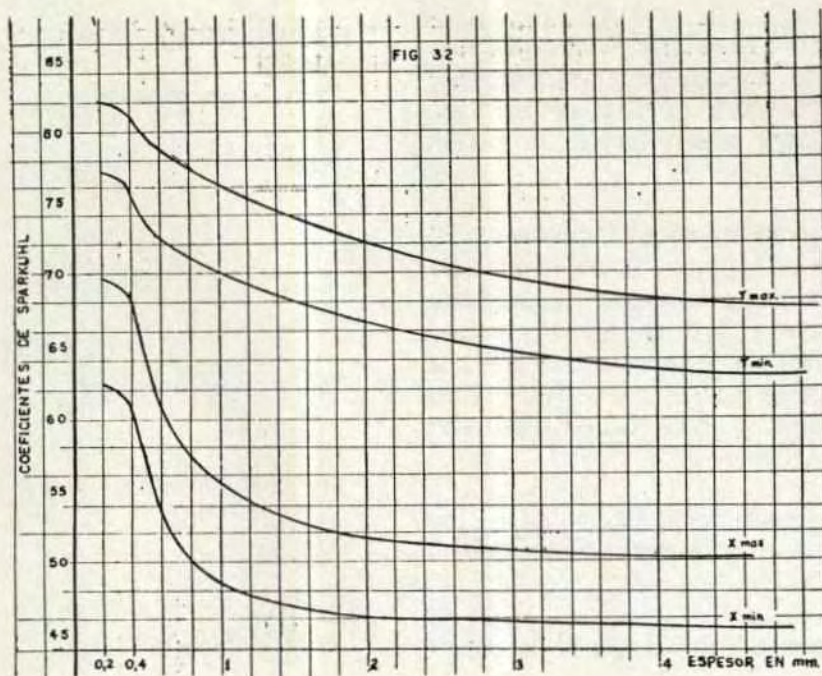


FIGURA No. 3 Cálculo de los coeficientes de Sparkuhl

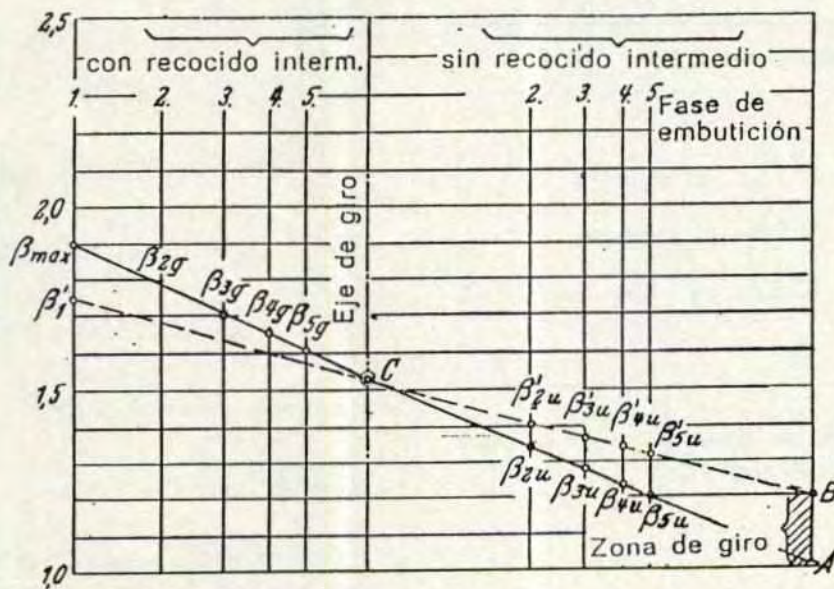


FIGURA No. 4 Reducción de Crane con giro

El valor $e_{\min}$ corresponde a chapas fáciles de deformar y superficie con poca rugosidad; $e_{\max}$ corresponde a chapas difíciles de deformar y con superficie rugosa.

El valor calculado con la relación anterior se ubica en la fig.5 sobre el eje de las "YY", se une con el punto "A", determinándose las β , para cada una de las reducciones, en las intersecciones de las rectas verticales con la línea así trazada.

Lo verdaderamente interesante del método es que, haciendo girar la recta en el punto "C" sobre el eje de giro (línea de trazos), a través de la zona comprendida entre "A" y "B" se obtienen otros β diferentes, lo que implica que una relación de embutición no utilizada totalmente en la primera operación, puede utilizarse en embuticiones posteriores, puesto que en éstas son posibles relaciones mayores.

El método está muy de acuerdo con la práctica del embutido de chapa de acero y se acerca en otro tipo de chapas.

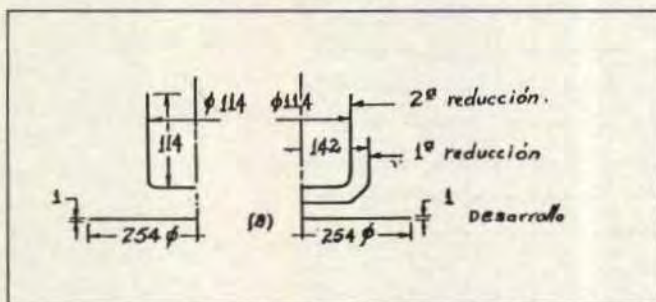
A continuación algunos ejemplos de cómo utilizar ambos métodos.

EJEMPLO No. 2:

Calcular las fases por Sparkuhl y por Crane para la pieza de la figura No. 6

MAT: SAE 1010

FIGURA No.6



Para este material se tiene $\beta_{100} = 1.7$, poca embutibilidad por Sparkuhl; (fig.) No.3

$$X_1 = 55.5 \quad ; \quad Y = 76$$

$$d_1 = \frac{55.5 \times 254}{100 - 0.025 \times 254} = 150\text{mm}$$

$$d_2 = \frac{76 \times 150}{100 - 0.025 \times 150} = 118\text{mm}$$

Llevar hasta $\phi_2 = 114\text{mm}$.

Para Crane, se tiene:

$$\beta_{100} = 1.7$$

$$\begin{aligned} \beta'_{\max} &= (\beta_{100} + e) - \frac{ed}{100 \cdot s} ; e = 0.08 \\ &= (1.7 + 0.08) - \frac{0.08 \cdot 114}{100 \cdot 1} = 1.69 \end{aligned}$$

Uniendo este valor con el punto "A" se tiene:

Sin giro:

$$\beta_1 = 1.69 ; \beta_2 = 1.29$$

$$d_1 = D / \beta_1 = 254 / 1.69 = 150\text{mm}$$

$$d_2 = d_1 / \beta_2 = 150 / 1.29 = 116\text{mm}$$

2 operaciones

Con giro:

$$\beta_1 = 1.57 ; \beta_2 = 1.35 ; \beta_3 = 1.33$$

$$d_1 = D / \beta_1 = 254 / 1.57 = 162\text{mm}$$

$$d_2 = d_1 / \beta_2 = 162 / 1.35 = 120\text{mm}$$

$$d_3 = d_2 / \beta_3 = 120 / 1.33 = 90\text{mm}$$

Se puede aproximar desde:

$$d_2 = 120 \text{ hasta } d = 114\text{mm}$$

Es interesante observar en este ejemplo la similitud de los métodos. La doble operación se debe al alto porcentaje de reducción (55%), la cual se considera normal hasta un 45% en la primera embutición de piezas cilíndricas. Otro factor a tener en cuenta es la razón S/D sobre todo cuando sea inferior a 0.3%.