



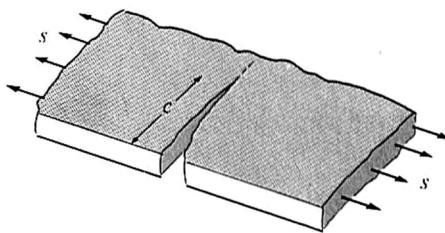
**Local: Lista de exercícios sobre discordâncias e fratura2005[1]**

1.-Um aço tem um limite de escoamento  $\sigma_e$  de 1100 MPa, um limite de resistência  $\sigma_r$  de 1200 MPa e uma tenacidade à fratura  $K_{Ic}$  de  $90 \text{ MPa(m)}^{1/2}$ .

a) Uma placa com a configuração da figura abaixo, tem uma trinca passante de 2mm de comprimento. Ela vai quebrar antes de escoar ou escoar antes de quebrar?

B )Qual é o tamanho máximo de trinca que pode estar presente sem que a chapa fracture antes de deformar?

( $K_{Ic} = Y \cdot \sigma \cdot (\pi \cdot a)^{1/2}$ , onde Y é um fator geométrico igual a 1,1 para chapas carregadas em tração como na figura abaixo).



**FIG. 8-4.6**

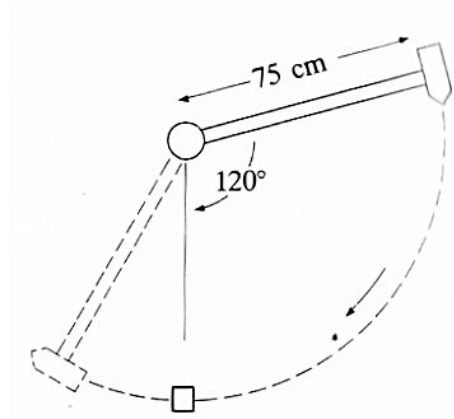
**Fracture Stresses (Mode I).** Stresses that open an edge crack in tension introduce an intensity factor,  $K_I$ , that increases with  $\sqrt{\pi c}$  as indicated in Eq. (8-4.1). If  $K_I$  exceeds a critical value,  $K_{Ic}$ , the crack will advance catastrophically.

2. Um pêndulo de uma máquina de ensaio de impacto pesa 10kg e tem um centro de massa a 75cm do fulcro. Ele é elevado a  $120^\circ$  e liberado. Após a quebra do corpo de prova (à temperatura ambiente) o pêndulo sobe  $90^\circ$  no lado oposto. No ensaio do mesmo material, resfriado a  $-196^\circ\text{C}$  em um banho de nitrogênio líquido, o pêndulo elevou-se até  $110^\circ$ .

Calcule quanta energia o material absorveu na ruptura, nos dois casos e discuta as razões da diferença?



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
PMT 2200  
Exercícios-Fratura



3. Os dois problemas básicos resolvidos pela mecânica da fratura podem ser resumidos em:

*I- Dado o valor da tenacidade à fratura ( $K_{Ic}$ ) e do tamanho de defeito crítico, calcular a tensão de ruptura do componente ou*

*II- Dado um componente que rompeu a uma dada tensão e o valor de sua tenacidade à fratura, calcular o tamanho de defeito crítico que provocou a falha.*

Para ilustrar este procedimento, vamos nos concentrar em um problema prático:

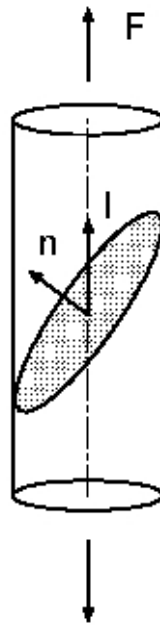
- Suponha que uma barra de seção quadrada (com área  $A = 0,1 \text{ cm}^2$ ) e feita de alumina de alta qualidade ( $K_{Ic} = 3,5 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ ) rompeu com uma carga  $F = 2000 \text{ N}$ . Calcule o tamanho do defeito crítico (assumindo  $Y = 1$ ). Utilize a fórmula apresentada na questão 1.
- Uma boa aproximação para o tamanho do defeito crítico em cerâmicas é que ele tem o comprimento de seu tamanho de grão (que é igual à granulometria do pó usado na sinterização do componente). Baseando-se nesta hipótese, calcule qual seria o incremento de resistência no componente (ou seja, qual a nova carga que ele iria resistir) se o tamanho de grão for reduzido em 5 vezes? Qual seria a granulometria do pó necessária para se fabricar este componente?

4. Experimentalmente sabe-se que a clivagem de metais ocorre em uma família de planos cristalinos bem definida, sob a ação de uma tensão normal crítica (que iremos chamar  $\sigma_c$ ). Com base nesta afirmação derive uma expressão para a tensão normal projetada em um dado plano cristalino (hkl) de um monocristal cilíndrico, quando este



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
PMT 2200  
Exercícios-Fratura

é solicitado em tração por uma tensão  $\sigma_0$  ao longo de seu eixo, que corresponde à direção [uvw] e estabeleça um critério numérico para a fratura por clivagem deste corpo.



5. A Figura 1 apresenta a seção longitudinal (ou seja, o eixo do corpo de prova cilíndrico corresponde à vertical da figura) de um corpo de prova de tração de cobre que foi ensaiado até o início do desenvolvimento da estricção. Com base nesta figura podemos afirmar que:

- a- Este corpo de prova iria se romper por clivagem caso o ensaio não tivesse sido interrompido.
- b- Este corpo de prova iria se romper por fratura intergranular caso o ensaio não tivesse sido interrompido.



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais  
PMT 2200  
Exercícios-Fratura

- a. A seção longitudinal do corpo de prova apresenta um estágio intermediário do mecanismo de fratura por coalescimento de microcavidades, onde se observam algumas microcavidades dispersas e uma grande trinca central, proveniente do coalescimento de cavidades previamente existentes.
- b. Não se pode afirmar nada sobre o modo de fratura que este corpo de prova iria desenvolver, caso o ensaio fosse continuado, apenas pela observação desta figura.
- c. Este corpo de prova iria se romper por colapso plástico, com a redução da seção transversal do corpo de prova na região da estrição até um diâmetro nulo (100% de redução de área), se o ensaio não fosse interrompido.

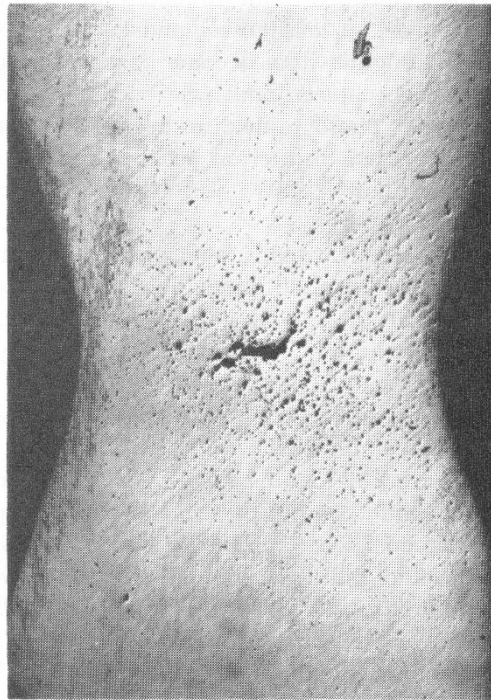


Figura 1 - Seção longitudinal de um corpo de prova de tração de cobre que foi ensaiado até o início da estrição.