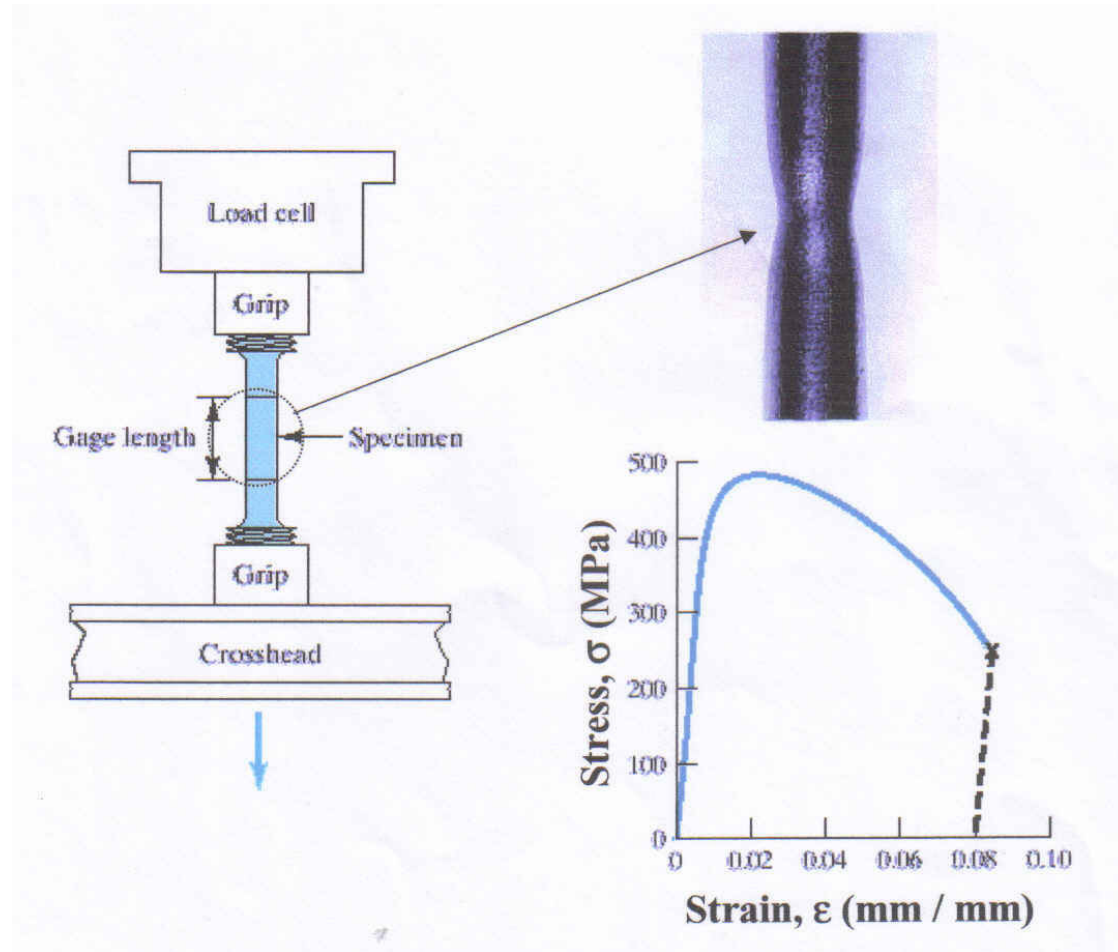


Propriedades mecânicas

Como os metais respondem à solicitações mecânicas externas?

Que tipo de solicitações?

Introdução



Types of Loading - *transparência 2*

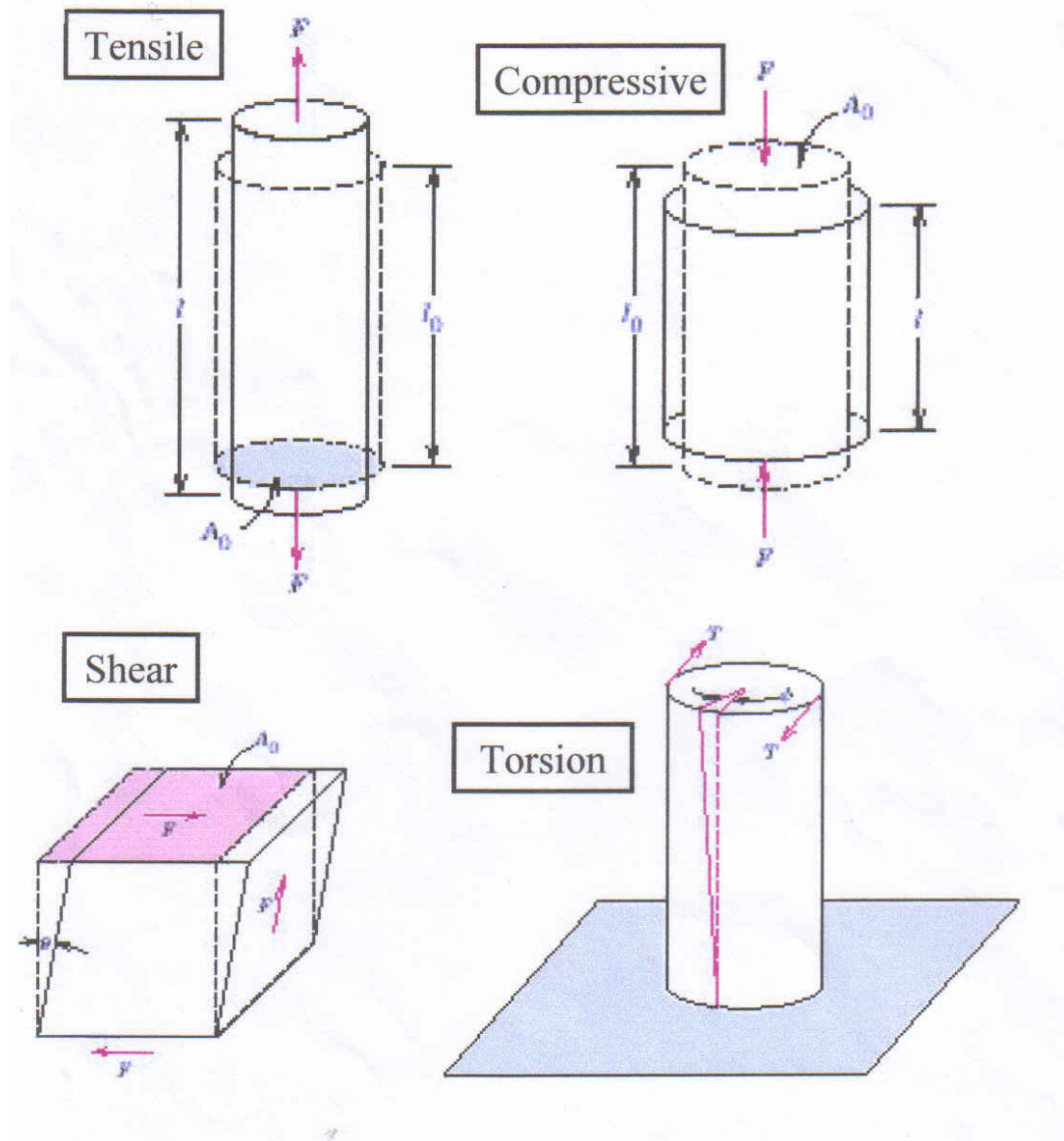
Tensão de engenharia

Relação entre força aplicada e área da secção transversal inicial.

$$\sigma = F / A_0$$

Deformação

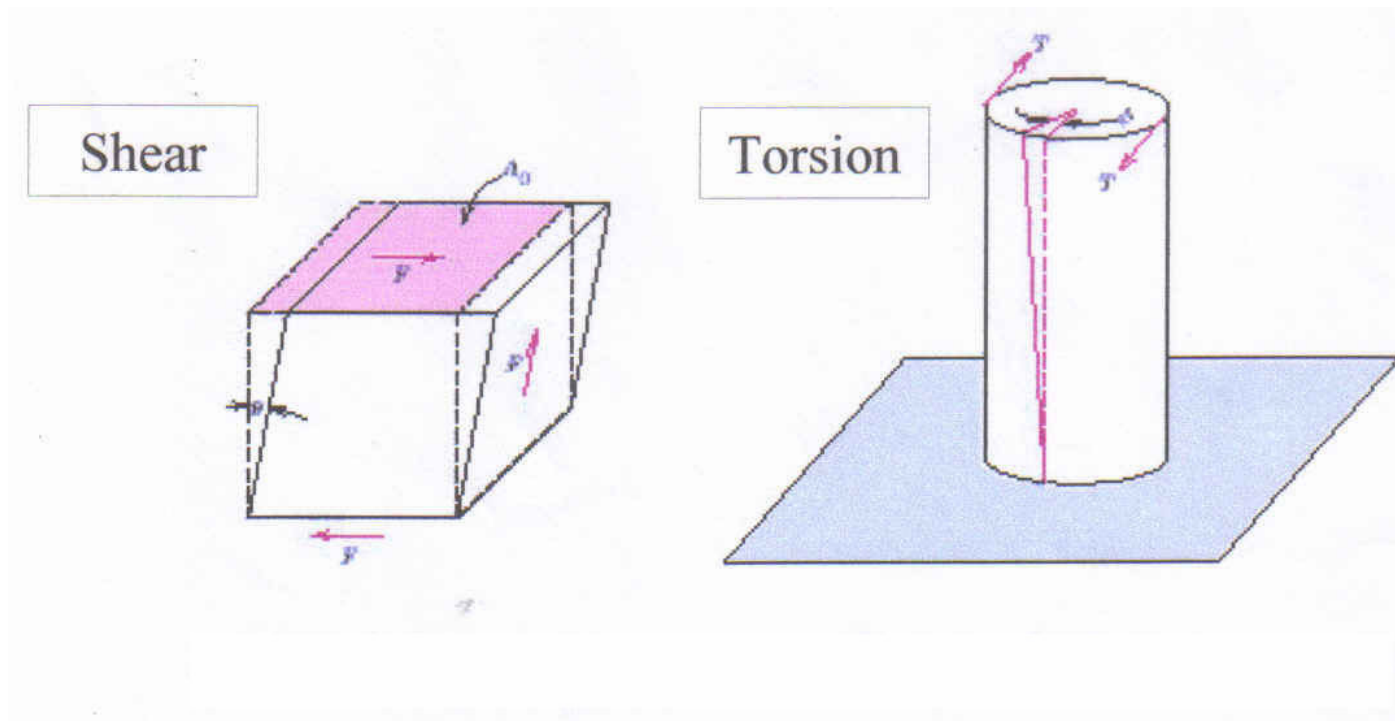
$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$



Cisalhamento

$$\tau = G \cdot \gamma,$$

onde G é o módulo de cisalhamento.



Conceitos de tensão e deformação

- Tensão de cisalhamento

$$\sigma = F/A_0$$

onde F é a força aplicada paralelamente às faces superior e inferior, cada uma das quais com área A_0 .

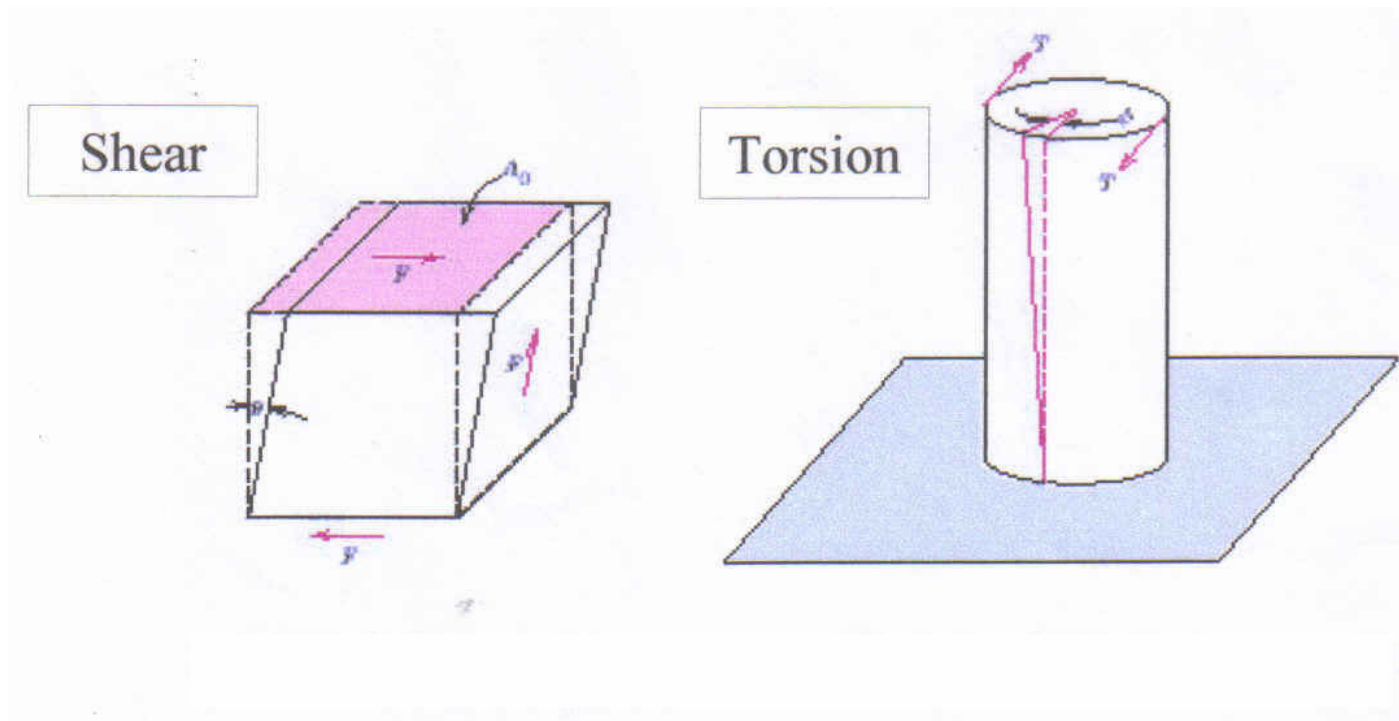
- Deformação de cisalhamento

$$\gamma = \text{tg}\theta \text{ (.100\%)},$$

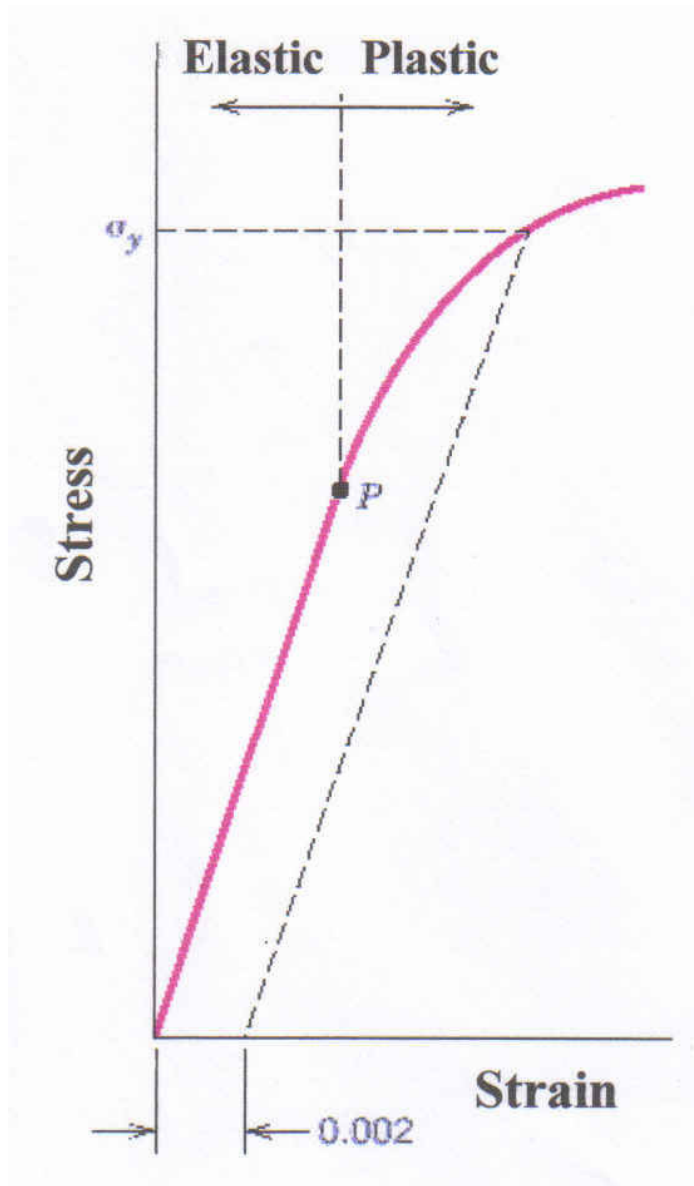
onde θ é o ângulo de cisalhamento.

Torção

- A torção é uma variação do cisalhamento puro. A tensão de cisalhamento, nesse caso, é função do torque aplicado e a deformação está relacionada com o ângulo rotacional.



Tensão-Deformação



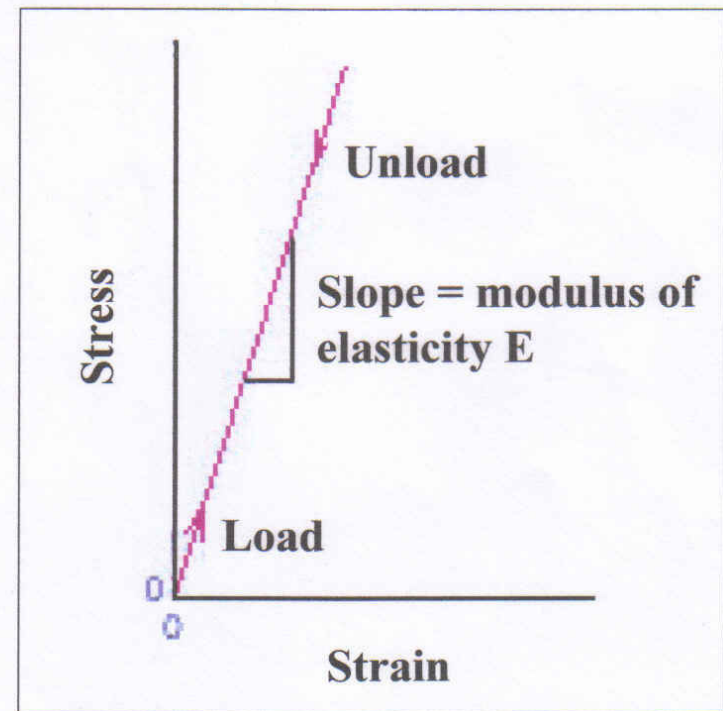
- Deformação elástica
É reversível: quando a carga é retirada, o material retorna às suas dimensões originais. Normalmente, as deformações são pequenas.
- Deformação plástica
- É irreversível, ou seja, o material mantém uma deformação residual, permanente, após a retirada da carga aplicada.

Deformação elástica

- Em ensaios de tração, se a deformação é elástica, a relação tensão-deformação é dada pela Lei de Hooke:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon,$$

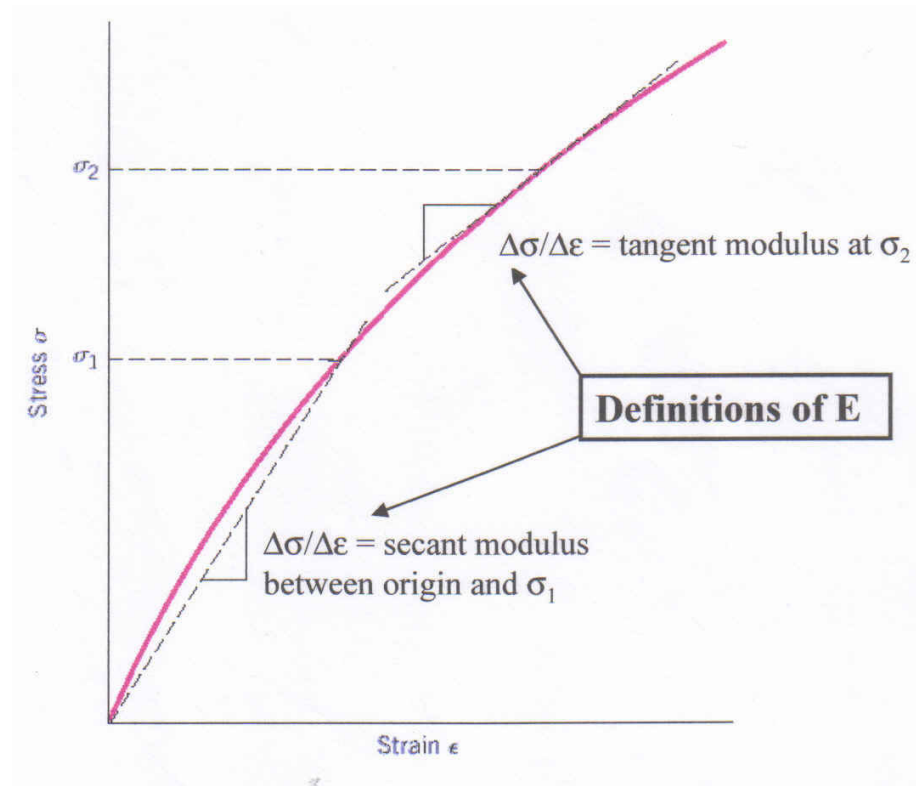
onde E é o módulo de Young ou módulo elástico (N/m^2) ou Pa.

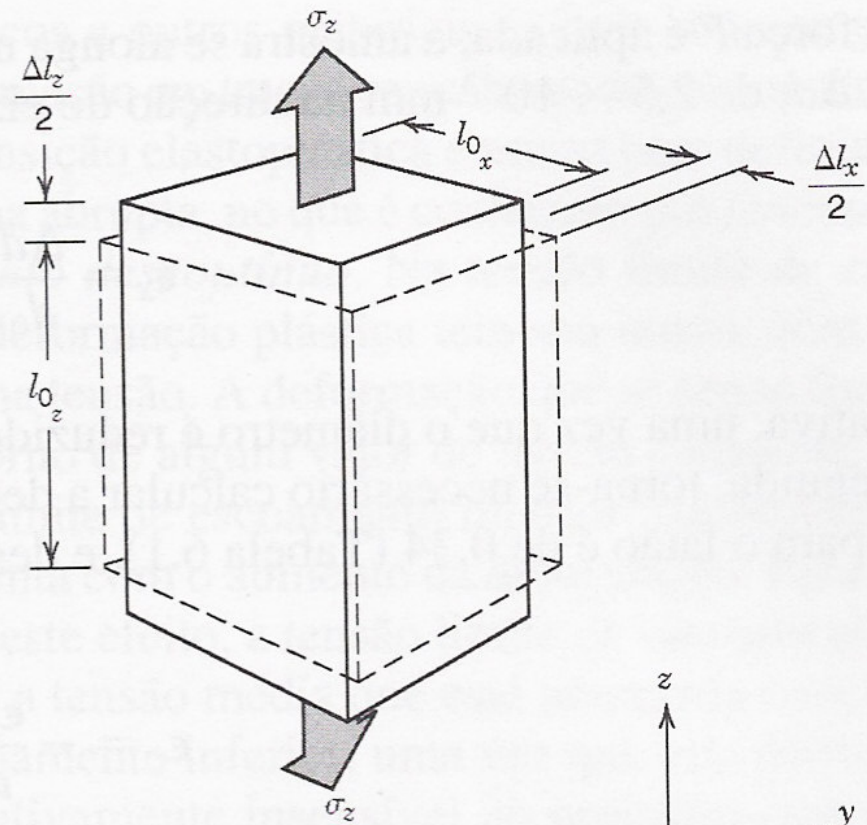


Higher $E \rightarrow$ higher "stiffness"

Deformação elástica: comportamento não-linear

Em alguns materiais, a deformação elástica é não linear, porém reversível.





$$\frac{\epsilon_z}{2} = \frac{\Delta l_z/2}{l_{0z}}$$

$$-\frac{\epsilon_x}{2} = \frac{\Delta l_x/2}{l_{0x}}$$

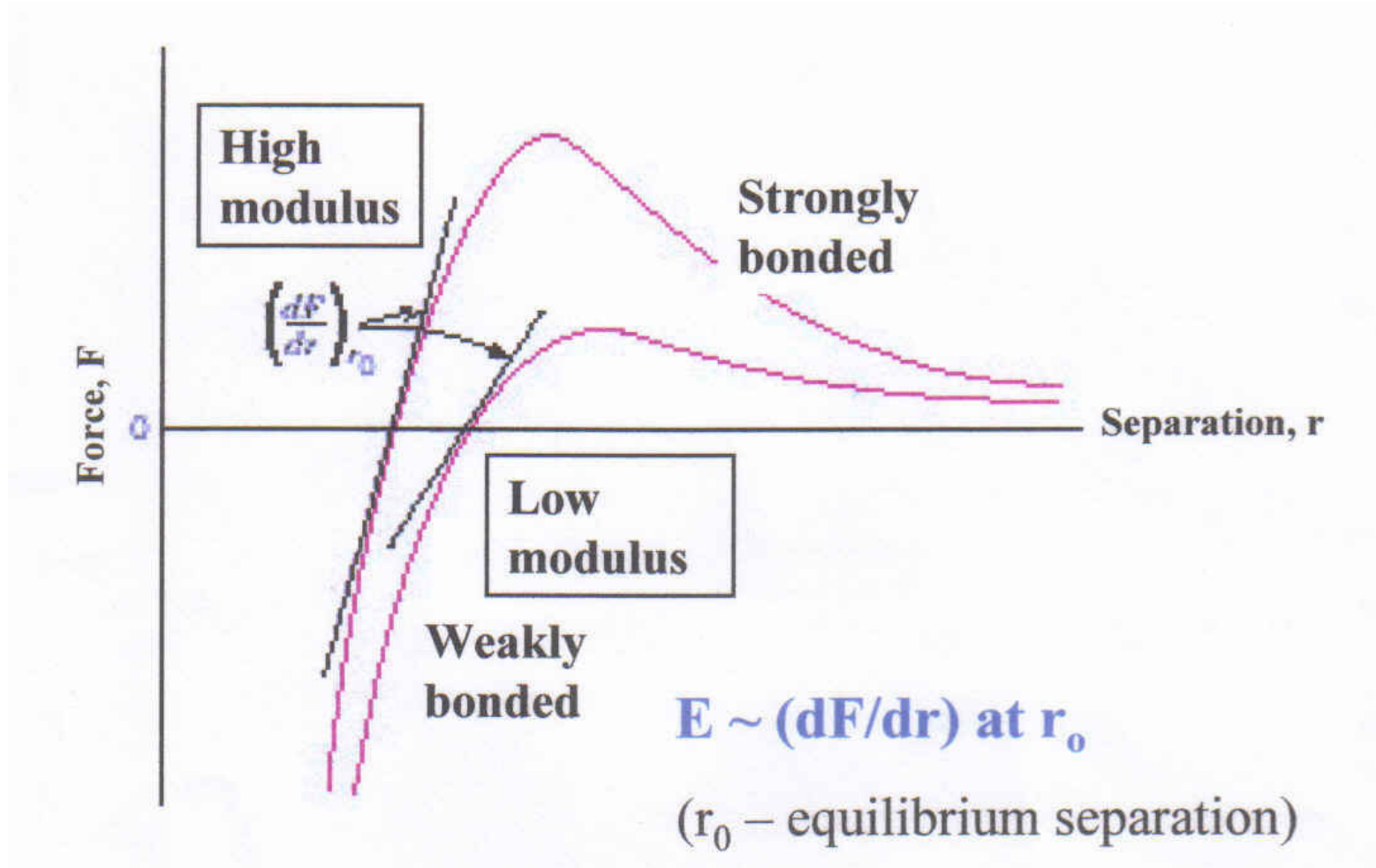
Coeficiente de Poisson

$$\nu = - \epsilon_x / \epsilon_z$$

$$E = 2G(1 + \nu)$$

.Conceito de anelasticidade
Conceito de isotropia e materiais
policristalinos

Deformação elástica X curva de separação interatômica



Deformação Plástica

- Limite de proporcionalidade
- Tensão Limite de escoamento
- Limite de resistência a tração

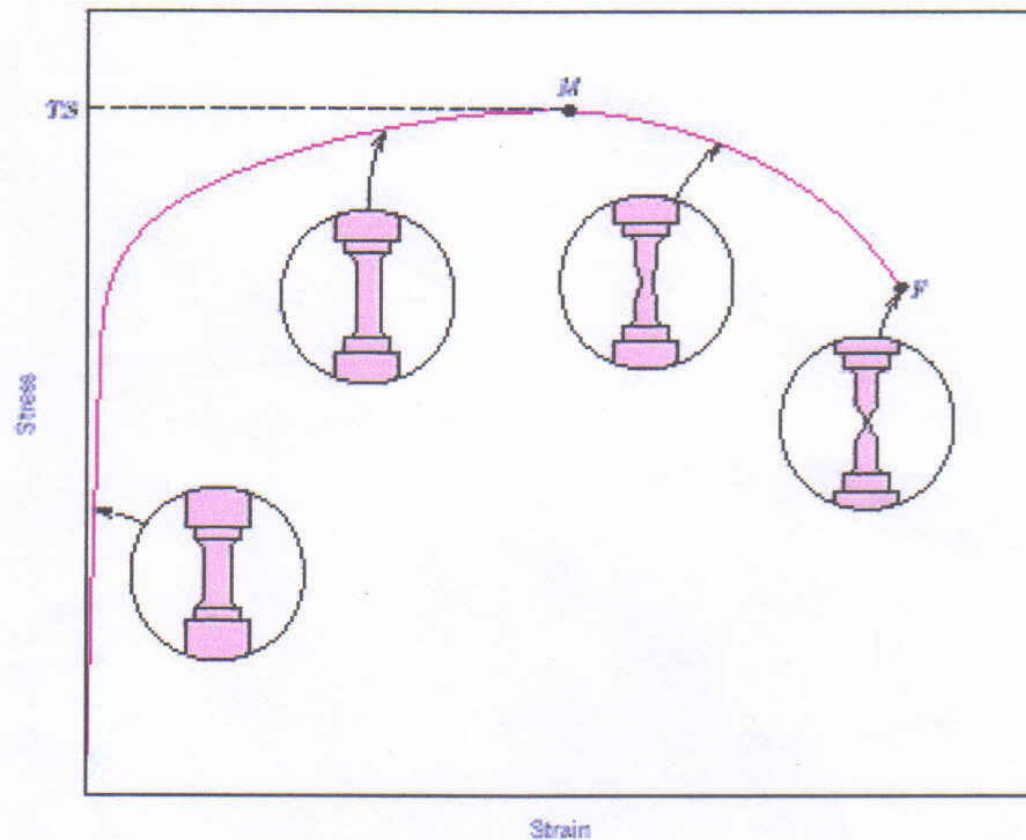


Dutilidade, resiliência e tenacidade

Deformação plástica

- A deformação ocorre pela quebra e re-arranjo de ligações atômicas (em materiais metálicos, pelo movimento de discordâncias)

Stress-Strain Behavior: Plastic deformation

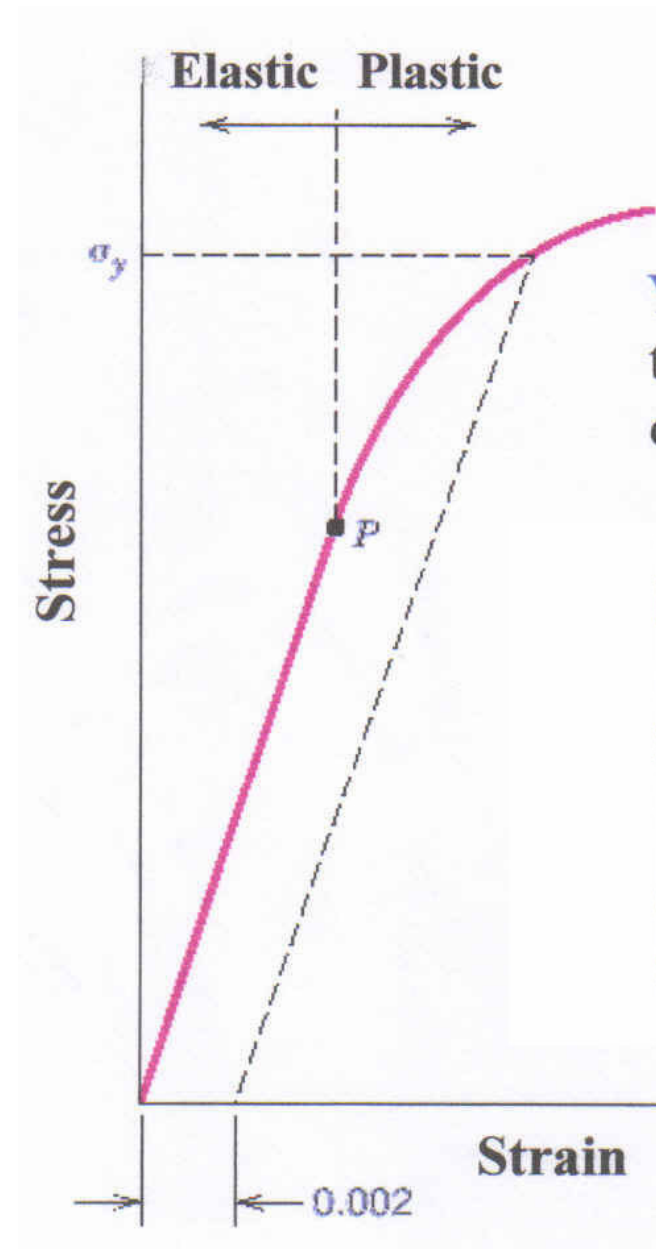


Escoamento

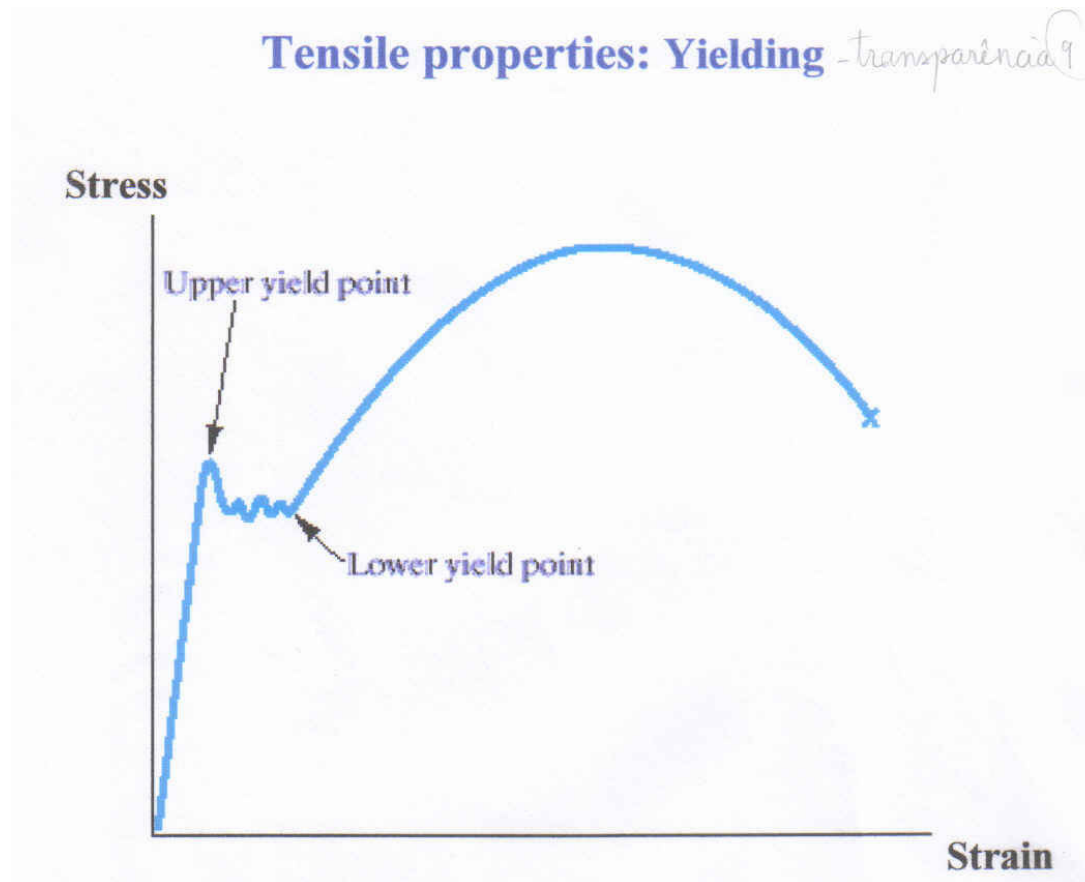
Tensão de escoamento σ :
tensão que causa uma
deformação permanente
equivalente a 0,002.

Ponto de escoamento: a
deformação ponto onde a
relação tensão-
deformação deixa de ser
linear.

A tensão de escoamento é
uma medida da
resistência à deformação
plástica.



Ponto de escoamento

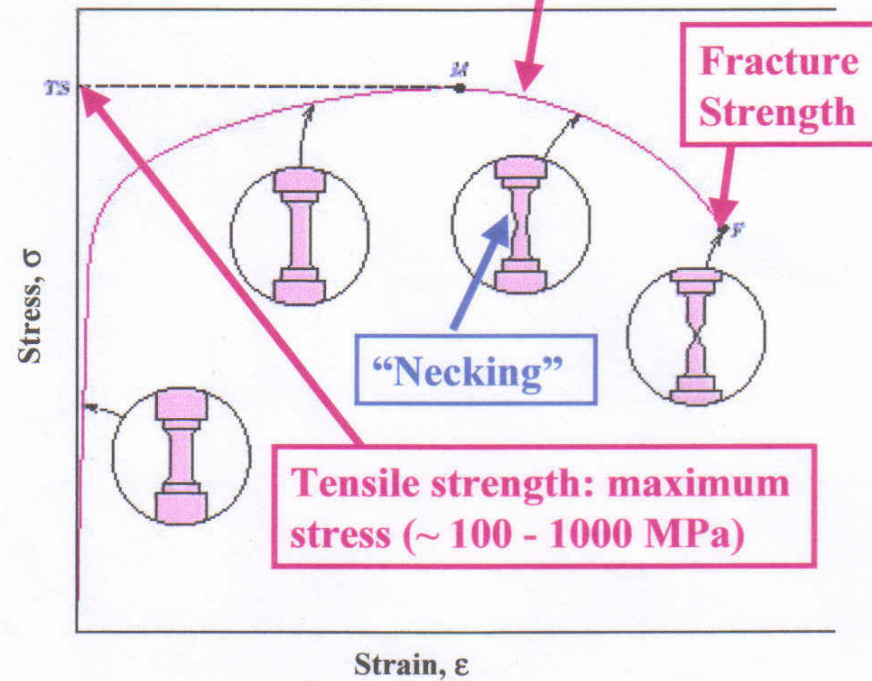


Para um aço baixo-carbono, a tensão de escoamento é definida como sendo a tensão média no ponto de escoamento inferior.

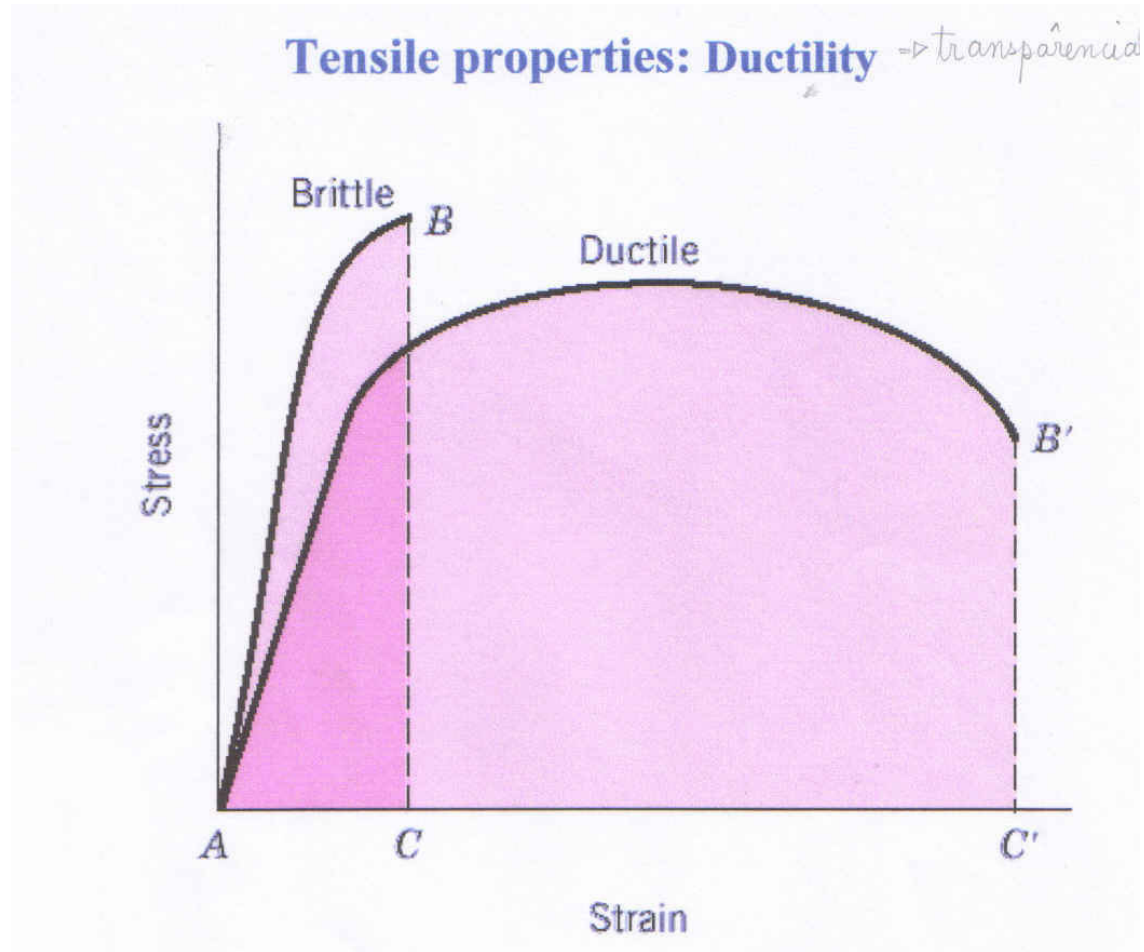
Tensão máxima

Tensile Strength - *Transparência* (10)

If stress = tensile strength is maintained then specimen will eventually break



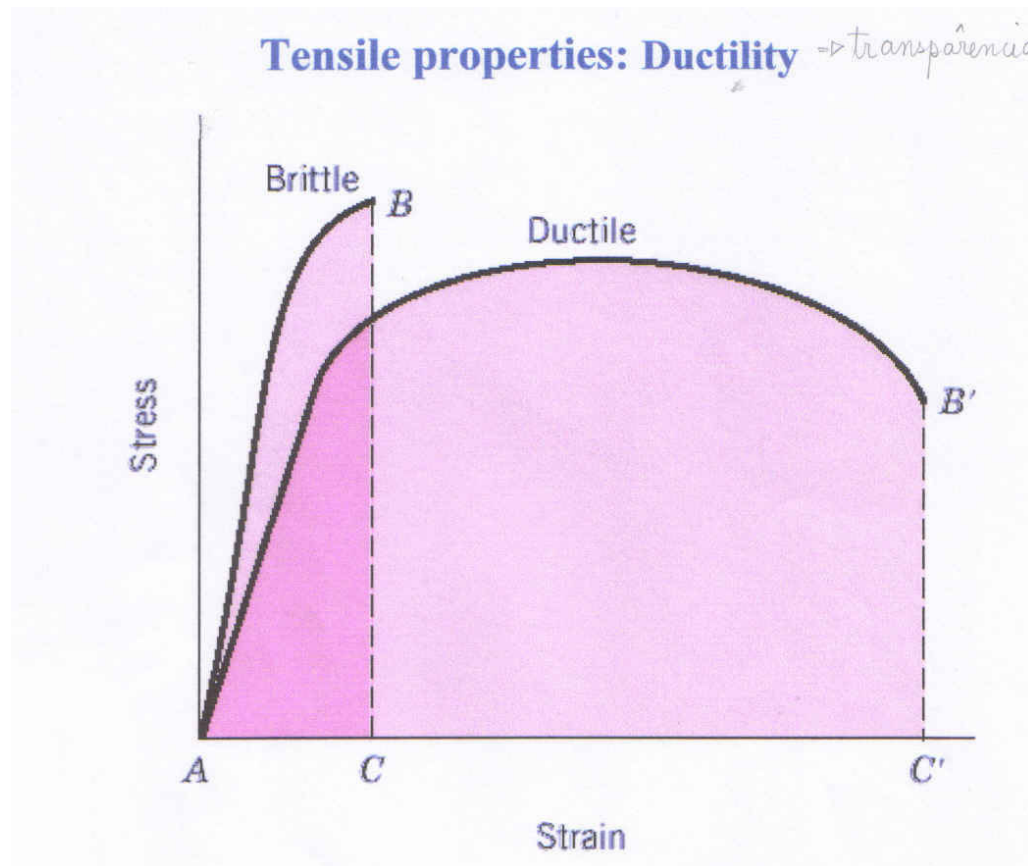
Dutilidade



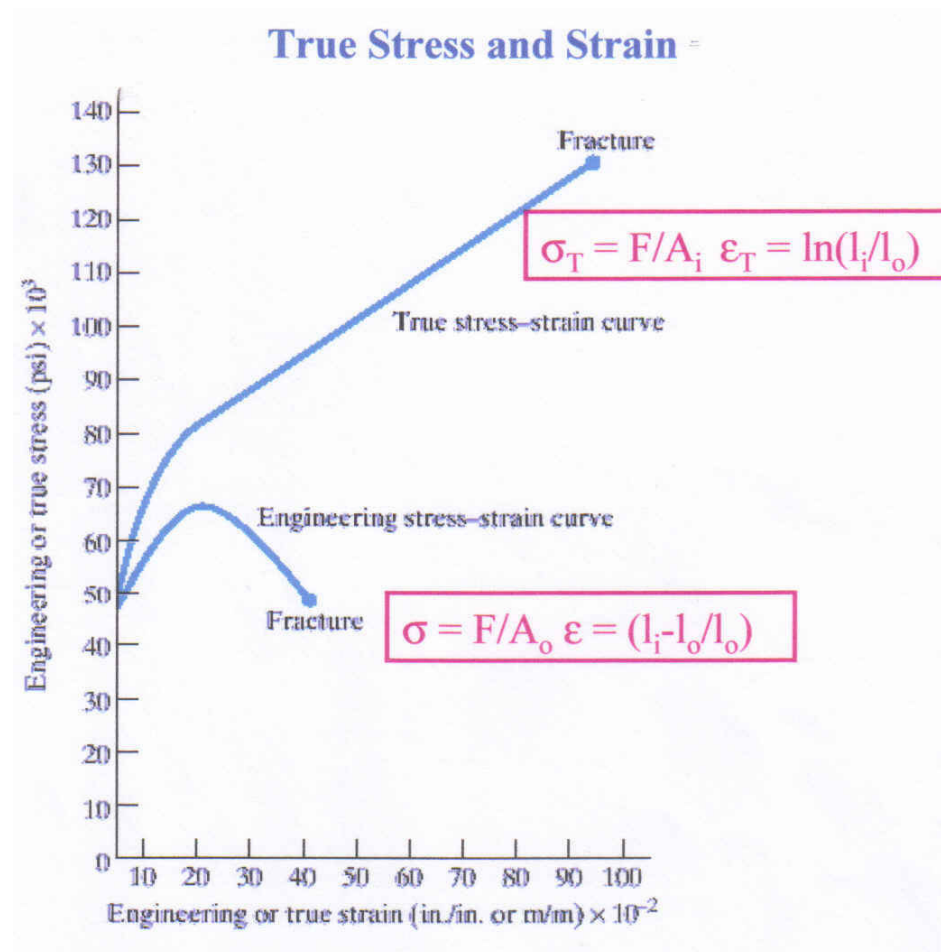
Tenacidade

- Capacidade de absorver energia até a fratura= área total sob a curva tensão-deformação.
- Unidade: energia por unidade de volume.
(J/m³)
- Pode ser medida pelo ensaio de impacto.

Resiliência X Tenacidade



Tensão verdadeira X Deformação



- Se não houver variação de volume durante a deformação:

$$A_i \cdot l_i = A_f \cdot l_f ,$$

$$\sigma_V = \sigma(1 + \varepsilon)$$

$$\varepsilon_V = \ln(1 + \varepsilon)$$

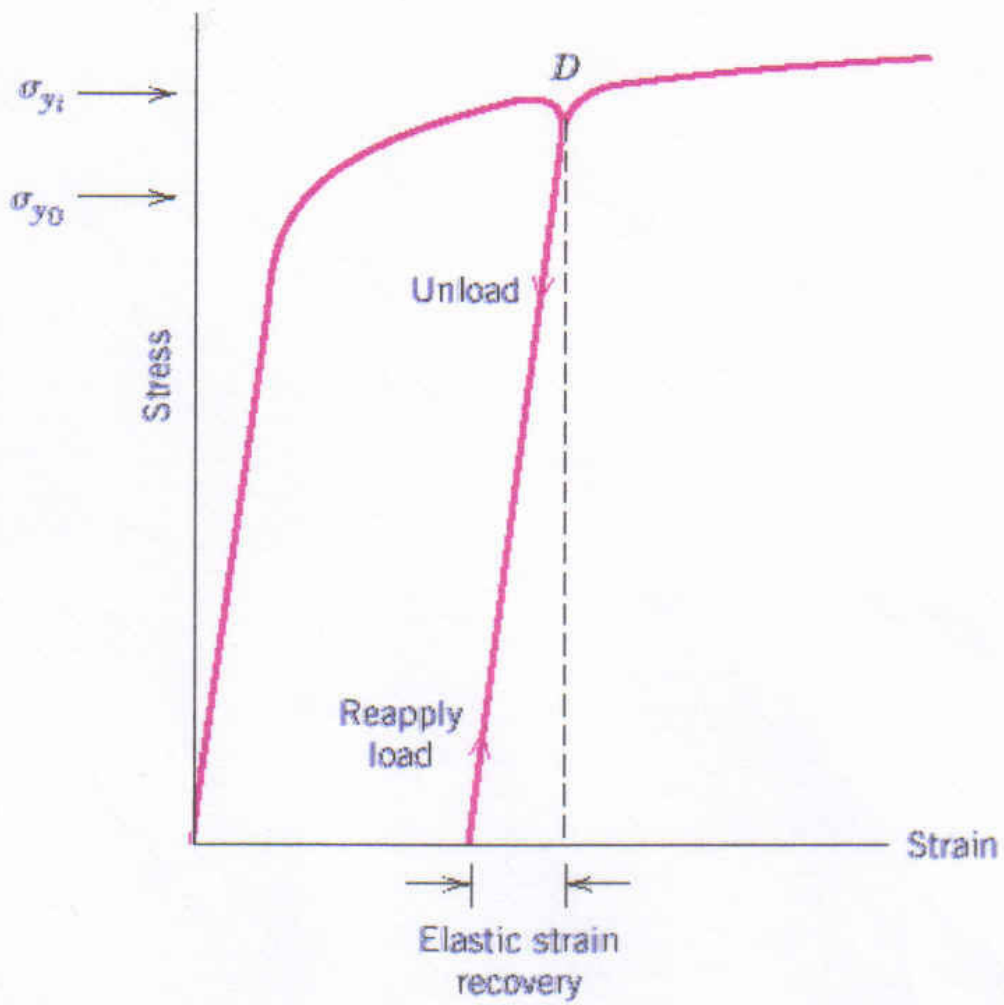
Para alguns metais, tem-se que:

$$\sigma_V = k \cdot \varepsilon^n,$$

onde n é o fator de encruamento.

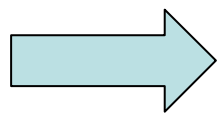
Encruamento: fenômeno em que um metal se torna mais duro e eleva seu valor de limite de resistência a tração quando submetido à deformação plástica.

Elastic Recovery During Plastic Deformation \Rightarrow trans

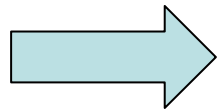


Dureza

- A dureza é uma medida da resistência do material à deformação plástica localizada.



Escala Mohs

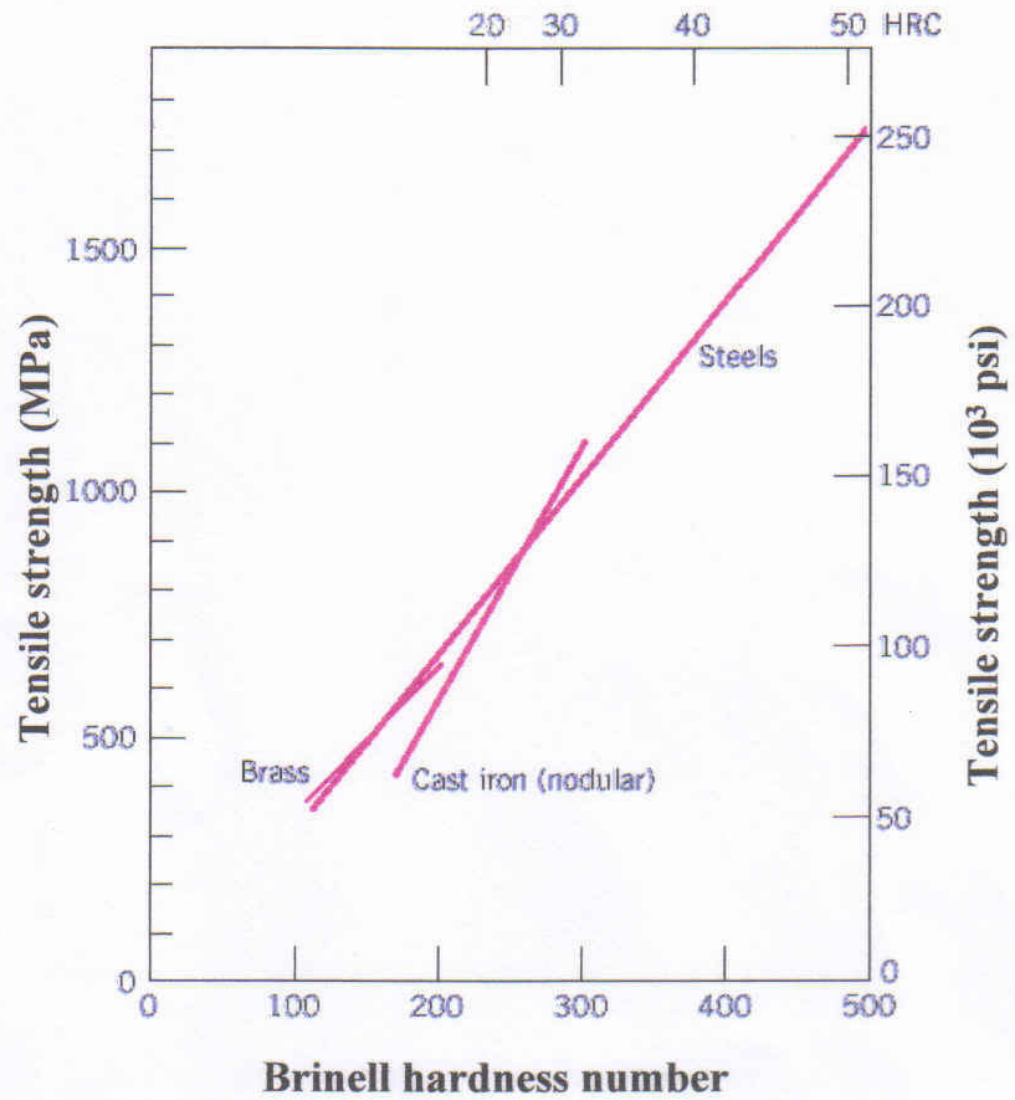


Rockwell, Brinell, Vickers

Os ensaios são comparativos, porém bastante populares, por serem de fácil execução e não-destrutivos.

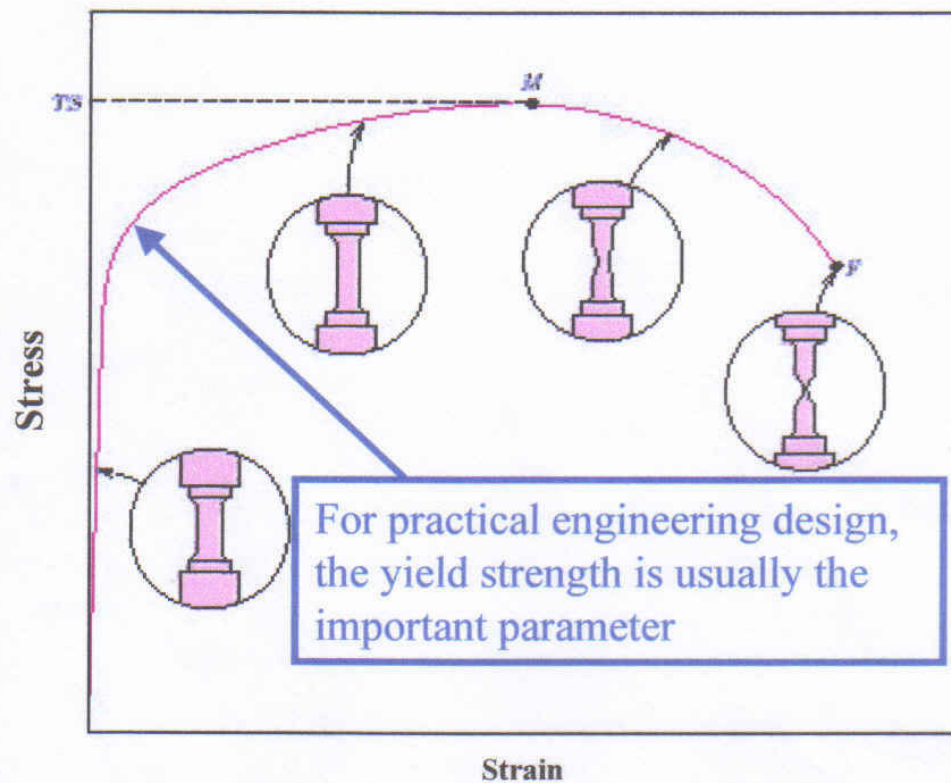


Hardness (II)



Quais os limites para uma deformação “segura”?

What are the limits of “safe” deformation?



- Tensão de projeto:

$$\sigma_d = N' \sigma_c,$$

onde σ_c é a tensão máxima prevista e N' é o fator de projeto. ($N' > 1$)

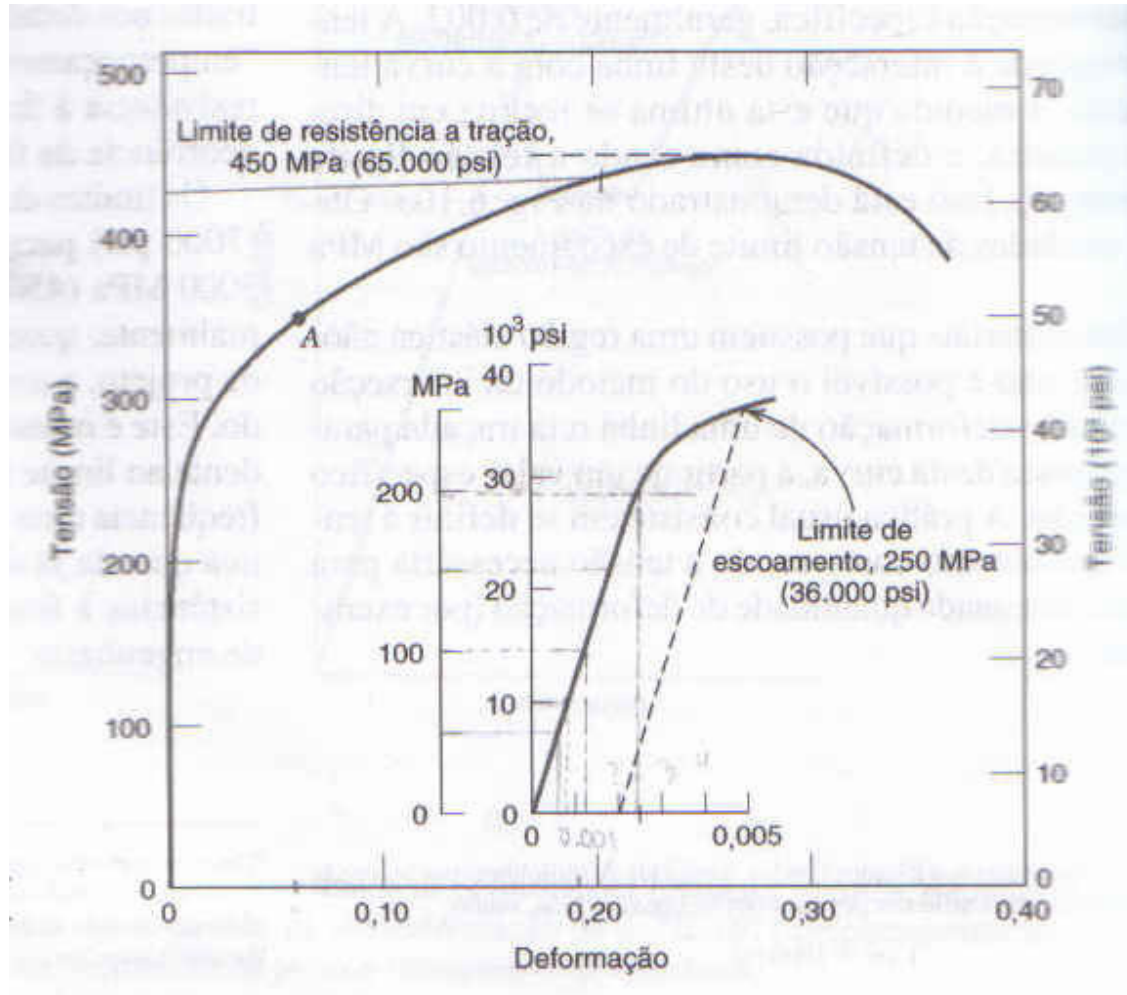
- Tensão de trabalho

$\sigma_d = \sigma_y / N$, onde N é o fator de segurança.

$$N > 1$$

Material	Resistência sob tensão (MPa)
Cerâmica	100 a 1000
Polímero	1 a 70
Metal	100 a 1700

Material	Deformação (%)
Cerâmica	-
Polímero	1 a 1400
Metal	1 a 60



Latão