

# MOLDES DE INYECCION PARA PLASTICOS

## Parte VII. Fuerza de Apertura del Molde.

Por : Ing. ANTONIO BOHORQUEZ

### FUERZA DE APERTURA DEL MOLDE

Tal como se dijo anteriormente, si la contracción de la pared de la pieza:  $\delta_p$  es mayor que el ensanchamiento elástico del molde:  $\delta_m$ , la apertura se realiza sin problemas, ( $\delta_m < \delta_p$ ), en caso contrario, la fuerza de apertura es elevada y existe además la tendencia de quedarse la pieza en la cavidad. La fuerza de desmoldeo está en función del área de la pieza y del coeficiente de rozamiento :

$$F_A = S \mu P_R$$

S = Superficie exterior de la pieza

$\mu$  = Coeficiente de Rozamiento

$P_R$  = Presión residual de la masa al desmoldear

$$P_R = P_i \left( \frac{\delta_m - \delta_p}{\delta_m} \right)$$

### FUERZA DE DESMOLDEO

Cuando la pieza se adhiere al macho, se origina un esfuerzo de tracción que se puede calcular como:

$$\sigma_z = S_{weff} \cdot E$$

Siendo :

$S_{weff}$  = Contracción efectiva de la pared

E = Módulo de elasticidad  
( $3 \times 10^4$  kp/cm<sup>2</sup>) a la temperatura de 20°C.

$\sigma_z$  = Tensión de tracción

El esfuerzo  $\sigma_z$  genera una compresión superficial  $P_s$

$$P_s = \sigma_z \cdot \frac{2e}{d}$$

Siendo e = Espesor de pared  
d = diámetro del macho

La fuerza de desmoldeo es :

$$F_D = S_m \mu P_s$$

$$F_D = 2 \frac{S_m \mu S_{weff} E}{d}$$

Donde  $S_m$  = Superficie exterior del macho.

Este valor de  $F_D$  se disminuye en la práctica con el desmoldeo a una temperatura mayor de  $20^\circ\text{C}$  y en algunos casos especiales, con el empleo de desmoldantes ya sea al molde o al termoplástico, antes de inyectar; como son: las siliconas, carbonato calcico, etc.

#### Ejemplo No. 7

Para el vaso del ejemplo 1 se tiene un espesor de pared de 1,4 mm. La presión de inyección 210 kp/cm<sup>2</sup>. La pieza será elaborada en PS a una temperatura de  $200^\circ\text{C}$ . el diámetro exterior de la cavidad es 120 mm y el diámetro del agujero de refrigeración 12 mm. Calcular la fuerza de apertura y la fuerza de desmoldeo.

#### 1. Cálculo de la deformación de la cavidad.

$$a = \frac{70 + 50}{2} = 60 \text{ mm}$$

$$\delta_a = \frac{6 \times 210}{210 \times 10^3} \left[ \frac{12^2 + 6^2}{12^2 - 6^2} \right]$$

$$\delta_a = 0.01 \text{ cms.}$$

#### 2. Compresión del macho.

$$C = 1,2 \text{ cms.}$$

$$d = 60 - 2 \times 1,4 = 57,2 \text{ mm.}$$

$$\delta_d = \frac{5,72 \times 210}{210 \times 10^3} \left[ \frac{5,72^2 + 1,2^2}{5,72^2 - 1,2^2} \right]$$

$$\delta_d = 0,0062 \text{ cms.}$$

#### 3. Ensanchamiento total.

$$\delta_m = 0.0162 \text{ cms.}$$

#### 4. Cálculo de la contracción de la pared.

De la tabla No. 4 (Ver INFORMADOR TECNICO No. 36 ABR-JUN. 1988) se tiene para el PS que la temperatura de reblandamiento es aprox.  $90^\circ\text{C}$  y  $\alpha = 7 \times 10^{-5} \text{ cm/cm}^\circ\text{C}$ , se asume  $\theta_E = 40^\circ\text{C}$ .

$$S_W = \alpha (\theta_{p=1} - \theta_E)$$

$$S_W = 7 \times 10^{-5} (90 - 40)$$

$$S_W = 3,5 \times 10^{-3}$$

$$S_W = 0,35 \%$$

$$S_{weff} = 1,5 S_W$$

$$S_{weff} = 1,5 \times 0,35 = 0,525$$

$$\delta_p = S_{weff} \cdot e$$

$$\delta_p = 0,00525 \times 1,4$$

$$\delta_p = 0,00735 \text{ cms.}$$

Aquí  $\delta_p < \delta_m$  por lo tanto hay interferencia durante el desmoldeo.

#### 5. Cálculo de la fuerza de apertura.

$$F_A = S \mu P_R$$

$$S = \pi \frac{d+D}{2} \cdot l$$

$$S = \pi \times \frac{5+7}{2} \times 11,5 = 216,8 \text{ cm}^2.$$

$$\mu = 0,1$$

$$P_R = P_p \left[ \frac{\delta_m - \delta_p}{\delta_m} \right]$$

$$P_R = 210 \left[ \frac{0,0162 - 0,00735}{0,0162} \right]$$

$$P_R = 115 \text{ kp/cm}^2$$

$$F_A = 216,8 \times 0,1 \times 115$$

$$F_A = 2.487 \text{ kg}$$

6. Fuerza de desmoldeo

$$F_D = \frac{2 S_m \mu S_{weff} E}{d}$$

$$S_m = \pi \times \frac{6,72 + 4,72}{2} \times 11,36$$

$$S_m = 204,1 \text{ cm}^2$$

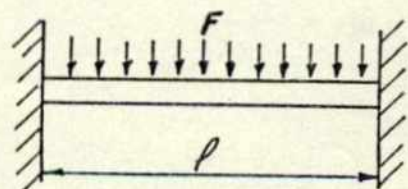
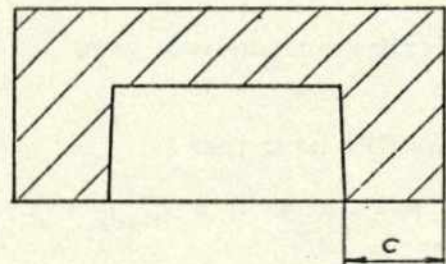
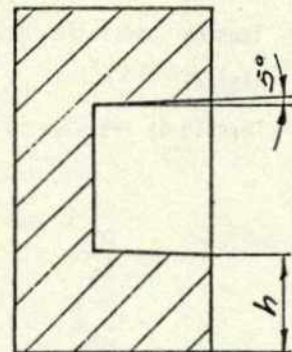
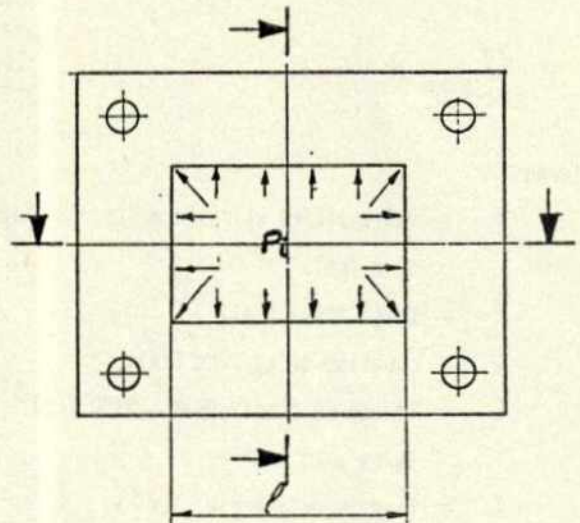
$$F_D = \frac{2 \times 204,1 \times 0,1 \times 0,00525 \times 3 \times 10^4}{5,72}$$

$$F_D = 1,124 \text{ kg.}$$

#### MOLDES CON CAVIDADES RECTANGULARES

Los cálculos siguientes sólo se hacen en moldes de grandes dimensiones, ya que en cavidades pequeñas muy raras veces ocurren pandeos y roturas. El dimensionamiento de las paredes se hace en base a la experiencia, si se tiene en cuenta además la selección adecuada de los materiales de la cavidad.

Para cavidades rectangulares, el lado crítico es el más largo. En los cálculos se hace una analogía con una viga empotrada en los extremos con carga uniformemente distribuida.



Para el caso de una viga empotrada se tiene :

$$f = \frac{1}{384} \frac{Fl^3}{EI}$$

$$M = \frac{1}{12} Fl \quad \text{En uno de los extremos empotrados.}$$

$$M = \sigma_{adm} W$$

Siendo :

$f$  = Deflexión en el punto medio de la viga (cm).

$F$  = Carga total (kg).

$l$  = Longitud de la viga (cm).

$E$  = Módulo de elasticidad =  $2100 \times 10^3$  kg/cm<sup>2</sup>.

$I$  = Momento de inercia (cm<sup>4</sup>).

$M$  = Momento flector.

$\sigma_{adm}$  = Tensión admisible del material (kg/cm<sup>2</sup>)

$W$  = Momento de resistencia (cm<sup>3</sup>)

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

Para los cálculos siguientes se supone  $b = 1$  cm.

Igualando (2) y (3) se tiene :

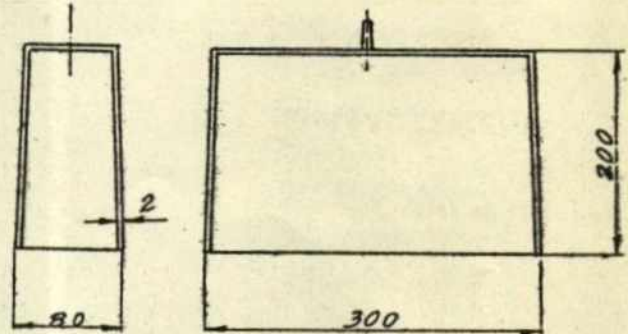
$$M = \frac{1}{12} Fl = \sigma_{adm} \cdot W$$

$$W = \frac{F \cdot l}{12 \sigma_{adm}}$$

$$f = \frac{F \cdot l^3}{384 EI}$$

### Ejemplo No. 8

Calcular el espesor de las paredes del molde para una caja de revistas inyectada en ABS, cuyas dimensiones son :

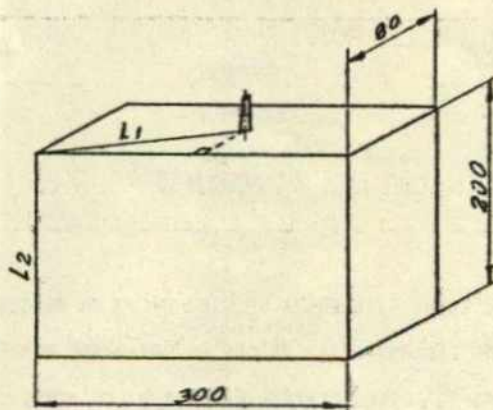


$$\sigma_{adm} \approx 90 \text{ kp/mm}^2 \text{ para acero Tipo P20.}$$

#### 1. Cálculo de la presión de inyección.

Ya que el punto de inyección está colocado en el centro, la longitud de fluencia es :

$$L_1 + L_2$$



$$L_1 = \sqrt{40^2 + 150^2} = 155 \text{ mm}$$

$$L_2 = 200 \text{ mm.}$$

$$L = 355 \text{ mm.}$$

De la Tabla No. 2 se tiene para

$$L \simeq 36 \text{ cms. y } e = 2 \text{ mm.}$$

$$P_i = 270 \text{ kg/cm}^2$$

Para ABS, el valor anterior se modifica por el factor de corrección de la fluencia.

$$p_i = 270 \times 1,35$$

$$P_i \simeq 364 \text{ kg/cm}^2$$

2. Cálculo del momento de resistencia W.

$$W = \frac{F l}{12 \sigma_{adm}}$$

$$F = P_i \times l \times 1 \text{ cm}$$

$$F = 364 \times 30 \times 1 = 10.920 \text{ kg.}$$

$$W = \frac{10.920 \times 30}{12 \times 9000} = 3,033 \text{ cm}^3$$

3. Cálculo del ancho de la pared del molde (h).

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

$$b = 1 \text{ cm.}$$

$$h = \sqrt{6W}$$

$$h = \sqrt{6 \times 3,033}$$

$$h = 4,26 \text{ cms.}$$

$$h = 43 \text{ mm.}$$

4. Cálculo de la flexión máxima (f).

$$f = \frac{Fl^3}{384 EI}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{1 \times 4,3^3}{12}$$

$$I = 6,6255 \text{ cm}^4$$

$$f = \frac{10.920 \times 30^3}{384 \times 2100 \times 10^3 \times 6,6255}$$

$$f = 0.055 \text{ cm.}$$

$$f = 0.0055 \text{ mm.}$$

5. Cálculo del espesor de pared en el lado más angosto (c).

$$W = \frac{Pl}{12\sigma_{adm}} = \frac{bh^2}{6}$$

en este caso  $c = h$

$$\frac{Pl}{12\sigma_{adm}} = \frac{bc^2}{6}$$

$$c = \left[ \frac{Pl \times 6}{12b\sigma_{adm}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$b = 1 \text{ cm. } P = 364 \times 8 \times 1 = 2912 \text{ kg.}$$

$$c = \left[ \frac{2912 \times 8}{2 \times 9000} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$c = 1,14 \text{ cms.}$$

$$c = 11,4 \text{ mm.}$$

No es necesario calcular la deflexión en este lado.

#### Bibliografía

MENGES - MOHREN -- Moldes de Inyección para Plásticos. Página No. 144.