

PMT2405 - Mecânica dos Materiais - Prova 2 - 25/05/2011

As fórmulas e equações para resolver a prova serão descritas conforme forem sendo necessárias.

A Prova está dividida em duas partes: as questões 1 - 3 deverão ser resolvidas em classe, no período desta prova (1h40'), já a questão 4 deverá ser resolvida com consulta (após este período de prova), devendo ser entregue no período de uma semana.

Questões

1. Considere as fractografias apresentadas na Figura 1 e responda as perguntas abaixo:
 - a. Parida *et al.*¹ fizeram análise de falha em rodas de trem e identificaram na superfície de fratura a microestrutura apresentada na Figura 1a, sugerindo tratar-se do micromecanismo de fratura por clivagem. Você concorda com esta afirmação? Qual característica morfológica da superfície de fratura permite concluir isto? (vale 1,0 ponto)
 - b. Luis Shiguenobu Monobe² investigou uma superliga fundida por centrifugação, ensaiada em tração à temperatura ambiente, e identificou na superfície de fratura do corpo de prova a microestrutura apresentada na Figura 1b sugerindo-a como indicativa de fratura por um micromecanismos dúctil. Você concorda com esta afirmação? Qual o micromecanismo em questão? Qual característica morfológica da superfície de fratura permite concluir isto? (vale 1,5 ponto)

2. A Figura 2 apresenta as curvas-mestre do parâmetro de Larson-Miller determinadas para duas ligas estudadas pelo engenheiro Alexandre Sokolowski em seu mestrado defendido em 1993 no PMT. Estes resultados foram obtidos a partir de ensaios de ruptura em fluência relatados por este autor. Com base nestas curvas estime a máxima tensão admissível de trabalho para as duas ligas:
 - a. Supondo que a ruptura não pode ocorrer em tempos inferiores a 150000h na temperatura de 800°C (vale 0,5 ponto) e
 - b. Supondo que a ruptura não pode ocorrer em tempos inferiores a 100 anos a 650°C (vale 0,5 ponto).

A seguir compare o desempenho em fluência das duas ligas, considerando que a liga B possui nióbio em sua composição, que produz partículas de carboneto NbC no contorno de grão (vale 1,5 ponto). O parâmetro de Larson-Miller, P , é dado por:

$$P = T (C + \log_{10} t_r) \quad (1)$$

¹N. Parida, S. K. Das e S. Tarafder, Failure analysis of railroad wheels, Eng. Failure Analysis **16** (2009) 1454 – 1460.

²L. S. Monobe, Caracterização do envelhecimento da liga 20Cr32Ni+Nb fundida por centrifugação e de seu efeito sobre o comportamento mecânico a frio, *dissertação de mestrado*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

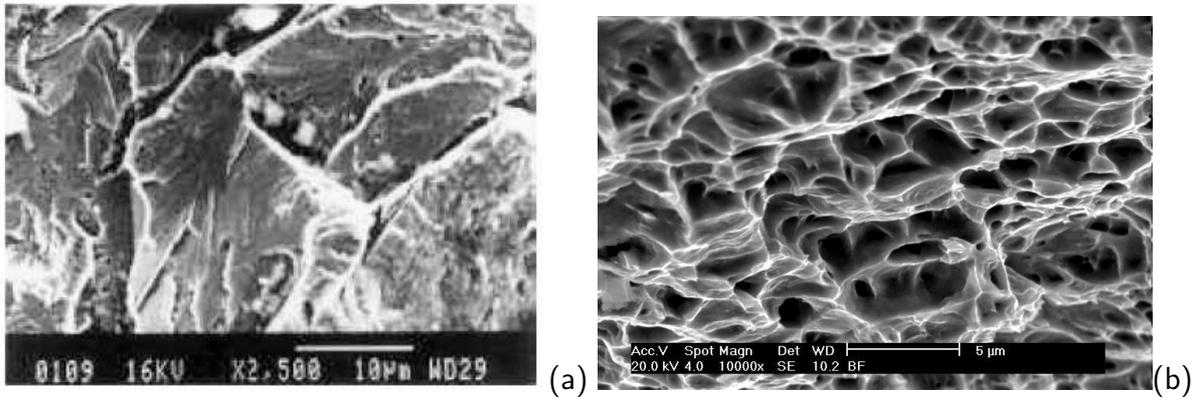


Figura 1: Fractografias obtidas em uma roda ferroviária (a) e em um corpo de prova de tração da liga 20Cr32Ni+Nb (b).

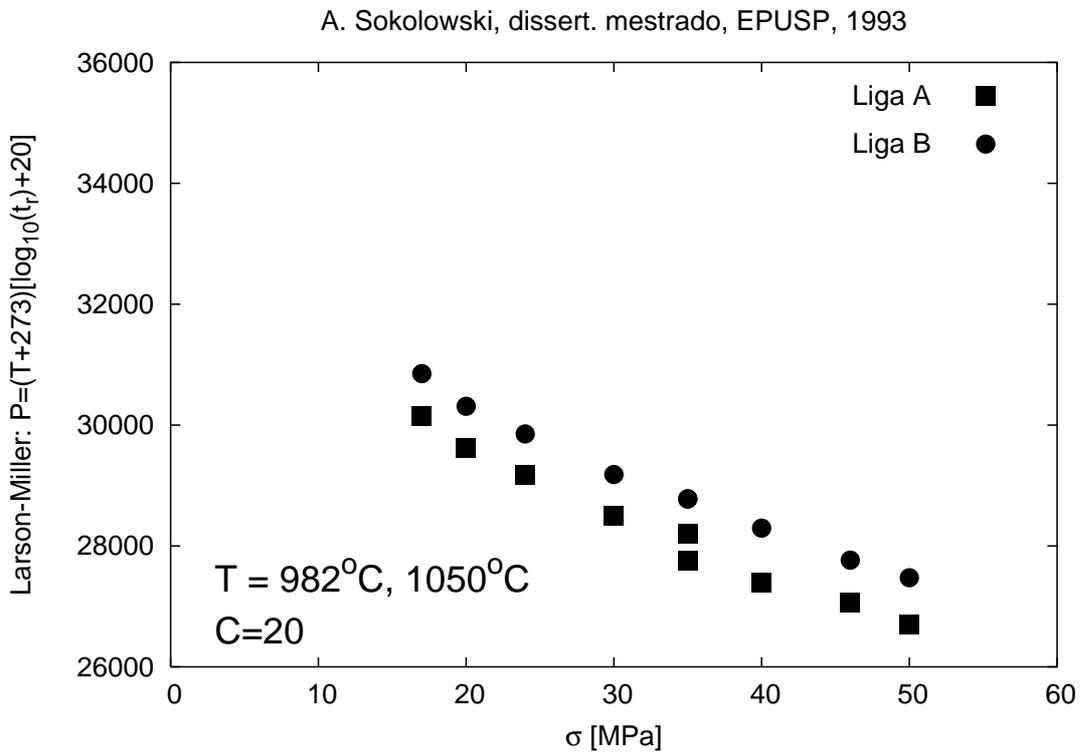


Figura 2: Curvas-mestre para dois aços para trabalho a quente (tempos medidos em horas).

- 3 . Discuta a relevância do conceito de transição dúctil frágil no projeto de engenharia de vasos de pressão eventualmente operando em condições criogênicas, considerando que estes vasos de pressão seriam fabricados com chapas de aço de alta resistência e baixa liga (ARBL) soldadas³. Atente para os seguintes aspectos na sua resposta:
- Como se define experimentalmente uma temperatura de transição e qual a sua transferibilidade para a aplicação em questão?
 - Qual a importância do comportamento dúctil ou frágil do aço para a aplicação descrita?

Obs.: (Vale 2,5 pontos)

- 4 . A Figura 3 mostra a curva mestre para um ensaio de relaxação de tensão em uma borracha natural da Malásia com massa molecular $M_w = 60000 \text{ g mol}^{-1}$, obtida por S. Kaang⁴. Os ensaios originais consistiram em afixar uma tira da borracha de 40 mm de comprimento a uma máquina universal de ensaios, sendo esta, a seguir, estirada a 100% de deformação em temperaturas variando entre -15 e 80 °C . O gráfico apresenta a tensão medida em função do tempo, corrigido pelo fator de deslocamento de Williams-Landel-Ferry (assumindo-se $T_g = -65^\circ\text{C}$). Com base neste resultado calcule a tensão efetivamente medida na tira estirada à temperatura T °C após t segundos (T e t são determinados por um critério descrito abaixo). (vale 2,5 pontos) Dado:

- Fator de deslocamento de Williams-Landel-Ferry, a_t

$$\log_{10} a_t = \frac{-17,44 (T - T_g)}{(51,6 + T - T_g)} \quad (2)$$

- Critérios para determinação de T e t – definimos n como o último dígito do seu número USP, os valores de T e t são determinados por:

$$T = 28 + 3(n - 3)/7 \quad (3)$$

e

$$t = 2 + \left(\frac{n}{5}\right) \quad (4)$$

³Aços carbono extra-doces com pequenas adições de elementos de liga como Mo, Nb e Ti, que tem por objetivo reduzir o tamanho de grão final do produto.

⁴S. Kaang, Stress relaxation and elastic recovery of rubber melt, *Korea Polymer Journal* **4**(2), 239 – 243, 1996, disponível aqui (acesso em 20/05/2010).

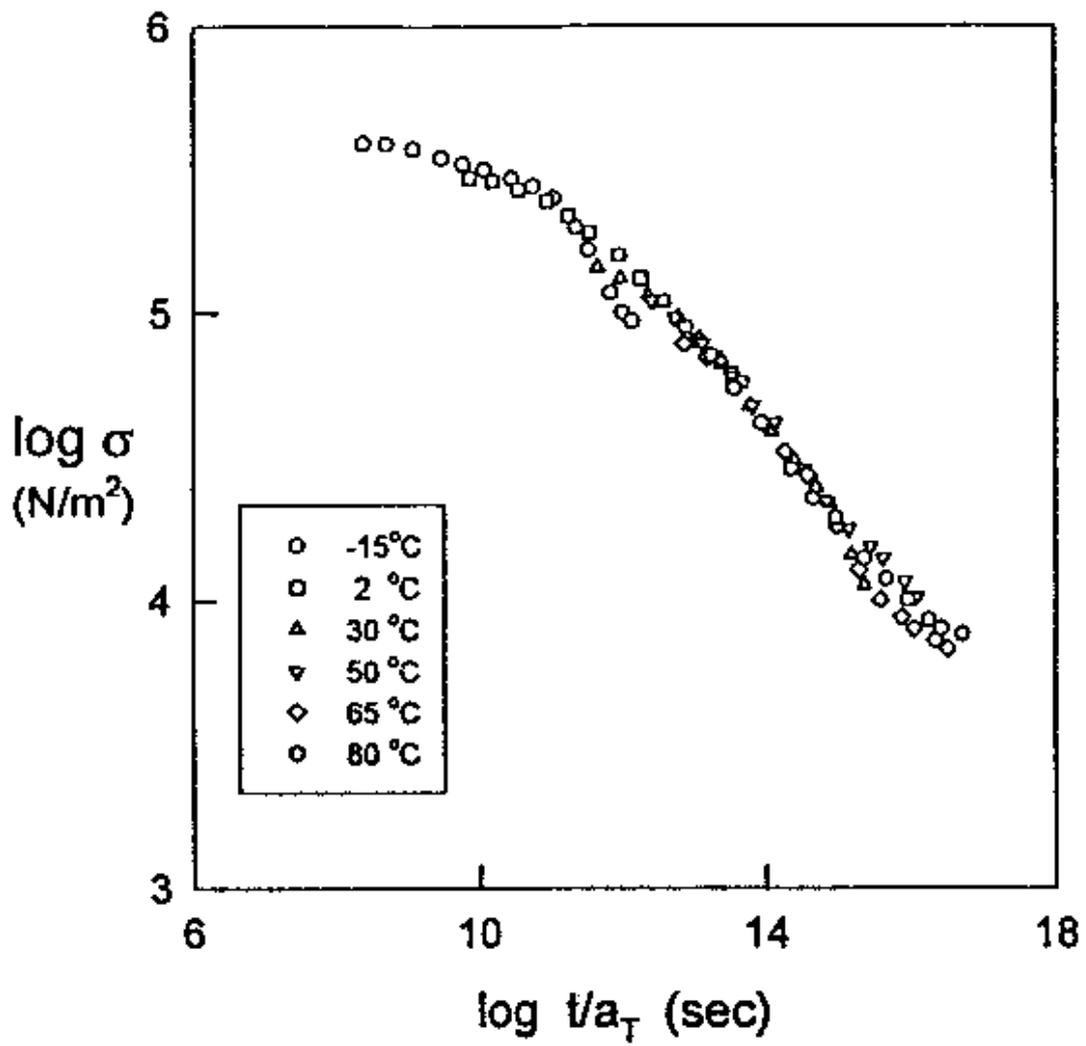


Figura 3: Curva mestre de uma borrcha natural com massa molecular de 60000 g mol^{-1} .