



Universidade de São Paulo – USP

Escola de Engenharia de Lorena – EEL



Departamento de Engenharia de Materiais – Demar

Disciplina: LOM-3016 – Introdução a Ciência dos Materiais

Prof. Dr: Cassius O.F.T Ruchert

Aluno: *Thales Arruda Pereira*

Nº USP.: *8637641*

Ano/Semestre: 2018/1

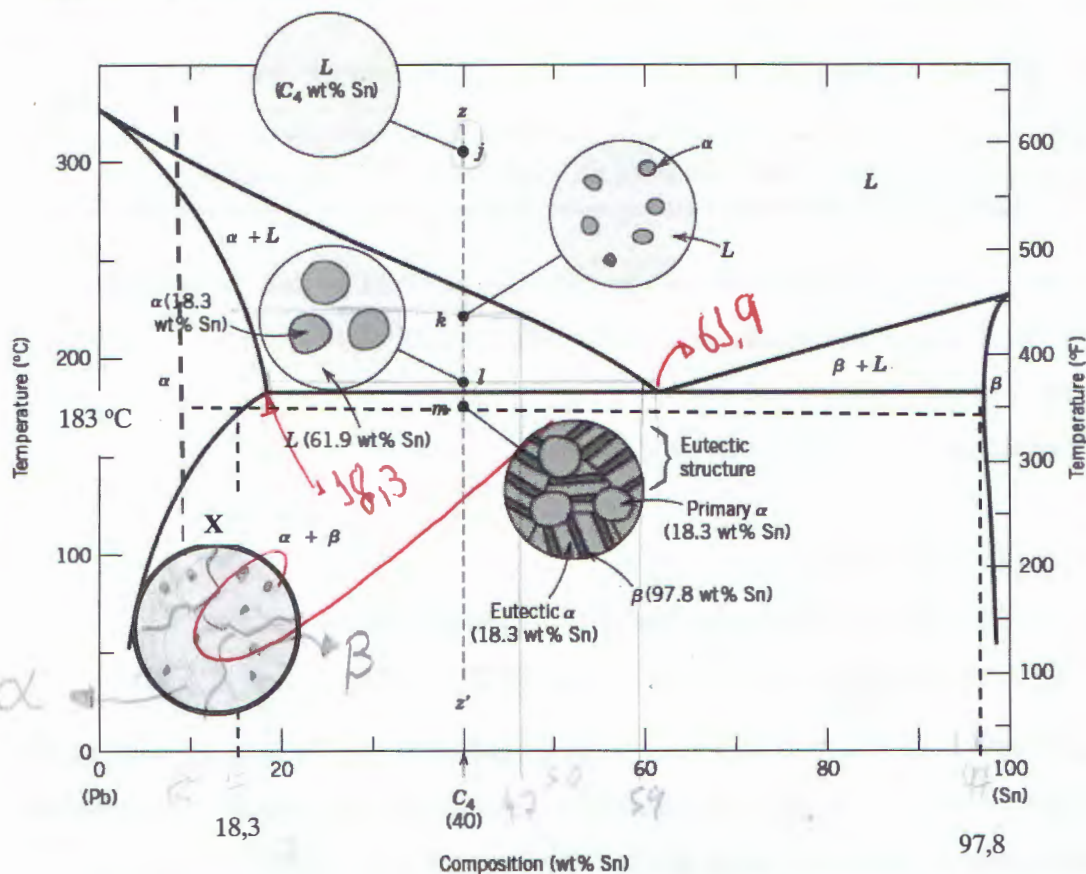
Turma:

Turno: Diurno

Data: 19/06/18

## 2º. Prova – Duração de 1 hora e 45 minutos

- 1) (3,0) Explique sucintamente mas objetivamente a partir do gráfico abaixo do diagrama de fases do chumbo-estanho o que são os pontos j, k, l e m de um resfriamento da liga com composição global de  $C_0=40\%wt$  (denominado C4). Calcule a quantidade de fases, as composições de fases e as quantidades de frações mássicas de cada ponto. Explique também em detalhe observando o ponto m como se chegou a fração mássica da estrutura eutética ( $\alpha + \beta$ ) e do  $\alpha$  primário. Desenhe esquematicamente dentro do círculo X a microestrutura resultante e dê nome a mesma.



Schematic representations of the equilibrium microstructures for a lead-tin alloy of composition  $C_4$  as it is cooled from the liquid-phase region.

Dados:

Lead = chumbo

Tin = Estanho

$$W_{\beta} = \frac{C_0 - C_{\alpha}}{C_{\beta} - C_{\alpha}} WT\%$$

$$W_{\alpha} = \frac{C_{\beta} - C_0}{C_{\beta} - C_{\alpha}} WT\%$$

- 2) (3,0) Uma liga metálica foi ensaiado em tração, tendo-se obtido o registro gráfico representado na figura abaixo. Sabendo que  $L_0=50$  mm,  $D_0=25$  mm e  $D_f=24,25$  mm, calcule no SI. Utilize o próprio gráfico abaixo e converta apenas os valores dos eixos.

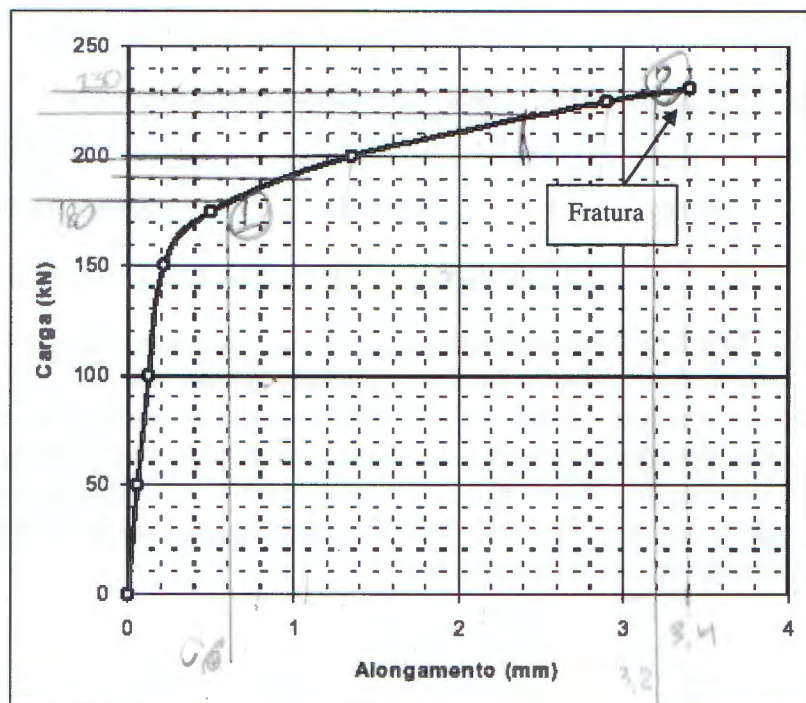
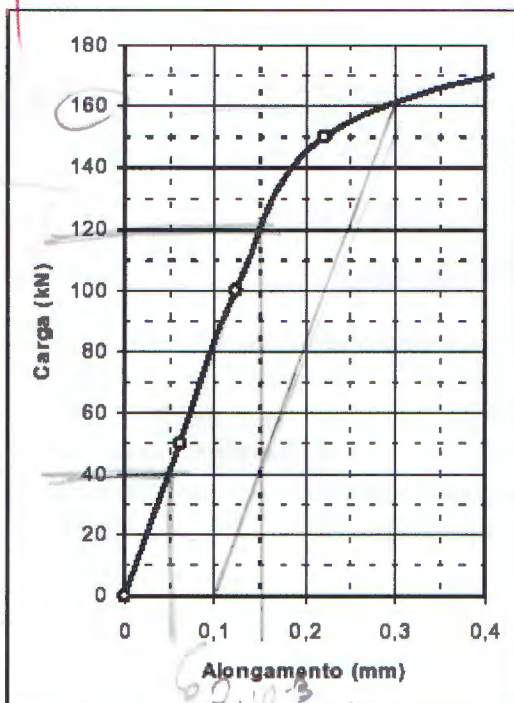


Figura 1: À esquerda a ampliação da zona elástica do gráfico completo da direita

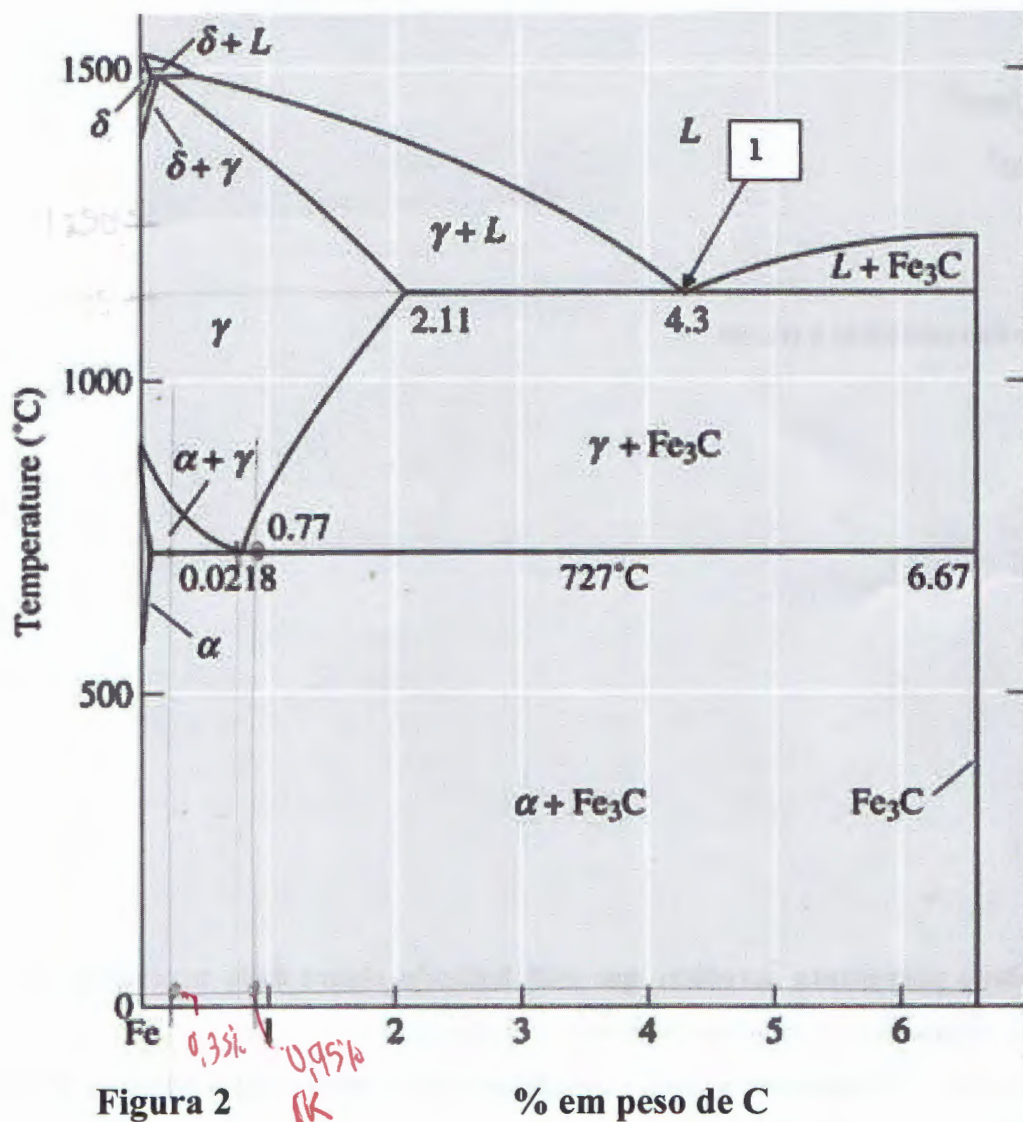
- a) Os parâmetros que caracterizam a ductilidade do material (calcular os dois parâmetros principais). Este material apresenta comportamento frágil, dúctil ou misto?
- b) Os módulos de resiliência e o de tenacidade;
- c) O expoente de encruamento e o coeficiente de resistência.

3) (4,0) Dado o diagrama Fe-C da figura 2:

- a) Assinale abaixo a temperatura dos pontos de transformação eutetóide e eutética.

☒ 727 e 1147 °C ( ) 1147 e 912 °C ( ) 912 e 1147 °C ( ) 727 e 1490 °C ( ) NDA

- b) Para um aço AISI 1035 e 1095 determine os percentuais de ferrita total, ferrita pró-eutetóide, perlita, cementita total e cementita pró-eutetóide existentes (considerar temperatura ambiente). Repare que são cinco respostas que deverão ser grafadas a caneta no final.



Fórmulas adicionais:

$$U_R = \frac{\sigma_e^2}{2E}$$

$$U_t = (\sigma_{esc} + \sigma_{LRT})/2 \cdot \epsilon_{fratura} \text{ em N.m/m}^3$$

Mat. Ducteis

$$U_t = 2/3 \cdot \sigma_{LRT} \cdot \epsilon_{fratura} \text{ em N.m/m}^3$$

Mat. Frágeis

$$E = \Delta\sigma/\Delta e$$

$$\sigma_t = K\epsilon_t^n$$

$$\sigma_v = \sigma_{eng}(1+e)$$

$$\epsilon_v = \ln(L_f/L_0)$$

$$\%R_A = \frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} \cdot 100$$

$$e_f = \frac{L_f - L_i}{L_i}$$

$$\% \Delta L = \frac{L_f - L_0}{L_0} \cdot 100$$

Thales Arcueta Pereira nº: 8637641

1) 5º Solução líquida de Pb e Sn

- Uma fase: L
- Composição:  $C_L = 40\% \text{ Sn e } 60\% \text{ Pb}$
- Fração:  $W_L = 100\%$

6º Início da formação do alfa

- Duas fases: L +  $\alpha$
- Composição:  $C_L \approx 47\% \text{ Sn e } 53\% \text{ Pb}$   
 $C_\alpha \approx 16\% \text{ Sn e } 84\% \text{ Pb}$
- Fração:  $W_\alpha = \frac{47 - 40}{47 - 16} = 0,2258 \approx 22,58\%$   
 $W_L = 77,42\%$

7º Aumento do tamanho das grãos

- Duas fases: L +  $\alpha$
- Composição:  $C_L \approx 59\% \text{ Sn e } 41\% \text{ Pb}$   
 $C_\alpha \approx 17\% \text{ Sn e } 83\% \text{ Pb}$
- Fração:  $W_\alpha = \frac{59 - 40}{59 - 17} = 0,4524$   
 $W_\alpha = 45,24\%$   $W_L = 54,76\%$

8º formação da microconstituente eutética (Hipoeutóide)

- Uma fase  $\alpha$  primária + um ~~microconstituinte~~ eutético,  $\alpha + \beta$

- Composição:  $C_{\alpha} \approx 15\% \text{ Sn e } 85\% \text{ Pb}$   
 $C_L \approx 97,8\% \text{ Sn e } 2,2\% \text{ Pb}$

- Fração:  $W_{\alpha p} = \frac{61,9 - 40}{61,9 - 18,3} = 0,5023$

$W_{\alpha \text{ primário}} = 50,23\%$

$W_{\alpha \text{ total}} = \frac{97,8 - 40}{97,8 - 15} = 0,6980$

$W_{\alpha \text{ total}} = 69,80\%$        $W_{\beta} = 30,20\%$

$W_{\alpha \text{ eutético}} = 69,80 - 50,23 = 19,57\%$

$W_{\text{eutético}} = 49,77\%$

X: Solução de  $\alpha$  e  $\beta$  precipitada do  $\beta$

$W_{\alpha \text{ primária}} + W_{\text{eutético}} = 100\%$

$50,23 + 49,77 = 100\%$

$100 = 100\%$

OK

checkado

$$2) a) \% RA = \frac{D_0^2 - D^2}{D_0^2} \cdot 100$$

$$\% RA = \frac{25^2 - 24,25^2}{25^2} \cdot 100$$

$$\% RA = 5,91\%$$

$$\% AL = \frac{L_f - L_0}{L_0} \cdot 100 \quad \Delta L = 3,4 = L_f - L_0$$

$$\% AL = \frac{3,4}{50} \cdot 100 = 6,8\%$$

## MATERIAL MISTO

$$b) F_{esc} = 160000 \text{ N} \quad \sigma_{esc} = \frac{160000}{\pi (25/2)^2}$$

$$\sigma_{esc} = 325,95 \text{ MPa}$$

$$F_{fractura} = 230000 \text{ N} \rightarrow \sigma_{LRT} = \frac{230000}{\pi (25/2)^2}$$

$$\sigma_{LRT} = 468,55 \text{ MPa}$$

$$E = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} = \frac{(100 - 40) \cdot 1000 - 162,97}{\frac{0,15 - 0,05}{50} \cdot 2 \cdot 10^{-3}} = 81487,33 \text{ MPa}$$

$$\epsilon_{fractura} = 0,068$$

$$\text{Resiliencia: } U_R = \frac{325,95^2}{2 \cdot 81487,33} = 0,65 \text{ MPa}$$

$$\text{Tenacidad: } U_T = \frac{2}{3} \cdot 468,55 \cdot 0,068 = 21,24 \text{ Nmm/mm}^3$$

$$c) \sigma_1 = \frac{180000}{\pi (25/2)^2} = 366,69 \text{ MPa}$$

$$e_1 = \frac{0,6}{50} = 0,012$$

$$\sigma_{v1} = 366,69 (1 + 0,012) = 371,09 \text{ MPa}$$

$$e_{v1} = m (1 + e_1) = m (1 + 0,012) = 0,01192$$

$$\sigma_2 = \frac{230000}{\pi (25/2)^2} = 468,55 \text{ MPa} \quad \left\{ e_2 = \frac{3,2}{50} = 0,064 \right\}$$

$$\sigma_{v2} = 468,55 (1 + 0,064) = 498,54 \text{ MPa}$$

$$e_{v2} = m (1 + 0,064) = 0,062$$

$$m \cdot 371,09 = m k + n \cdot m \cdot 0,01192$$

$$m \cdot 498,54 = m k + n \cdot m \cdot 0,062 \quad \ominus$$

$$-0,2953 = n (-1,6489)$$

$$n = 0,179$$

$$k = \frac{371,09}{0,01192 \cdot 0,179} = 820,34 \text{ MPa}$$

$$3) A_{\text{FC}} : 1035 = 0,35 \% C$$

$$W_{\text{apro}} = \frac{0,77 - 0,35}{0,77 - 0,0218} = 0,5613 \quad \boxed{W_{\text{apro}} = 56,13\%}$$

$$W_{\text{total}} = \frac{6,67 - 0,35}{6,67 - 0} = 0,9475 \quad \boxed{W_{\text{total}} = 94,75\%}$$

$$\boxed{W_{\text{rec}} = 5,25\%}$$

$$W_{\text{perlita}} = 100\% - 56,13\% = 43,87\%$$

$$\boxed{W_{\text{perlita}} = 43,87\%}$$

Não há cimento presente

Thales A. Pereira

8634641

3) CONTINUAÇÃO

Aço 1095 - 0,95% C

$$W_{Fe_3C, PRO} = \frac{0,95 - 0,77}{6,67 - 0,77} = 0,0305$$

$$W_{Cementita, PRO} = 3,05\%$$

$$W_{Fe_3C, TOTAL} = \frac{0,95 - 0}{6,67 - 0} = 0,1424$$

$$W_{Cementita, TOTAL} = 14,24\%$$

$$W_d = 85,76\%$$

$$W_{perlita} = 100\% - 3,05\% = 96,95\%$$

$$W_{perlita} = 96,95\%$$

Não há ferrita eutética.

$$W_{perlita} + W_{Fe_3C, PRO} = 100\%$$

$$96,95 + 3,05 = 100\%$$
$$100\% = 100\%$$

checado!!