

# Estudo de Fratura em Materiais Frágeis

Torres, E. C. A.<sup>1</sup>; Oakes, A.O. G.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo Básico de Engenharia, Faculdade do Centro Leste - UCL, Serra, ES, Brasil

## Resumo

A maioria dos materiais expostos a esforços mecânicos estão propícios à deformações e/ou fraturas, sendo a mecânica linear da fratura a área da mecânica que estuda esse problema em materiais elástico-lineares que, quando no estado crítico, corresponde à propagação da trinca, sendo um processo irreversível. São 3 os modos geométricos da fratura: A fratura por Tração Normal, a fratura por Cisalhamento Plano, e fratura por Cisalhamento Antiplano. Analisaremos, em nosso trabalho, a trinca por Tração Normal pois além de ser a mais encontrada nos problemas com elementos estruturais, é caracterizada pelos menores valores críticos de carga. A teoria mais aceita para a mecânica da fratura linear é o Conceito de Griffith que leva em consideração a energia necessária para a criação de uma nova área elementar da superfície da trinca, sendo a densidade dessa energia um parâmetro do material. Segundo Griffith, a região abaixo e acima da superfície da trinca estão livres de tensão, e a propagação da trinca, - que é causada pela liberação de energia elástica como uma função da carga externa e do comprimento da trinca - resulta em uma nova superfície livre. O presente trabalho trata de um levantamento da análise de falhas em materiais frágeis.

Keywords (Palavras chaves): Fratura, Conceito de Griffith.

## 1. Introdução

O comportamento mecânico dos materiais é uma resposta à carga aplicada nele, que pode ser uma deformação ou uma fratura [1]. A fratura nada mais é do que a perda da integridade do corpo sólido e sua possível separação em duas ou mais partes. O gráfico de “tensão versus deformação” nos mostra os momentos de deformação e fratura do material de uma maneira generalizada [2].

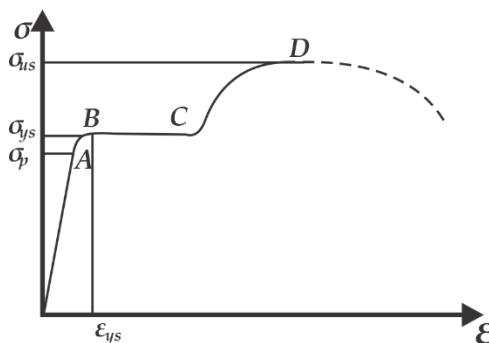


Figura 1 – Forma geral da curva “tensão versus deformação”

Existem três modos geométricos da fratura, são eles: Fratura por Tração Normal, onde as superfícies da trinca são separadas por forças normais ao plano da trinca; Fratura por Cisalhamento plano, onde ocorre um deslizamento das superfícies da trinca por forças

normais à frente da trinca; e Fratura por Cisalhamento Antiplano, na qual o deslizamento ocorre por forças paralelas à frente da trinca. Nosso trabalho terá como base a Fratura por Tração Normal, pois é a mais encontrada em problemas estruturais e é caracterizada pelos menores valores críticos de carga.

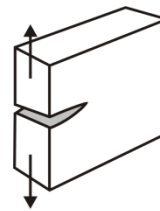


Figura 2.1 – Trinca de Tração Normal.

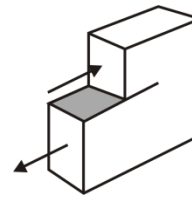


Figura 2.2 – Trinca de Cisalhamento Plano.

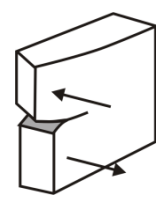


Figura 2.3 – Trinca de Cisalhamento Antiplano.

Para o nosso estudo da propagação da trinca, fazemos uma idealização da geometria da trinca como um corte infinitamente fino, algumas vezes na forma de uma elipse proposto por Inglis [3]. A análise de Inglis mostrou que as tensões locais podem aumentar várias vezes à medida que a carga for aplicada, assim, ficou evidente que até mesmo falhas microscópicas podem ser fontes de fraqueza em sólidos.

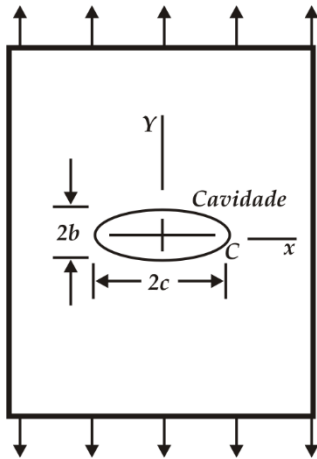


Figura 3 – Entalhe elíptico de uma placa plana, com semi-eixos b, c, submetido a uma certa tensão  $\sigma$  aplicada sob tração normal.

Um breve resumo dos resultados de Inglis se reduz a algumas equações. Assumindo que a lei de Hooke ( $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ) se mantém em todo o material,

começamos com a equação da elipse:

$$\frac{x^2}{c^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (1)$$

Mostrando-se onde o raio de curvatura tem valor mínimo,

$$\rho = \frac{b^2}{c}, \quad (b < c). \quad (2)$$

É em c que ocorre a maior concentração de tensão:

$$\sigma_c = \sigma_a \left( 1 + 2c/b \right) = \sigma_a \left[ 1 + 2(c/\rho)^{1/2} \right] \quad (3)$$

Para casos de  $b \ll c$  (corte infinitamente fino), a equação reduz-se a:

$$\sigma_c / \sigma_a \cong 2c/b = 2(c/\rho)^{1/2} \quad (4)$$

Nota-se assim, que a concentração de tensão depende da forma da trinca, e não do seu tamanho.

## 2. O Conceito de Griffith

O primeiro modelo de fratura de um corpo com trinca e mais aceito até hoje, foi formulado por Griffith [4 e 5].

Segundo Griffith, a “energia superficial de um corpo sólido” é a energia necessária para a criação de uma nova área elementar da superfície da trinca. Abaixo e acima dessa superfície foram consideradas livres de tensão e o descarregamento e liberação de energia elástica próximo a essa superfície é uma das causas para a propagação da trinca. Podemos dizer que essa propagação é instável quando a energia liberada é maior do que a necessária para a criação de uma nova superfície livre.

$$G = \frac{d}{ds} U(q, S) \geq 2\gamma_s, \quad (5)$$

onde “G” é a intensidade da liberação da energia, e a energia elástica “U” é uma função da carga externa “q” e do comprimento “S” da trinca. O parâmetro “ $\gamma_s$ ” é considerado uma constante do material, e o 2 na frente dele nos mostra as duas superfícies livre de tensão, acima e a baixo da trinca. Sendo assim, com essa equação podemos determinar um valor crítico de carga, se conhecidos os parâmetros “S”, a constante do material “ $\gamma$ ” e a função da energia U(q,S).

## 3. Conclusões e Trabalhos Futuros

O objetivo foi realizar um levantamento na literatura das teorias de análise de fraturas em materiais frágeis do ponto de vista teórico. Como o modelo de Griffith é o mais aceito [6], o utilizaremos como parâmetro em futuras simulações computacionais de fraturas de materiais frágeis.

## 4. Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPES e a Faculdade UCL pelo apoio financeiro.

## 5. Referências

- [1] Lawn, Brian R. “Fracture of brittle solids”, 2nd edn; Cambridge solid state Science series
- [2] A. E. Maugin, “The Thermomechanics of Plasticity and Fracture”, (1992)
- [3] Inglis, C. E. “Stresses in a plate due to the presence of cracks and sharp corners”. Transactions of the Institute of Naval Architects, Vol 55, 1913.
- [4] C.P. Buckley, “Material Failure”
- [5] Griffith, A. A. “The Phenomena of Rupture and Flow in Solids”. Philosophical Transactions of the Royal Society of London (1921)
- [6] T.L. Anderson, “Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications” (1995)