

Paula Aux. 1 ME4601

Nucleación Homogénea y heterogénea

$$r^* = \frac{2\gamma_{sl} T_m}{|\Delta H|(T_m - T)}$$

*γ_{sl}: Tensión superficial
T_m: T_a Fusión
ΔH: calor latente (Lv)*

• Regla de Chvorinov: $t_s = B \left(\frac{V}{A}\right)^n$

• SDAS: $SDAS = K \cdot t_s^m$

P1)

$$a) r^* = \frac{2 \cdot 255 \cdot 10^{-7} \frac{J}{cm^2} \cdot (1453 + 273) K}{335 \frac{J}{cm^3} \cdot 1180 K} \Rightarrow r^* = 5,474 \cdot 10^{-7} cm$$

* Para determinar el N° de átomos, determinamos el vol. de celda unitaria y el del núcleo

$$V_{cu} = a^3 = (0,356 \cdot 10^{-7} cm)^3 = 4,512 \cdot 10^{-23} cm^3$$

* N° át. en N₁ (FCC) $\Rightarrow$ 4 át. por celda ($\frac{1}{8}$ en cada vértice + $\frac{1}{2}$ en cada cara)

$$\Rightarrow \rho_{N_1} = \frac{N^{\circ} \text{ át}}{V_{cu}} = \frac{4 \text{ át}}{4,512 \cdot 10^{-23} cm^3} = 8,866 \cdot 10^{22} \frac{\text{át}}{cm^3}$$

* Asumiendo núcleo esférico $\rightarrow V_N = \frac{4}{3} \pi \cdot r^{*3} \rightarrow V_N = 6,87 \cdot 10^{-19} cm^3$

* Luego, el N° de átomos en un núcleo es:

$$N = \rho_{N_1} \cdot V_N = 8,866 \cdot 10^{22} \frac{\text{át}}{cm^3} \cdot 6,87 \cdot 10^{-19} cm^3 \Rightarrow N \approx 60916$$

b)

$$r^* = \frac{2 \cdot 25 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot 273 \text{ K}}{335 \cdot 10^3 \frac{\text{J}}{\text{mol}} \cdot (273 - 233) \text{ K}} \cdot \frac{1}{0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$r^* = 1,107 \text{ nm} \quad (1,107 \cdot 10^{-9} \text{ m})$$

* Como no tenemos el empaquetamiento cristalino del agua, utilizaremos la densidad del agua y compararemos masas:

$$\rightarrow \text{Molécula} \div M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(2 \cdot \overset{\text{PA(H)}}{1} + 1 \cdot \overset{\text{PA(O)}}{16}) \frac{\text{gr}}{\text{mol}}}{6,02 \cdot 10^{23} \left[\frac{\text{moléculas}}{\text{mol}} \right]} = 2,99 \cdot 10^{-23} \frac{\text{gr}}{\text{molécula}}$$

$$\rightarrow \text{Núcleo: } M_N = \rho_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V_N = (0,92 \cdot 10^3 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}) \cdot \left(\frac{4}{3} \pi (1,107 \cdot 10^{-9} \text{ m})^3 \right)$$

$$\therefore M_N = 5,228 \cdot 10^{-21} \text{ gr}$$

* Finalmente:

$$N = \frac{M_N}{M_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{5,228 \cdot 10^{-21} \text{ gr}}{2,99 \cdot 10^{-23} \frac{\text{gr}}{\text{molécula}}} \Rightarrow N \approx 175 \text{ moléculas}$$

P21

2) Para reducir el tiempo de solidificación, podemos reducir el espesor de la pieza utilizando el mismo proceso de fundición. Calculen el tiempo de solidificación original de la pieza:

* Regla de Chvorinov $\leadsto t_s = B \left(\frac{V}{A} \right)^n$

• $B = 22 \frac{\text{min}}{\text{in}^2}$; $n = 2$

• $V = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot e$; $A = \pi \cdot d \cdot e + \frac{\pi}{2} d^2$
↑ ↑
manto tapas

$$\Rightarrow \frac{V}{A} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \cdot e}{\pi \cdot d \cdot e + \frac{\pi}{2} d^2} = \frac{de}{2(2e + d)} = 0,818 \text{ in}$$

$$\therefore t_s^{(1)} = 22 \frac{\text{min}}{\text{in}^2} \cdot 0,818^2 \text{ in}^2 \leadsto \boxed{t_s^{(1)} = 14,72 [\text{min}]}$$

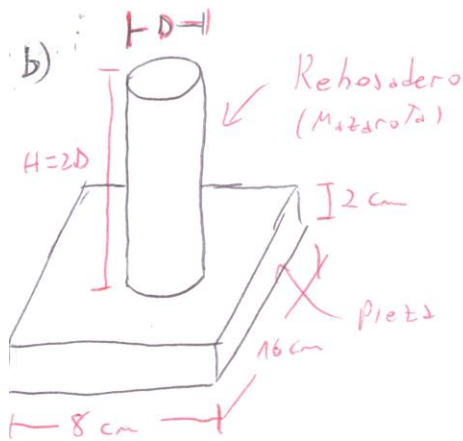
* Deseamos reducir en un 25% el tiempo de solidificación:

$$t_s^{(2)} = 0,75 t_s^{(1)}$$

$$B \left(\frac{V_2}{A_2} \right)^2 = 0,75 t_s^{(1)}$$

$$\therefore \frac{V_2}{A_2} = \frac{\frac{\pi}{4} d^2 \cdot x}{\pi d \cdot x + \frac{\pi}{2} d^2} = \sqrt{\frac{0,75 t_s^{(1)}}{B}} = \alpha$$

$$\therefore x = \frac{2 \alpha d}{d - 4 \alpha} = 1,68 \text{ in}$$



→ Se asume que el proceso de fundición tanto para la pieza como para la mazaroza es el mismo (B iguales)

* Como la solidificación de la mazaroza debe ser un 25% más lenta:

$$t_m = 1,25 t_p \Rightarrow B \left(\frac{V_m}{A_m} \right)^2 = B \left(\frac{V_p}{A_p} \right)^2 \cdot 1,25$$

$$\therefore \left(\frac{V_m}{A_m} \right) = \sqrt{1,25} \left(\frac{V_p}{A_p} \right) \quad (*)$$

* Para la mazaroza: $V_m = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot \overset{H}{2D} = \frac{\pi}{2} D^3$

Una sola tapa!

$A_m = \frac{\pi D^2}{4} + \pi D(2D) = \frac{9}{4} \pi D^2$

* Para la pieza: $V_p = 8 \cdot 16 \cdot 2 = 256 \text{ [cm}^3\text{]}$

Se le resta el área del rebasadero

$A_p = 2(16 \cdot 8 + 16 \cdot 2 + 8 \cdot 2) - \frac{\pi D^2}{4} = 352 - \frac{\pi D^2}{4}$

* Reemplazando en (*)

$$\frac{\frac{\pi}{2} D^3}{\frac{9}{4} \pi D^2} = \frac{\sqrt{1,25} \cdot 256}{352 - \frac{\pi D^2}{4}} \Rightarrow -0,17 D^3 + 78,22 D - 286,22 = 0$$

* Soluciones: $D_1 = -23,088 \text{ cm}$ ✗
 $D_2 = 19,312 \text{ cm}$ ✗
 $D_3 = 3,776 \text{ cm}$ ✓

$\therefore D = 3,776 \text{ cm}$

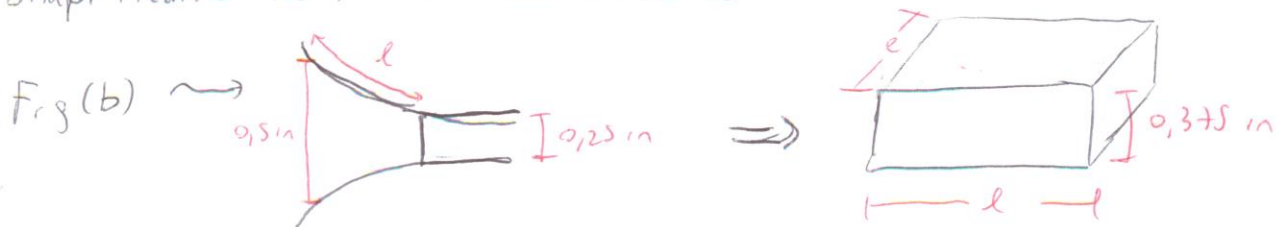
¿De qué forma podemos diseñar los rodillos?

↳ El problema es que al final del contacto con la colada, ésta debe estar solidificada $\Rightarrow$ Se debe controlar el tiempo de contacto!

↳ ¿Cómo se relaciona con los rodillos? $\rightarrow$ Velocidad de giro
 $\rightarrow$ Diámetro de rodillos

* Encuentremos una relación entre la velocidad y el diámetro

* Simplificando los rodillos como un rollo:



* Utilizando Regla de Chvorinov, calculamos el tiempo de solidificación:

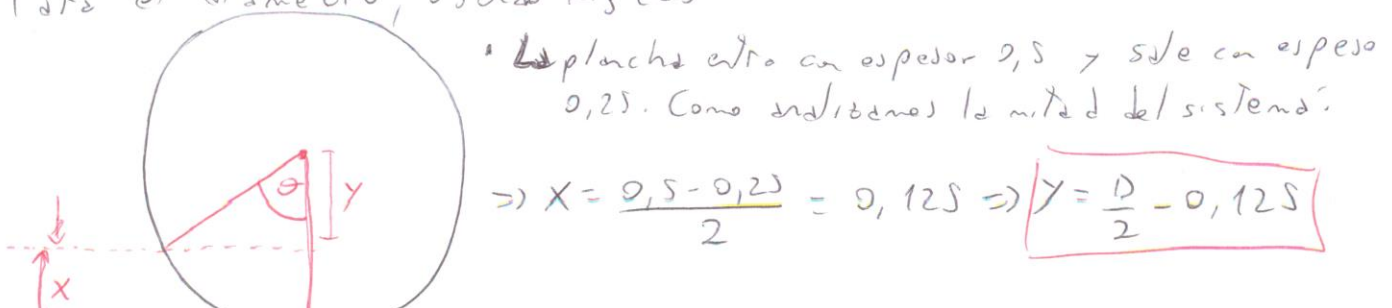
$$V = 0,375 \cdot l \cdot e \quad \wedge \quad A = 2 \cdot l \cdot e \quad (\text{Sólo las caras superior e inferior están en contacto con los rodillos})$$

$$\Rightarrow \frac{V}{A} = \frac{0,375 \cdot l \cdot e}{2 \cdot l \cdot e} \Rightarrow \boxed{\frac{V}{A} = 0,1875 \text{ in}}$$

$$\therefore t_s = B \left(\frac{V}{A} \right)^2 = 0,1758 \text{ [min]} \quad (+)$$

* Para que la plancha solidifique en ese tiempo justo cuando ésta abandona el rodillo, debemos estimar el diámetro y la velocidad del rodillo

* Para el diámetro, usando Fig (c)



↳ Plancha entra con espesor 0,5 y sale con espesor 0,25. Como analizamos la mitad del sistema:

$$\Rightarrow X = \frac{0,5 - 0,25}{2} = 0,125 \Rightarrow \boxed{y = \frac{D}{2} - 0,125}$$

* Luego:

$$\cos \theta = \frac{\frac{D}{2} - 0,125}{\frac{D}{2}} = \frac{D - 0,25}{D} \quad (1)$$

* Para la velocidad de giro

$$V_{tan} = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}} = \frac{l}{t_s} \Rightarrow t_s = \frac{l}{V_{tan}}$$

Arco

$$\rightarrow l = r \cdot \theta = \frac{D}{2} \theta \quad \wedge \quad V_{tan} = \omega r = \frac{\omega D}{2}$$

$$\therefore t_s = \frac{\frac{D}{2} \theta}{\omega \frac{D}{2}} \quad \rightarrow \quad \boxed{\theta = t_s \omega} \quad (2)$$

* Luego, para determinar D , se obtiene un ángulo θ que permite obtener una velocidad angular en fn. del tiempo de solidificación t_s

Ej:

$D [m]$	$\omega [\frac{rad}{s}]$
0,2	10,37
0,5	5,96
1,0	4,11
1,5	3,33
2,0	2,87