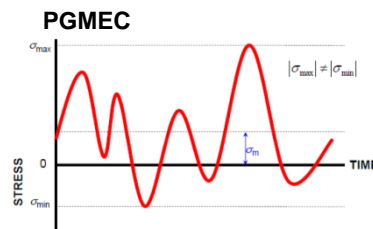


5. FADIGA - GENERALIDADES

Prof. Dr. Julio Almeida

Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica



1

DEFINIÇÃO

Fadiga é o fenômeno presente quando sobre o material atuam cargas que variam ao longo do tempo, ocasionando rupturas com valores inferiores aos limites de escoamento do material.

2

DEFINIÇÃO - ASTM

Segundo a ASTM: “fadiga é o processo de alteração estrutural permanente, progressivo e localizado que ocorre em um material sujeito a tensões e deformações variáveis, em algum ponto (ou pontos) que produzem trincas ou a fratura completa após um número suficiente de flutuações”.

3

PRINCIPAIS TIPOS DE FADIGA

- Fadiga mecânica – tipo de falha geralmente causada por um problema de resistência mecânica do material, defeitos de fabricação, soldas inadequadas ou falhas de projeto.

4

PRINCIPAIS TIPOS DE FADIGA

- **Creep-fadiga** – causada por tensões cíclicas ou térmicas acumulativas que deformam o material lentamente e por um longo período de tempo até que a deformidade se torne tão severa que a peça não possa funcionar como esperado.

5

PRINCIPAIS TIPOS DE FADIGA

- **Fadiga termomecânica** – resultado combinado de fadigas mecânicas, fluência e corrosão. Como temperaturas extremas causam fluência e fatores ambientais relacionados (umidade, por exemplo) criam corrosão, os materiais se tornam mais propensos a danos e fissuras devido ao carregamento cíclico.

6

PRINCIPAIS TIPOS DE FADIGA

- Fadiga de corrosão – à medida que a oxidação, decorrente da corrosão, ocorre e altera as propriedades do material original, o mesmo se torna mais suscetível a rachaduras causadas por tensões cíclicas.

7

PRINCIPAIS TIPOS DE FADIGA

- *Fretting*-fadiga - exclusivo para aplicações em que o contato ocorre entre superfícies distintas. A fricção refere-se ao desgaste que ocorre em uma ou ambas as superfícies após o contato cíclico repetido.

8

EXEMPLOS DE FALHAS POR FADIGA



mmd.sdsmt.edu

Failure of crankshaft journal



© Materials Engineering

9

EXEMPLOS DE FALHAS POR FADIGA



www.capcis.co.uk

Fatigue failure of a bolt



10

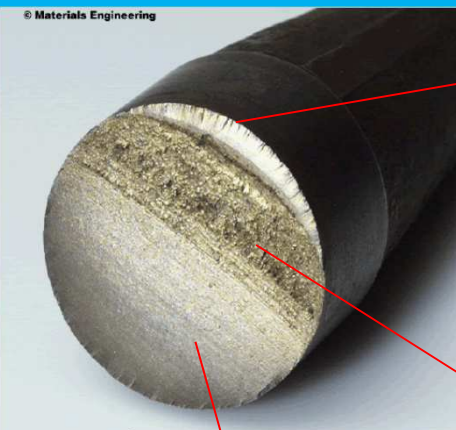
EXEMPLOS DE FALHAS POR FADIGA



11

REGIÕES ORIUNDAS DA FADIGA

© Materials Engineering



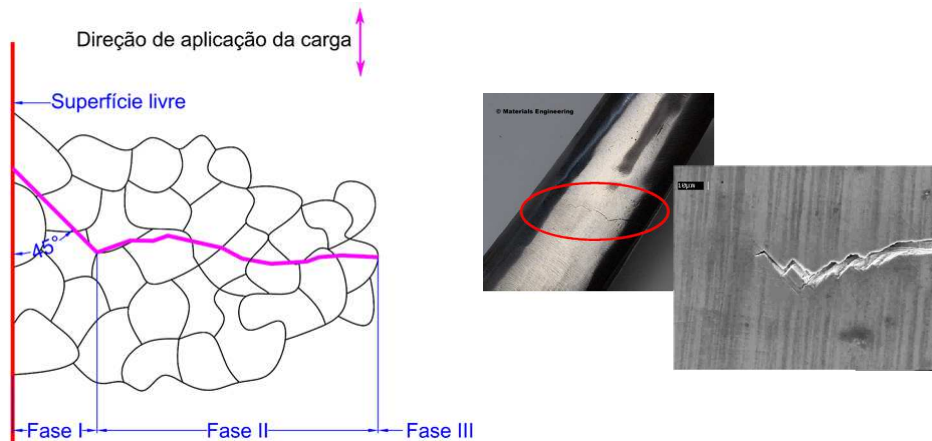
provável ponto de nucleação da trinca

linhas de repouso (praia)

região de ruptura final

12

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA



13

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA

a) iniciação ou nucleação da trinca (fase I) – estágio de pequena duração (cerca de 10% da vida total do componente) que tem início na superfície do componente ou, por vezes, na parte interna do mesmo. Nessa etapa a trinca propaga-se na direção em que a tensão de cisalhamento é máxima (ângulo aproximado de 45° em relação à direção do carregamento).

14

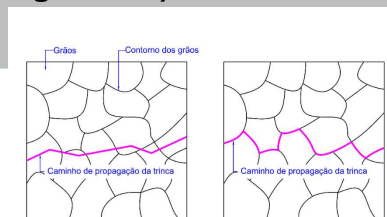
ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA

a) iniciação ou nucleação da trinca (fase I) – ao se atingir uma determinada dimensão (ordem de alguns poucos diâmetros de grãos), a trinca muda de direção e passa a ser propagar de forma macroscópica e de maneira descontínua em uma direção perpendicular à tensão normal máxima.

15

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA

b) propagação da trinca (fase II) – estágio que contempla a quase totalidade da vida do componente considerado. A propagação da trinca nessa fase ocorre ao longo de direções de tensão de tração, podendo ocorrer através dos grãos cristalinos (transgranular) como também de forma intergranular.



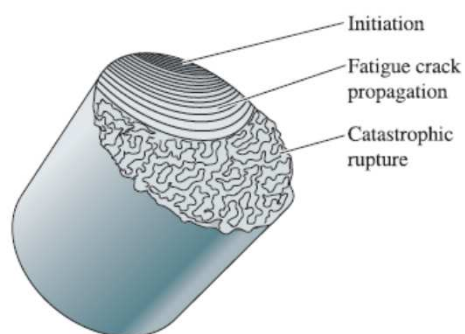
16

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA

c) instabilidade estrutural e falha catastrófica (fase III) – finalmente atingido um valor crítico do comprimento da trinca, dá-se a ruptura instável (de aparência frágil) e repentina do componente, numa condição de tensão normalmente inferior à própria tensão de escoamento do material.

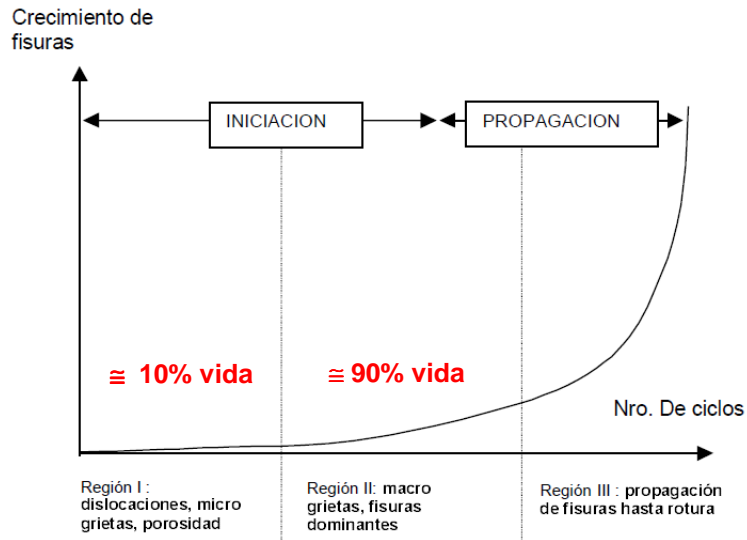
17

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA

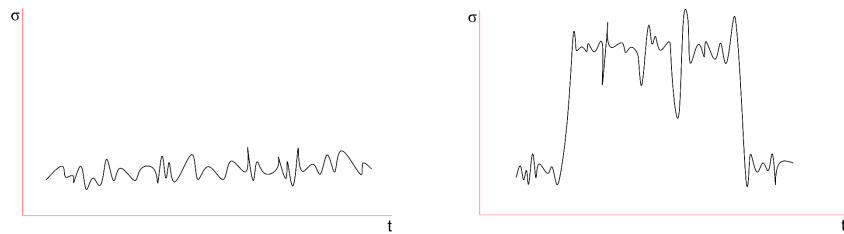


18

ESTÁGIOS OU ETAPAS DA FADIGA



TENSÕES CÍCLICAS

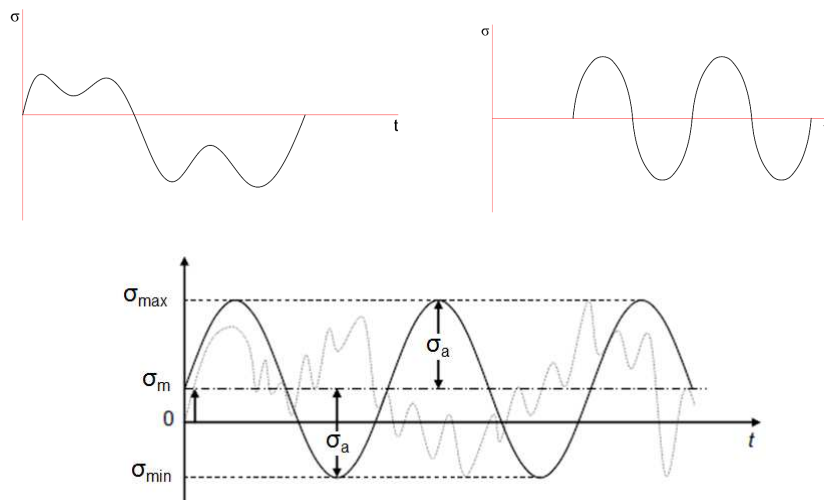


TENSÕES CÍCLICAS

- ciclos de tensão reais são muito mais complexos e imprevisíveis que a condição idealizada anteriormente;
- dessa forma, as falhas por fadiga são sempre de natureza estatística.

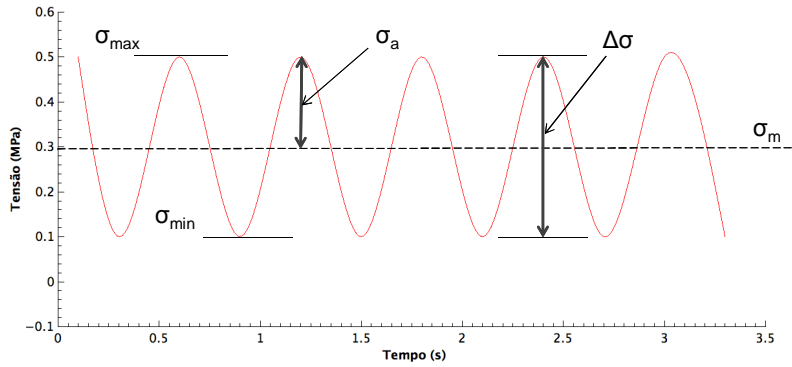
21

TENSÕES CÍCLICAS



22

TENSÕES CÍCLICAS



- Pico de tensão:

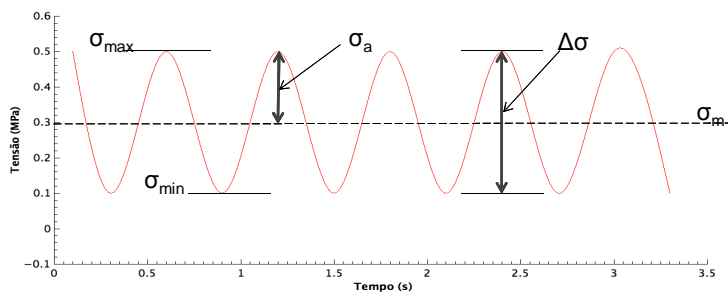
$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min}$$

- Tensão alternada (amplitude):

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

23

TENSÕES CÍCLICAS



- Tensão média:

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

- Razão de tensão:

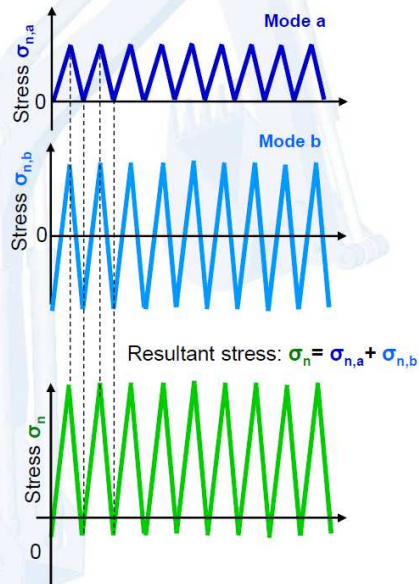
$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$$

- Razão de amplitude:

$$A = \frac{\sigma_a}{\sigma_m} = \frac{1 - R}{1 + R}$$

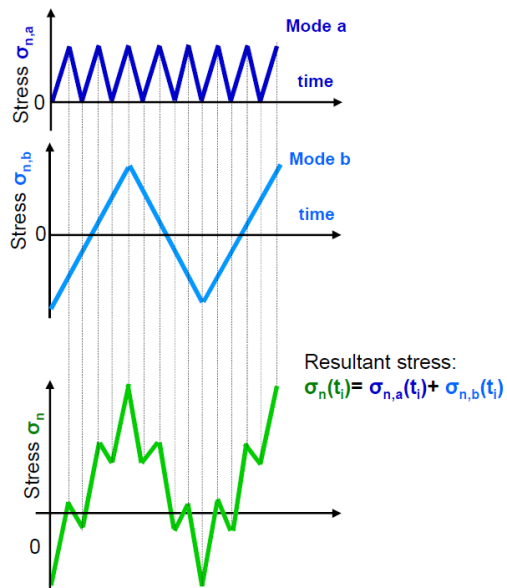
24

TENSÕES CÍCLICAS PROPORCIONAIS



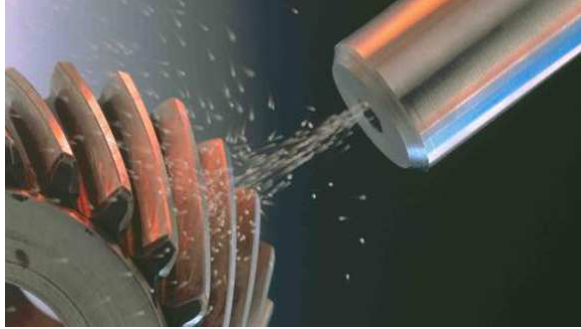
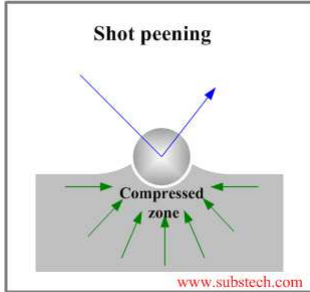
25

TENSÕES CÍCLICAS NÃO-PROPORCIONAIS



26

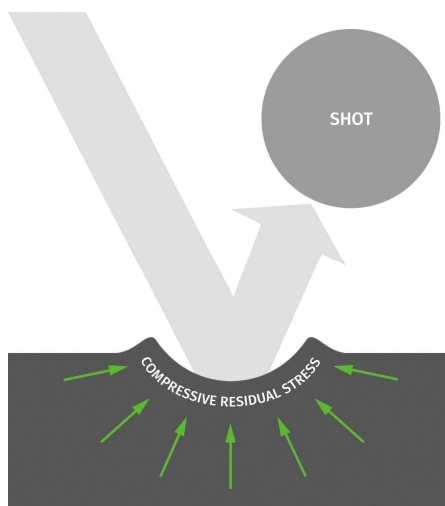
SHOT PEENING



SHOT PEENING

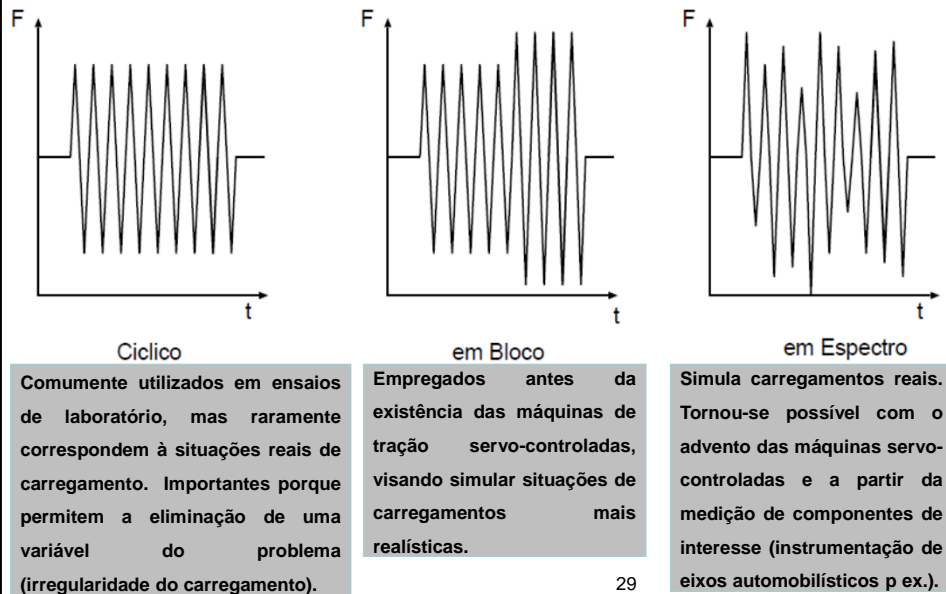
27

SHOT PEENING



28

TIPOS DE CARREGAMENTO



FREQUÊNCIA DO CARREGAMENTO

Parâmetro importante, apesar de estudos demonstrarem que a fadiga de materiais metálicos não é afetada pelo mesmo dado a faixa de frequências usuais em máquinas e equipamentos típicos (1 a 500Hz).

Para polímeros, entretanto, existe uma forte influência da frequência do carregamento devido ao aquecimento adiabático dos corpos de prova, os quais podem falhar por fusão localizada.

BIBLIOGRAFIA DE REFERÊNCIA

- **Rosa, E.**, *Análise de Resistência Mecânica*, UFSC, Departamento de Engenharia Mecânica, Grupo de Análise e Projeto Mecânica, Santa Catarina (2002).
- **Schon, C.G.**, *Mecânica dos Materiais*, USP, Apostila das Disciplinas Mecânica dos Materiais, Mecânica dos Materiais Metálicos e Tópicos Avançados em Fadiga dos Materiais, São Paulo (2009).