Materiais - Propriedades Mecânicas

Do que se trata? Quando um sólido é submetido a uma força sua forma tem de a mudar (deformações). O estudo das propriedades mecânicas dos materiais visa o entendimento de como ocorrem as deformações em função das forças externas aplicadas.

Diferentes materiais respondem de formas diferentes aos esforços externos. Exemplo: Um mesmo esforço externo causa maior deformação em uma barra de alumínio do que em uma barra de aço. Dizemos então que estes materiais possuem durezas diferentes. Assim, podemos classificar os materiais segundo às suas propriedades dependentes de cargas externas, ou seja, segundo suas propriedades mecânicas.

Algumas características mecânicas: Resistência, dureza, ductibilidade, fragilidade, etc.

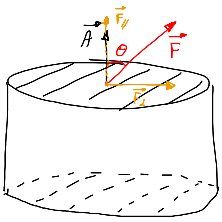
Do que depende o comportamento mecânico de um material?

Obviamente depende de sua composição elementar (quais átomos compõem o sólido); mas, não tão obviamente, depende de um série de outros fatores os quais podem ser mais importantes que a composição. Um fator de grande relevância é a forma de preparo; as condições de formação definem, por exemplo, se o carbono resultará em grafite ou diamante.

As condições de uso (ou condições de trabalho) também desempenham um papel importante sobre as propriedades mecânicas; por exemplo, um material ter uma boa resistência se submetido a uma carga constante, mas pode trincar rapidamende se submetido à uma carga que oscila no tempo. O ambiente também desempenha um papel importante; por exemplo, estruturas de ferro oxidam rapidamende na água do mar. Um outro fator de grande relevância é a temperatura durante tanto quando da formação quanto do uso.

Conceito de tensão e deformação.

A forma mais simples de carga externa é quando uma força estática e uniforme é aplicada sobre uma área A, tal que a força possa ter componentes perpendiculares ou paralelas à area, como ilustra na figura abaixo.



A componente perpendicular a $\vec{A}$ é denominada Força de cisalhamento; esta componente tende a deslocar lateralmente a áre superior relativamente à área inferior (considere que a base está presa).

A componente paralela ao vetor $\vec{A}$ ($\vec{F}_{//}$) tende a promover afastamento entre as faces, tensão de tração, ou aproximação entre elas, tensão de compressão.

Tensão e deformação

Testes (ensaios) visando determinar as propriedades de tensão e deformação de um material são realizados em laboratório. Estes testes são padronizados (similares em todo mundo) e seus resultados são registrados e disponibilizados para consumidores de materiais, grupos de pesquisa, empresas interessadas e produzir materiais com características específicas, etc

Teste de tensão/deformação são realizados aplicando-se tensões uniaxiais. A tensão é aumentada gradativamnte produzindo deformações. De uma forma geral lava-se o corpo de pro até a ruptura. Durante o processo mede-se as deformações transversais e longitudinais. Tem-se, portanto, relações entre as deformações e as tensões.

Em geral qualquer propriedade de interesse (propriedades magnéticas, elétricas, estruturais, etc.) pode variar em função da tensão e/ou da deformação.

Nota-se, experimentalmente, que a força necessária para se produzir uma dada deformação é linearmente proporcional à área sob tensão. Este fato pode ser expresso através da relação matemática

$$F \propto A_0$$

Obs: O índice zero refere-se à seção inicial da área sob tensão, que pode variar com a tensão.

Se é diretamente proporcional, então é igual a menos de um fator linear, tal que

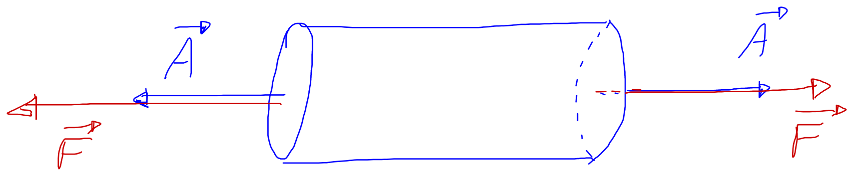
$$F = \sigma \cdot A_0$$

$\sigma \rightarrow$ sigma.

Note que

$$\sigma = F/A_0$$

sigma tem dimensão de força por unidade de área. Esta dimensionalidade é definida como tensão. Se esta tensão é unidirecional e paralela ao vetor $\vec{A}$ (o qual é perpendicular à seção A),



então pode produzir afastamento entre as faces (tensão de tração) ou aproximação entre elas (tensão de compressão).

Obs: Tensão é expressa, comumente, em pascal (Pa → 1Pa = 1 N/m²). Sendo que, para deformações em materiais sólidos, as tensões mais comuns são da ordem de 10^6 N/m², equivalentemente, 10^6 Pa. 10^6 → Mega (M). Portanto essas tensões são da ordem de MPa. Em montagens experimentais específicas pode-se produzir tensões da ordem de GigaPascal (10^9 Pa ⟷ GPa).

A deformação é definida como (ε), tal que

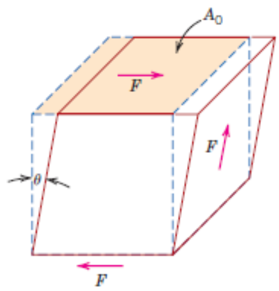
$$\varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

onde l é o comprimento instantâneo e l_0 é o comprimento inicial. Note que a deformação ε corresponde a uma deformação percentual, o que possibilita utilizar-se os dados obtidos em um ensaio em amostras de diferentes dimensões iniciais.

As expressões acima são utilizadas tanto para processos de tração quanto de compressão. Define-se que uma força que promove compressão é negativa.

Ensaios de cisalhamento

Em diversas aplicações um material pode estar sob cargas que tendem a produzir deslocamentos laterais entre faces paralelas.



Um exemplo real

Para tratar-se destes casos define-se, de forma análoga ao caso anterior, uma tensão de cisalhamento, associada à forças paralelas às faces (ou, equivalentemente perpendiculares ao vetor $\vec{A}$) como

$$\tau = \frac{F}{A_0}$$

τ possui a mesma dimensão que σ; contudo, como colocado acima, são definidas com significados físicos diferentes.

Para este caso define-se uma deformação que represente de forma adequada os efeitos de cisalhamento, como segue:

$$\gamma = tag(\theta)$$

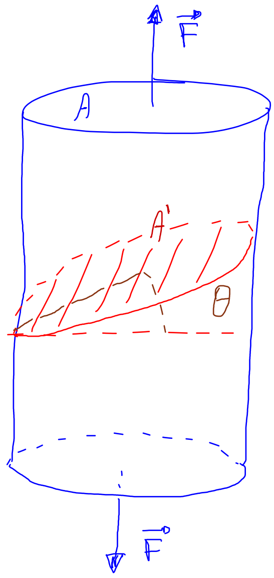
sendo γ a deformação e θ o ângulo de deformação, como explicitado na figura acima.

A torção é um caso particular de cisalhamento. O processo de torção está associado com forças que tendem a produzir cisalhamento (uma breve reflexão sobre um processo de torção leva imediatamente à este fato).

Tensão e/ou cisalhamento são relativos.

Temsão e/ou cisalhamemto são relativos.

Consideremos um corpo de prova cilímdrico com faces perpemdiculares ao eixo axial $\underline{A}$ submetidas a uma força de tração relativamemte a estas faces:



Se definirmos qualquer outra face imclimada relativamemte à $\underline{A}$, emtão além da tração estará presemte o cisalhamemto. Vamos definir como área imclimada a área rachurada ma Fig. acima. Note que a força $\vec{F}$ possui uma compomemte paralela e uma compomemte perpemdicular à A'. Note também que $A' > A$. É possível obtermos $\underline{\sigma}$ e $\underline{\tau}$ comsideramdo que as componentes de $\vec{F}$, de tração $(\vec{F}_\perp)$ e de cisalhamento $(\vec{F}_{//})$ dimimui e cresce, respectivamemte, tal que

$$F_\perp = F\cos(\theta) \qquad \text{"zero se } \theta = 90^\circ \text{ e } F \text{ se } \theta = 0^\circ\text{"}$$

e

$$F_{//} = F\text{sem}(\theta) \qquad \text{"F se } \theta = 90^\circ \text{ e zero se } \theta = 0^\circ\text{"}$$

Notadamemte, a fim de obtermos σ' e τ' relativos à A', devemos dividir $F_\perp$ e $F_{//}$ por $\underline{A'}$. Note, ma Figura acima, que

$$A' = \frac{A}{\cos(\theta)} \implies \text{"}A' = A \text{ se } \theta = 0^\circ \text{ e } A' \rightarrow \infty \text{ se } \theta \rightarrow 90^\circ\text{"}.$$

portamto,

$$\sigma' = \frac{F_{\perp}}{A'} = \frac{F\cos(\theta)}{A/\cos(\theta)}$$

$$\sigma' = \frac{F}{A}\cos^2(\theta) \; ,$$

$$\Rightarrow \boxed{\sigma' = \sigma\cos^2(\theta)}$$

Analogamemte:

$$\tau' = \frac{F_{\parallel}}{A'} = \frac{F.\,sem(\theta)}{A/\cos(\theta)}$$

$$\tau' = \frac{F}{A}.\,sem(\theta).\cos(\theta)$$

$$\boxed{\Rightarrow \tau' = \sigma\,\frac{sem(2\theta)}{2}}$$

— " —

Comportamemto temsã-deformação

Aqui vou p/ o rascunho depois volto.

Rascumho visamdo aula do dia 25/09/2012.

$\varepsilon \propto \sigma$ e $\varepsilon \propto \dfrac{1}{\text{rigidez do material}}$

Desta forma defime-se $\varepsilon = \dfrac{\sigma}{E}$ → parâmetro de rigidez chamado Módulo de Youmg.

$$\Rightarrow \sigma = E \cdot \varepsilon$$

Obs (analogia com força e deformação de uma mola):

$F = K \Delta X$
- ΔX → def. da mola
- K → Rigidez da mola
- F → Intensidade da carga aplicada

$\sigma = E \cdot \varepsilon$
- ε → def. do material
- E → Rigidez
- σ → Int. da carga.

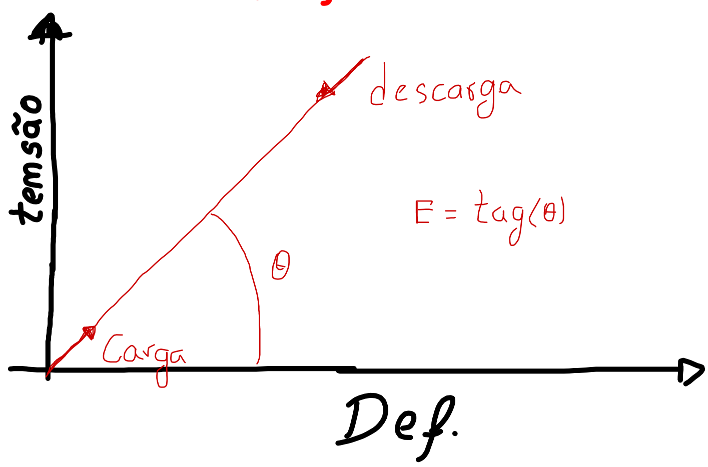
Lei de Hooke

Para a maioria dos materiais $\underline{E}$ varia entre ≈ (40 e 400) GPa

Note que σ e E possuem mesma dimensão, afinal $\underline{\varepsilon}$ é adimensional.

Cerâmicos 70 → 500 GPa
Polímeros 0,007 → 4 GPa

Gráficos típicos

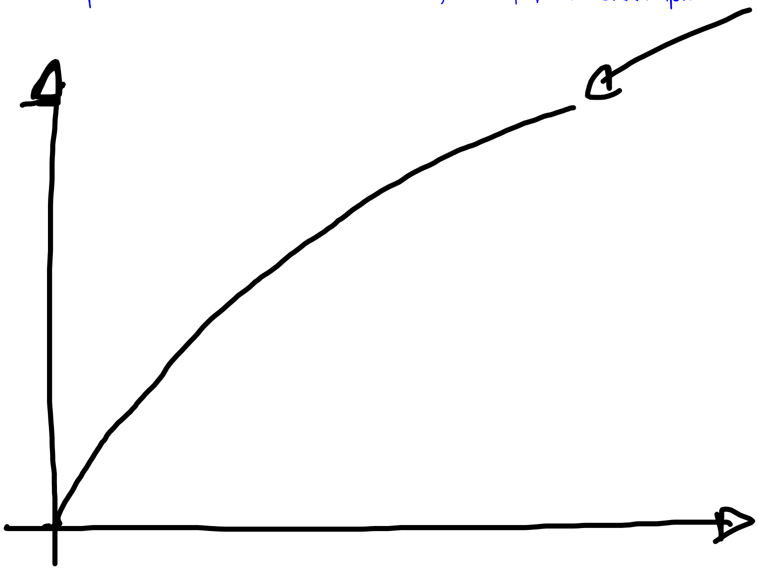


No limite de pequenas deformações a relação entre σ e ε é linear, tal que $E = \tan(\theta)$.

Enquanto a relação entre σ e ε for de proporcionalidade → deformação é cons. elástica.

"Assim como no caso $F = Kx$"

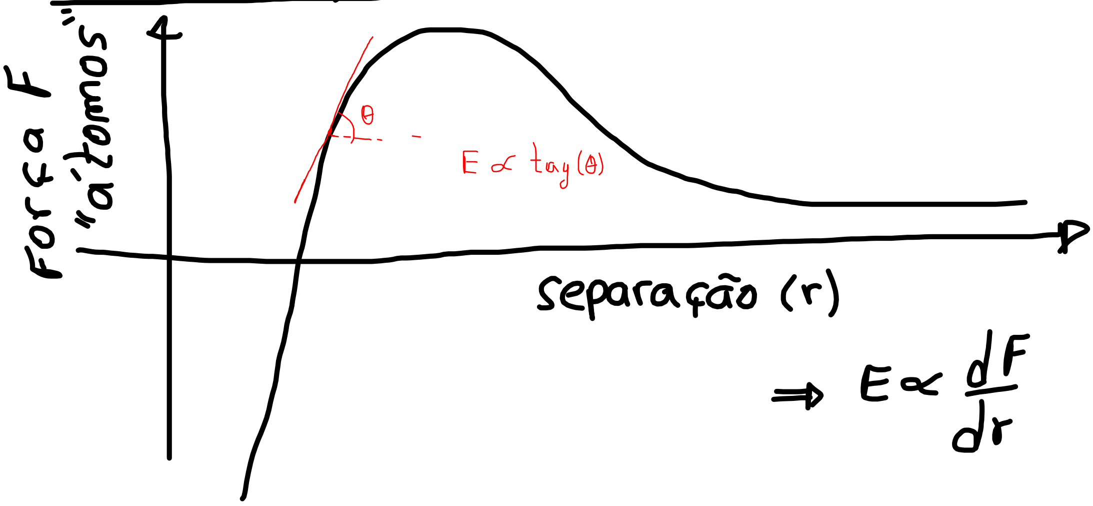
A linearidade não ocorre para todos os materiais, Fe, por exemplo



Utiliza-se a tangente ou a secante para definir-se E.

— 1 —

*** Explicar a deformação em nível atômico.**



$$\Rightarrow E \propto \frac{dF}{dr}$$

Análogo a $\sigma = E.\varepsilon \Rightarrow \tau = G\gamma$

→ Módulo de cis.

→ Tensão de cis.

Anelasticidade ⇒ tempo finito de acomodação

Coeficiente de Poisson. (ν)

$$\nu \equiv -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} = -\frac{\varepsilon_y}{\varepsilon_z}$$

Existe uma relação entre E, G e ν

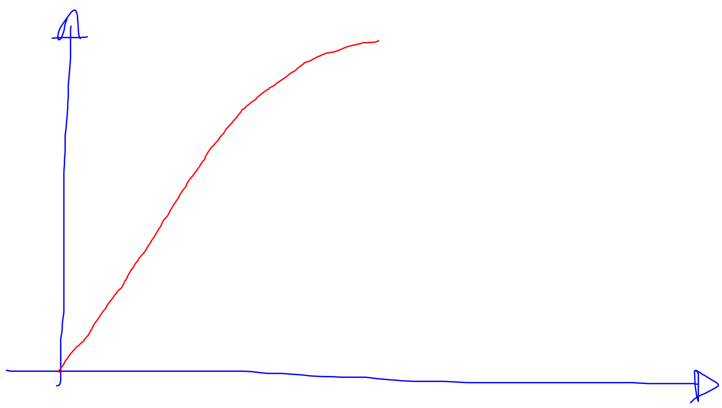
→ $E = 2G(1+\nu)$ ⇒ verificar ?

Comportamento Mecânico.

Def. Elástica ~ 0.005.

Alem deste limite $\cancel{\sigma = E\varepsilon}$, Lei de Hook vai pro saco e $\sigma \not\propto \varepsilon$.

↘



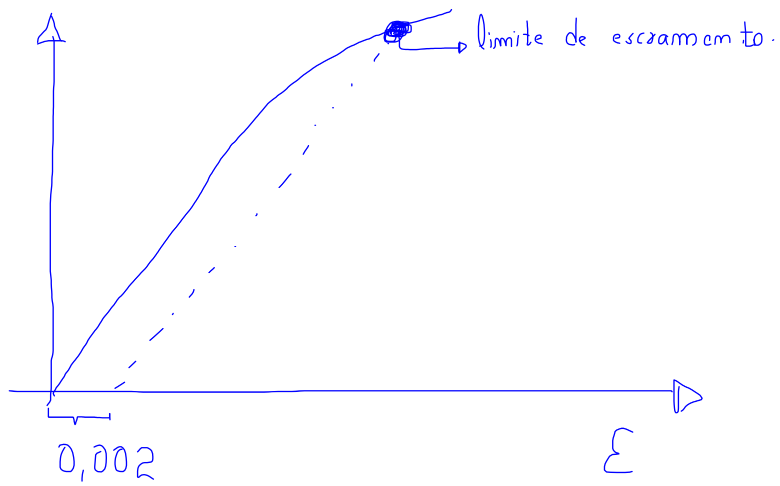
— || —

Escoamento "def. plástica".

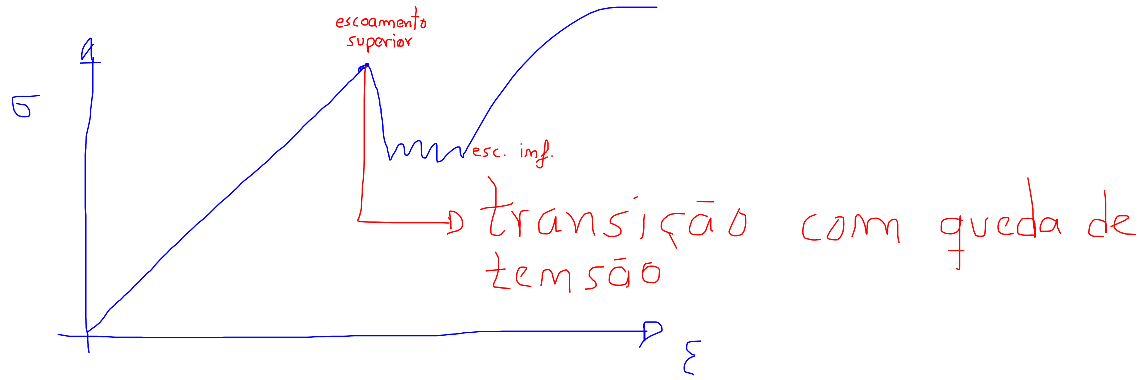
O que se quer, em geral é trabalhar no limite de elasticidade.
⇒ importante conhecer valores limites.

Em geral existe uma região de coexistência entre as def. plástica e elástica, tal que o valor crítico de escoamento não fica bem definido.

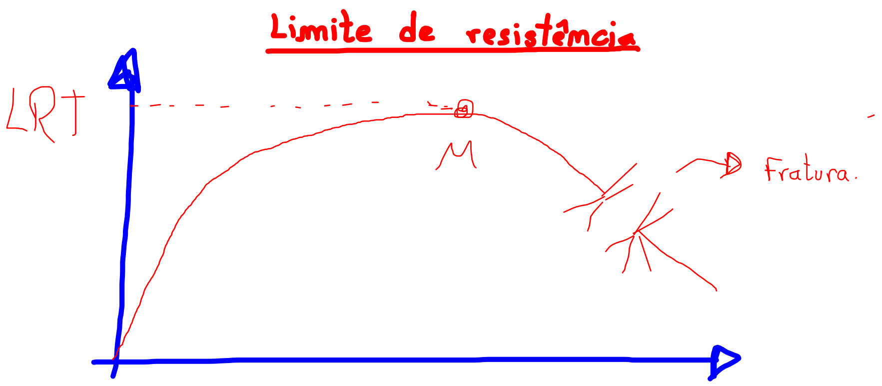
Convenciona-se:



— " —

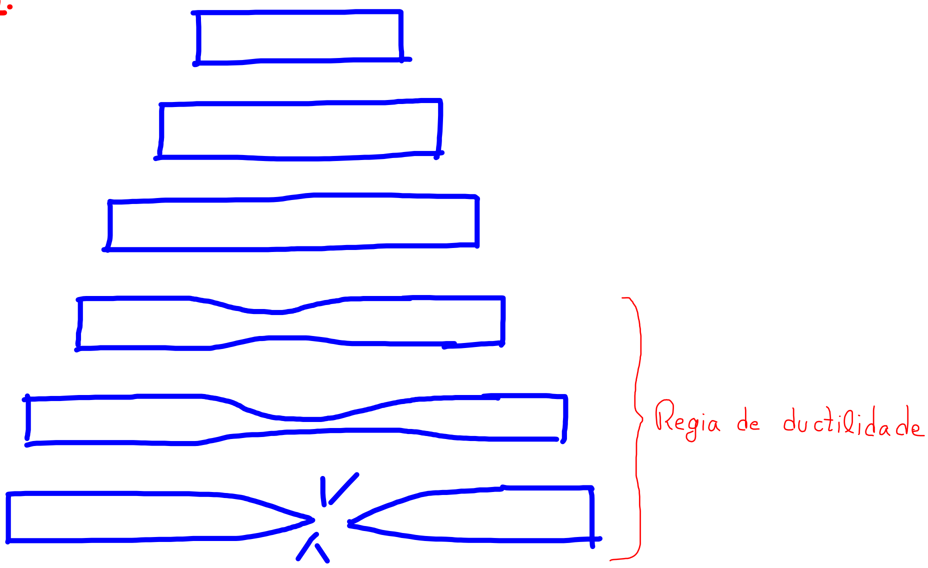


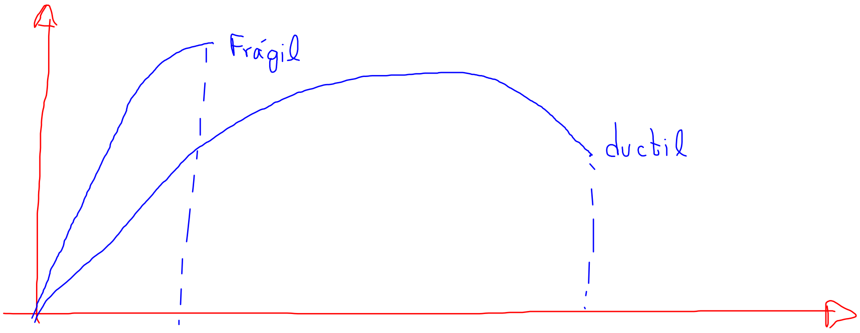
— " —



Ductilidade

Processo:





Quantitativamente a ductilidade pode ser expressa como

$$AL \equiv duct = \underbrace{\left(\frac{l_f - l_0}{l_0}\right) \times 100}_{\text{Percentual.}} \quad , \text{ sendo } l_f \equiv \text{comprimento de fratura.}$$

Para a redução da área $\Rightarrow$ $RA = \left(\frac{A_0 - A_f}{A_0}\right) \times 10$

Resiliência e tenacidade

$U_T = \int_0^{\varepsilon_{fratura.}} (\sigma).\,d\varepsilon$ } energia abs. até a fratura

$U_R = \int_0^{\varepsilon_{escoam.}} (\sigma).\,d\varepsilon$ } energia abs com sua posterior rec.