

Auxiliar II

Lo que se pueda antes del control 1

Gaspar Fábrega Ragni

Universidad de Chile
DIMEC

CHILE 2021.4



Contents

- 1 Preguntas Conceptuales
- 2 EJERCICIOS:
- 3 Recomendaciones bibliografía:

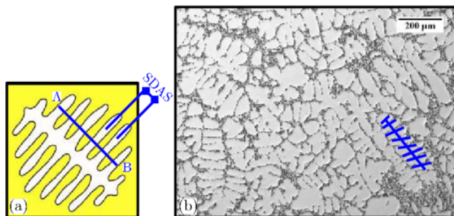
Preguntas Conceptuales

¿Qué es SDAS?

SDAS: “Secondary Dendrite Arm Spacing” o “Espaciamiento entre los Brazos Dendríticos Secundarios”

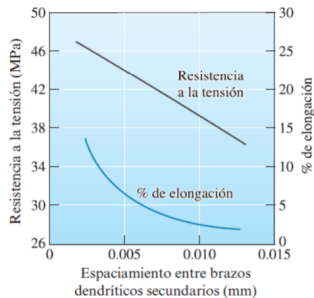
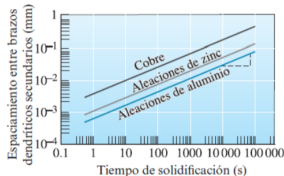
Es la distancia entre los brazos dendríticos secundarios que ocurre durante el enfriamiento y solidificación de un material.

$$SDAS = k \cdot t_s^m$$



Explique el efecto del tiempo de solidificación en la resistencia de un material

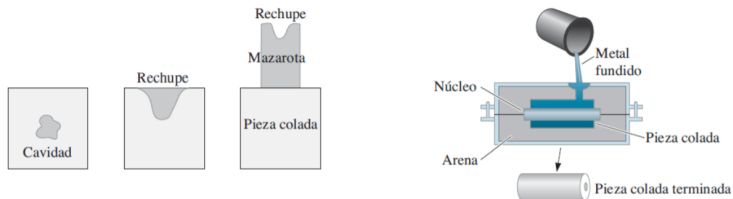
Reduciendo el tiempo de solidificación se podría disminuir el espaciamiento (SDAS), mejorando las propiedades del material.



¿Cuál es la importancia de una mazarota en una colada de fundición?

La mayoría de los materiales tiene una densidad menor en estado líquido (*ocupan un mayor volumen*). Esto implica que al solidificarse, el volumen final se reduce.

La mazarota es una reserva de material fundido que sirve para contrarrestar el efecto de la contracción generada por un aumento de la densidad del material.



Comente sobre diferencias entre trabajo en frío y en caliente

Trabajo en caliente:

- (+) Se reducen imperfecciones
- (+) Mayor capacidad de deformación
- (-) Requiere más energía
- (-) No mejora propiedades mecánicas

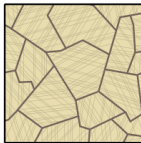
Trabajo en frío:

- (+) Permite mejorar propiedades mecánicas
- (+) Mejor terminación superficial
- (+) No necesita energía adicional para calentar el material
- (-) Poca deformación

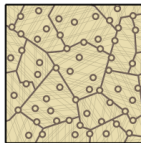
¿Cuál es la fuerza impulsora de la recrystalización y del crecimiento de grano?

Recrystalización: Proviene de la energía almacenada del trabajo en frío, que genera que las dislocaciones se acumulen, generando nuevos núcleos.

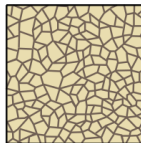
Crecimiento de grano: Reducción del área de los bordes de grano



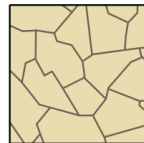
(a)



(b)

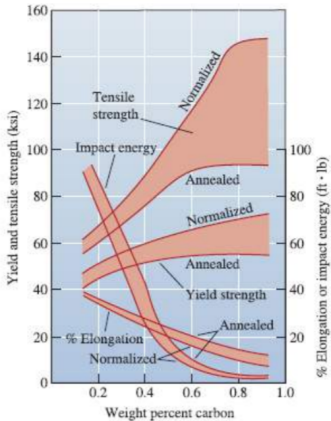
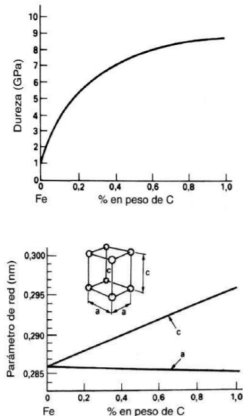


(c)



(d)

Explicar influencia del %C en las propiedades mecánicas de un acero



Para la casa:

- Explicar qué es la austenización, revenido, austenita retenida, recocido isotérmico y bainitizado.
- Explicar las etapas del recocido.
- Mencione Tipos de acero y su composición.

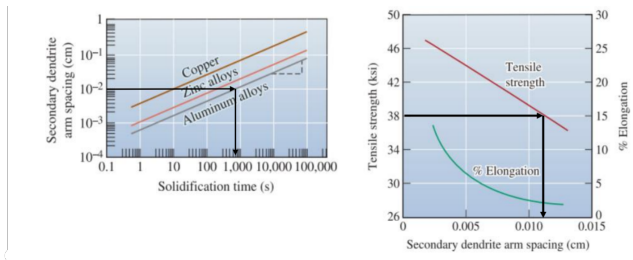
EJERCICIOS:

P1: ¿Cuál debe ser el espesor de una pieza de aluminio de largo 12" y ancho 8" , tal que su resistencia a la tracción sea de 38 Kpsi? $B=45 \text{ min/ins}^2$; $n=2$.

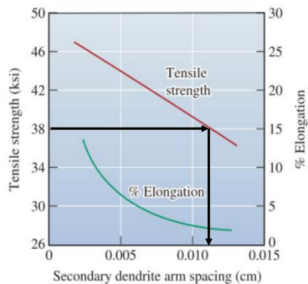
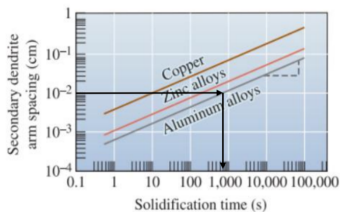
Se utiliza la siguiente ecuación:

$$t_s = B \left(\frac{V}{A} \right)^n \quad (1)$$

El primer paso, es encontrar el tiempo de solidificación según la dureza que se desea utilizando los siguientes gráficos:



P1:



Encontramos que:

- $SDAS_{38} [kPsi] \approx 0.11 [cm]$
- $t_s \approx 600 [s] = 10 [min]$

P1:

Sabemos que la pieza tiene largo = 12" y ancho = 8", por lo que el volumen y el area quedan:

- $V = \text{largo} \cdot \text{ancho} \cdot \text{espesor} = 12 \cdot 8 \cdot e$
- $A = 2 \cdot (L \cdot a) + 2 \cdot (L \cdot e) + 2 \cdot (a \cdot e) = 2 \cdot 12 \cdot 8 + e(2 \cdot 12 + 2 \cdot 8)$

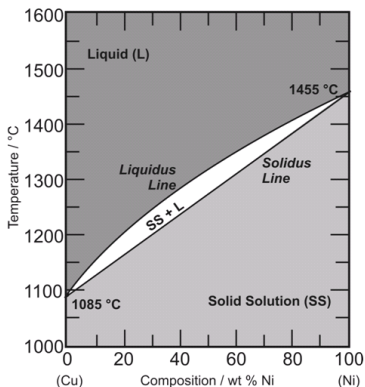
Con esto, nos queda que:

$$t_s = B \left(\frac{V}{A} \right)^n \implies 10 = 45 \cdot \left(\frac{12 \cdot 8 \cdot e}{2 \cdot 12 \cdot 8 + e(2 \cdot 12 + 2 \cdot 8)} \right)^2$$

$$e = 1.173 \text{ [in]}$$

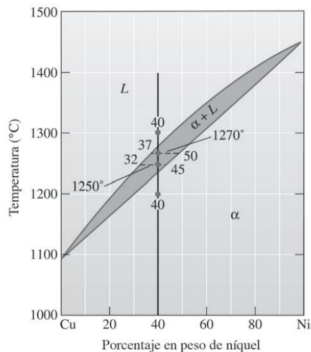
P2: Considerando una aleación de Cu-40%Ni y el diagrama de fases binario:

- a) Determine la composición de cada fase a 1300°C, 1270°C, 1250°C y 1200°C.
- b) Calcule la cantidad de cada fase α y L a 1300°C, 1270°C, 1250°C y 1200°C.



P2:

- **T = 1300 °C** 100% fase líquida (40%Ni)
- **T = 1270 °C** 2 fases: α (50%Ni) y L (37%Ni)
- **T = 1250 °C** 2 fases: α (45%Ni) y L (32%Ni)
- **T = 1200 °C** 100% fase sólida α 40%



P2:

Para encontrar la cantidad de cada fase, utilizamos la “ *regla de la palanca* ”

$$\begin{aligned} \% \text{ fase} &= \frac{\text{Distancia contraria}}{\text{Distancia total}} \\ &= \frac{\% \text{ elemento aleante total} - \% \text{ elemento aleante fase opuesta}}{\% \text{ elemento aleante fase 1} - \% \text{ elemento aleante fase 2}} \end{aligned}$$

P2:

A 1270 °C:

$$\%Ni_{\alpha} = \frac{40 - 37}{50 - 37} = 0.231$$

$$\begin{aligned}\%Ni_L &= \frac{50 - 40}{50 - 37} = 0.759 \\ &= 1 - \%Ni_{\alpha}\end{aligned}$$

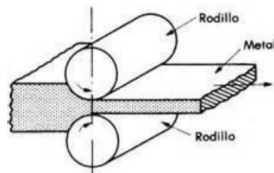
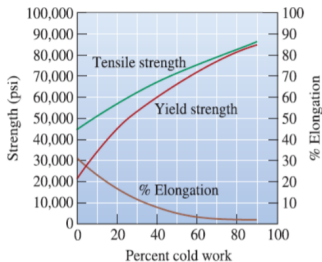
P2:

A 1250 °C:

$$\%Ni_{\alpha} = \frac{40 - 32}{45 - 32} = 0.615$$

$$\begin{aligned}\%Ni_L &= \frac{45 - 40}{45 - 32} = 0.385 \\ &= 1 - \%Ni_{\alpha}\end{aligned}$$

P3: Se desea que el cobre se endurezca 3 veces hasta alcanzar una resistencia a la fluencia de 66.000 psi, para lo cual se usará una laminadora. Si la placa útil debe ser de 2 [cm], ¿cuál debe ser el grosor de la placa de cobre que se colocaría en los rodillos?



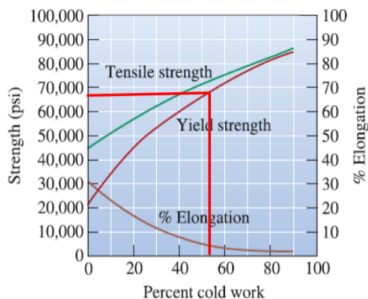
P3:

$$CW_{E_y=66000\text{Psi}} \approx 53\%$$

$$\%CW = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \cdot 100 = \frac{t_0 - t_f}{t_0} \cdot 100$$

$$53 = \frac{t_0 - 2}{t_0} \cdot 100$$

$$0.53t_0 = t_0 - 2 \implies t_0 = 4.25 \text{ [cm]}$$



P4: Diseñe un proceso de trefilado para producir alambre de cobre de 0.2 [in] de diámetro a partir de un alambre de 4 [in] de diámetro. Para ello determine la fuerza que se debe aplicar y verifique si existe peligro de falla en el alambre que sale del proceso. Con resistencia a la fluencia 65000 Psi

En el caso del alambre, con una geometría cilíndrica, tenemos que:

$$\%CW = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \cdot 100 = \frac{\frac{\pi d_0^2}{4} - \frac{\pi d_f^2}{4}}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \cdot 100 = \frac{d_0^2 - d_f^2}{d_0^2} \cdot 100$$

P4:

Primero, asegurémonos de que el proceso pueda ser realizado en una sola etapa de CW:

$$\%CW = \frac{4^2 - 0.2^2}{4^2} \cdot 100 = 99.75\%$$

En este caso, como la deformación requerida para llegar al diámetro final es mayor a 90%, se requerirá más de un paso, teniendo una reducción inicial mediante trabajo en caliente. Debemos realizar el proceso al revés, partiendo desde el diámetro final.

P4:

El porcentaje de trabajo en frío requerido para llegar a la resistencia requerida será aproximadamente 56%, por lo que podemos calcular el diámetro desde el cual se necesita deformar:

$$\begin{aligned} \%50 &= \frac{d_0^2 - 0.2^2}{d_0^2} \cdot 100 \quad \Rightarrow \quad 0.5d_0^2 = d_0^2 - 0.04 \\ &\Rightarrow \quad d_0^2 = 0.08 \\ &\Rightarrow \quad d_0 = 0.2828 \end{aligned}$$

por lo tanto, para poder realizar el trabajo en frío, debemos llegar a ese diámetro a partir de el diámetro inicial de 4"

P4:

El trabajo en caliente necesario en una etapa inicial será:

$$\%HW = \frac{4^2 - 0.2828^2}{4^2} \cdot 100 = 99.5\%$$

P4:

Para determinar si el alambre falla o no, deben cumplirse dos condiciones:

$$\text{Esfuerzo: } \frac{F}{A_0} > \text{Esfuerzo de fluencia inicial} \quad \& \quad \frac{F}{A_f} < \text{Esfuerzo de fluencia final}$$

Los esfuerzos de fluencia en cada etapa son:

$$\sigma_y(0\%CW) = 22000 \text{ [Psi]}$$

$$\sigma_y(50\%CW) = 65000 \text{ [Psi]}$$

P4:

La fuerza inicial que se deberá aplicar es:

$$F_0 = F_{\text{trefilado}} = \sigma_{y0} A_0 = 22000 \cdot 0.071 = 1562 \text{ [lb]}$$

Con lo que al final se tiene:

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} = \frac{1381.8}{0.0314} = 43984 \text{ [Psi]}$$

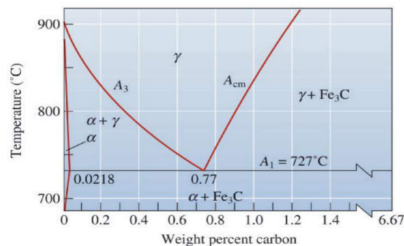
Es menor al esfuerzo de fluencia, por lo que no hay riesgo de falla

P5: Las densidades del hierro puro y del carburo de hierro a temperatura ambiente son $7,87$ y $8,15 \text{ Mg}/\text{m}^3$ respectivamente. Calcule el porcentaje en volumen de fase α y Fe_3C en perlita.

Tenemos perlita, una fase formada entre ferrita y cementita a temperatura y composición eutectoide ($0.77\% \text{ C}$). Podemos utilizar la regla de la palanca para determinar el porcentaje de fase α o cementita:

$$\% \alpha = \frac{6.67 - 0.77}{6.67 - 0.0218} = 0.8875 = 88.75\%$$

$$\% Fe_3C = \frac{0.77 - 0.0218}{6.67 - 0.0218} = 0.11254 = 11.25\%$$



P5:

Estos porcentajes corresponden a fracción en peso. Con los datos de densidad, podemos calcular el volumen que ocuparía cada fase en una tonelada de material:

$$V_{\alpha} = \frac{0.8875 \text{ [ton]}}{7.87 \left[\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right]} = 0.1127 [\text{m}^3]$$

$$V_{Fe_3C} = \frac{0.1125 \text{ [ton]}}{8.15 \left[\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right]} = 0.0138 [\text{m}^3]$$

P5:

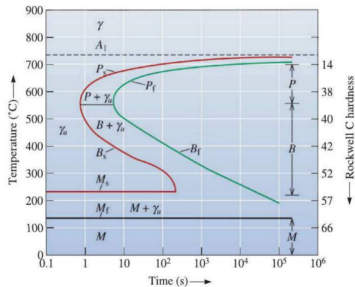
Con lo que el porcentaje de volumen correspondiente a cada fase es:

$$\%V_{\alpha} = \frac{V_{\alpha}}{V_T} = \frac{0.1127}{0.1127 + 0.0138} = 89\%$$

$$\%V_{Fe_3C} = 11\%$$

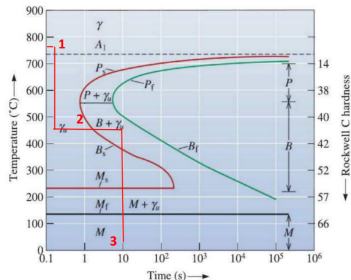
P6: Usando diagrama TTT para acero eutectoide, determinar microestructura final al someter a los siguientes tratamientos:

- Austenizado a 750°C, templado a 450°C durante 10[s] y luego enfriado a T° ambiente.
- Austenizado a 800°C, templado a 300°C y mantenido por 10[s], enfriado a T° ambiente, recalentado a 400°C y luego enfriado a temperatura ambiente de nuevo.



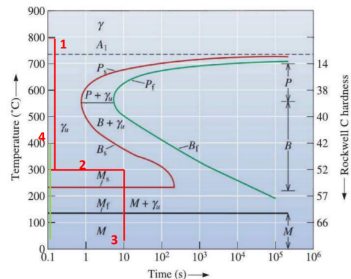
P6: a)

- 1: Austenizado a 750° : 100% austenita
- 2: Templado a 450°C durante 10 [s]: Austenita inestable + bainita
- 3: Enfriado a T° ambiente: Bainita y martensita

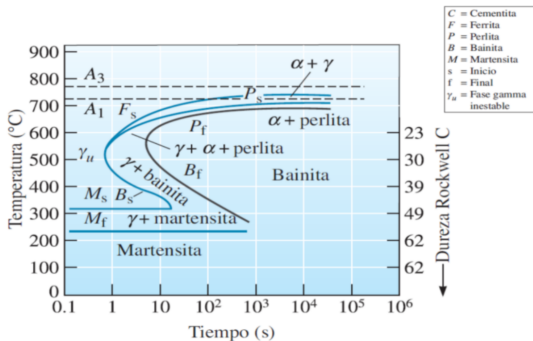


P6: b)

- ❶ **1: Austenizado a 800°:** 100% austenita
- ❷ **2: Templado a 300°C durante 10 [s]:** 100% austenita inestable
- ❸ **3: Enfriado a T° ambiente:** 100% martensita
- ❹ **4: Recalentado a 400 °C y enfriado a T° amb.:** Martensita revenida (sin esfuerzos internos).



P7: Diseñe un tratamiento térmico para un eje de acero 1050 que permita obtener una dureza DRC 23. Determinar los microconstituyentes.



P7:

PASOS:

- Austenizar por sobre temperatura A_3
- Templar a 600°C por 10 segundos
- Enfriar a T_a

$$\% \alpha = \frac{0.77 - 0.5}{0.77 - 0.0218} = 36\%$$

$$\% Fe_3C = 64\%$$

Recomendaciones bibliografía:

Capítulos:

- Ref 1 –Ashby: Información fácil de entender y muchos ejercicios
 - Cap 8.(2/3/4) Nucleación
 - Cap 3.(3/4) Intro a diagramas de fase
 - Cap 4.(1) Uso de los diagramas de fase
 - Cap 6.(8/9/10) Recristalización y crecimiento de grano
 - Cap 15.(3/4) Procesos de deformación
- Ref 2 - Askeland “The Science and Engineering of Materials”
 - Cap 8.(1 al 9) Endurecimiento por deformación y recocido

SUERTE!