

Extensometria

Prof. Dr. Marlio Bonfim

Fevereiro de 2009

Composição do curso:

- 24 horas aula (10 a 13/02; 3 e 4/03)
- Aulas expositivas
- Exercícios em sala
- Aulas práticas
- Avaliação escrita (13/02)

Tópicos abordados:

- 1.Introdução
- 2.Extensômetros
- 3.Tipos de Extensômetros
- 4.Ponte de Wheatstone
- 5.Configurações de Ponte
- 6.Dispositivos de Calibração
- 7.Extensômetros como transdutores

1. Introdução

Extensometria: técnica de medição de tensões mecânicas em corpos sólidos através das deformações

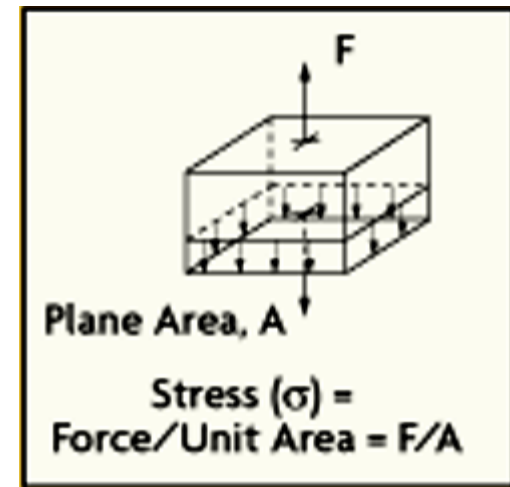
- Empregada em diversas áreas da engenharia para medida de deformações em estruturas sob a ação de forças estáticas e dinâmicas
- As deformações nas estruturas são de fundamental importância para os projetos, respeitando-se os limites estáticos e de fadiga dos materiais

1. Introdução

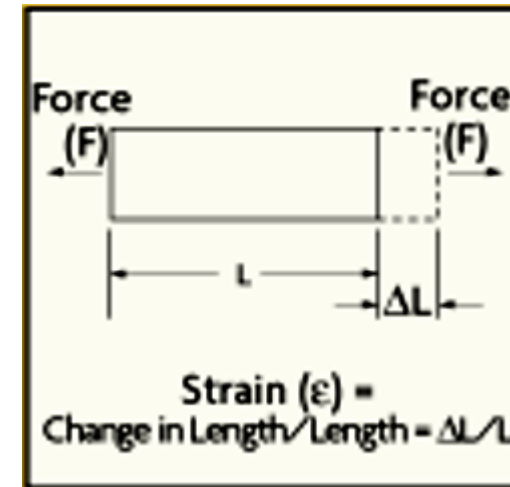
Conceitos de base:

- Tensão mecânica: força de reação interna do material à uma força externa aplicada
- Alongamento relativo: deslocamento (ou deformação) que ocorre no material para uma dada força (*Strain*)
- Módulo de elasticidade ou módulo de Young:

$$\sigma = F / A$$



$$\epsilon = \Delta L / L$$



$$E = \sigma / \epsilon$$

1. Introdução

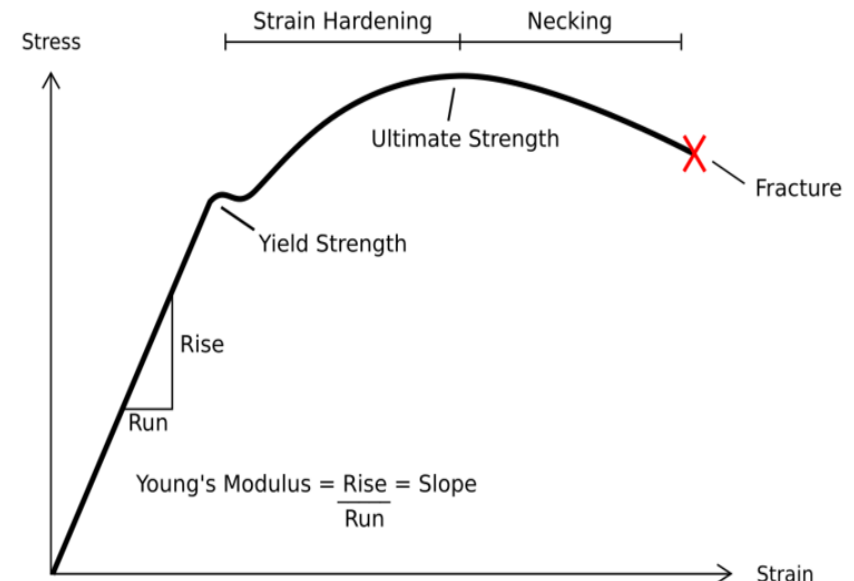
Lei de Hooke:

- Relaciona a constante de elasticidade do material com o deslocamento sofrido pela aplicação de uma força externa

$$\Delta L = \frac{F.L}{A.E}$$

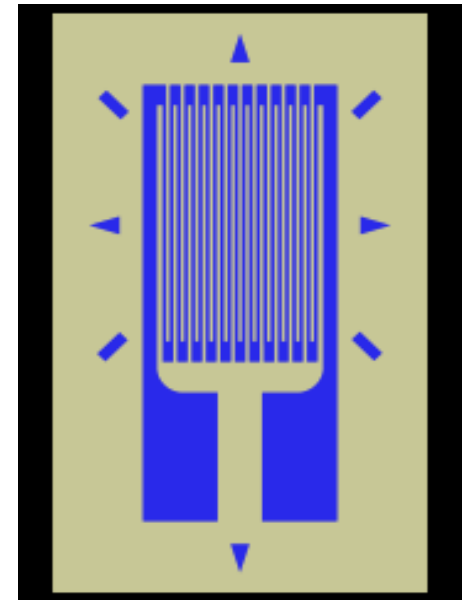
- Limite elástico: validade da lei de Hooke

$$F = k. \Delta L$$



2. Extensômetros

- Extensômetro (*strain gage*): dispositivo resistivo usado para medir deformações em sólidos
- Princípio básico demonstrado por Lord Kelvin em 1856
- É composto de um material condutor (ou semiconductor) depositado sobre um filme isolante
- Deformações no condutor alteram sua resistência elétrica que pode ser medida através da lei de Ohm



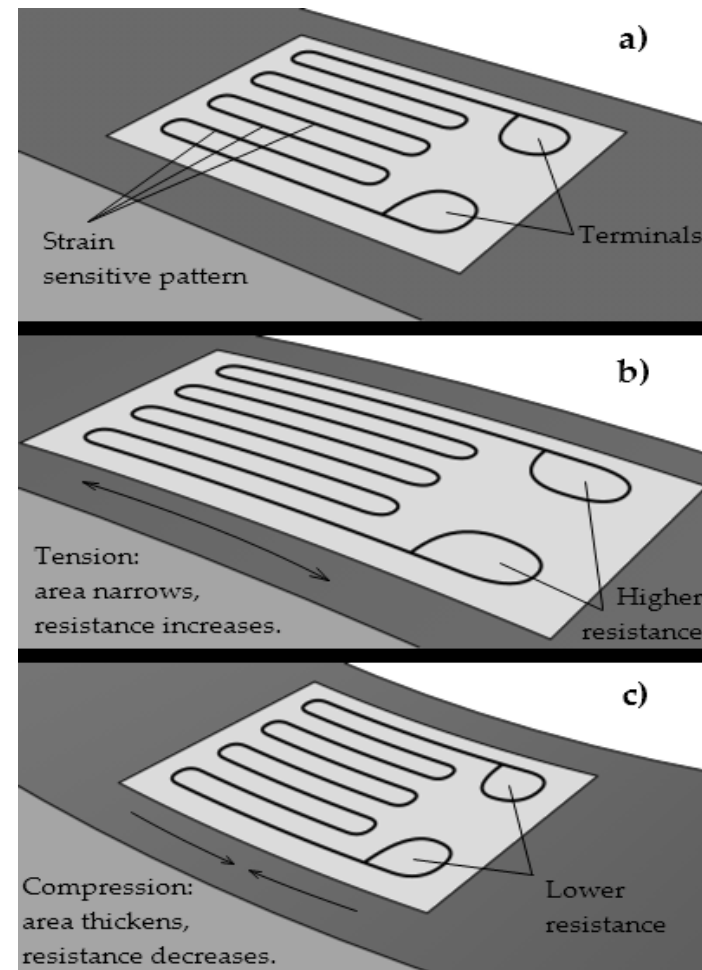
2. Extensômetros

O extensômetro colado a uma estrutura rígida possibilita que as deformações sofridas pela mesma possam ser medidas através da resistência elétrica

a) Sem força aplicada: resistência nominal

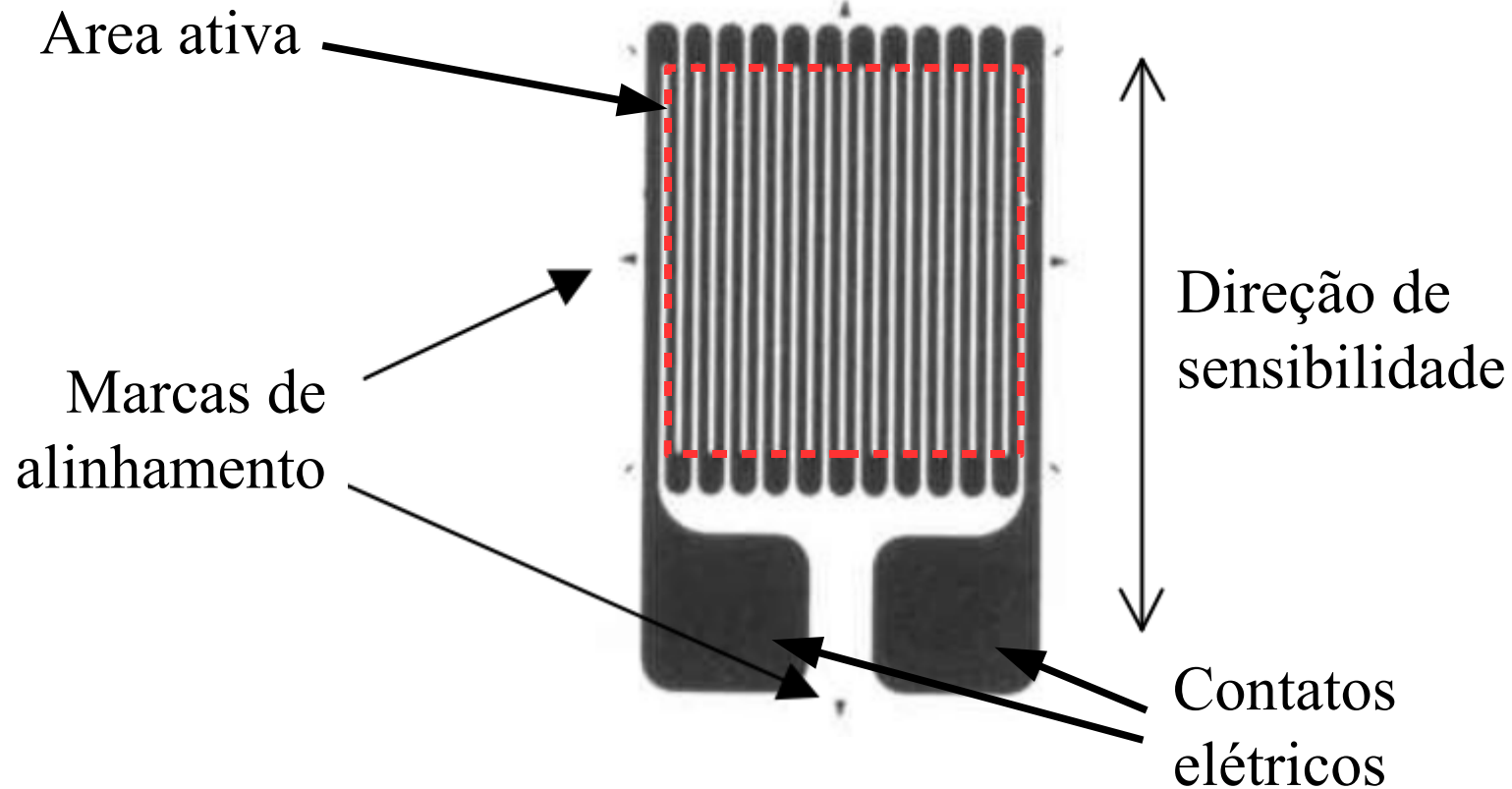
b) Com força tensil: resistência aumenta

c) Com força compressiva: resistência diminui



2. Extensômetros

Extensômetro Típico:



2.1 Características Elétricas

Resistência elétrica de um fio condutor (R):

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Onde:

ρ : resistividade do material condutor

L : comprimento do fio

A : área da seção transversal do fio

2.1 Características Elétricas

Deformação do extensômetro na direção das linhas (eixo de maior sensibilidade):

- Variação do comprimento L
- Variação da área A
- Variação na resistividade ρ

Matematicamente, derivando-se a expressão da resistência:

$$\frac{dR}{R} = \frac{d\rho}{\rho} + \frac{dL}{L} - \frac{dA}{A}$$

2.1 Características Elétricas

Sensibilidade do extensômetro à deformação mecânica (*gage factor*, K):

→ Variação relativa da resistência R dada uma variação do comprimento L

$$K = \frac{dR/R}{dL/L} = \frac{\Delta R/R}{\epsilon}$$

Obs: O fator K possui valores típicos de -10 a 6 para metais e de 50 a 200 para semicondutores.

2.1 Características Eléctricas

Material	Sensibilidade (K)
Platinum (Pt 100%)	6,10
Platinum-Iridium (Pt 95%, Ir 5%)	5,10
Platinum-Tungsten (Pt 92%, W 8%)	4,00
Isoelastic (Fe 55.5%, Ni 36% Cr 8%, Mn 0.5%) *	3,60
Constantan / Advance / Copel (Ni 45%, Cu 55%) *	2,10
Nichrome V (Ni 80%, Cr 20%) *	2,10
Karma (Ni 74%, Cr 20%, Al 3%, Fe 3%) *	2,00
Armour D (Fe 70%, Cr 20%, Al 10%) *	2,00
Monel (Ni 67%, Cu 33%) *	1,90
Manganin (Cu 84%, Mn 12%, Ni 4%) *	0.47
Nickel (Ni 100%)	-12.1

2.1 Características Elétricas

Sensibilidade do extensômetro à Temperatura:

- Variação relativa da resistência R dada uma variação de Temperatura (efeito indesejável)
- Material condutor varia sua resistividade com a temperatura
- Técnicas de compensação:
 - através de circuitos em ponte de Wheatstone
 - Ligas de materiais que possuem baixa variação de resistividade com a temperatura (Constantan)

3. Tipos de Extensômetros

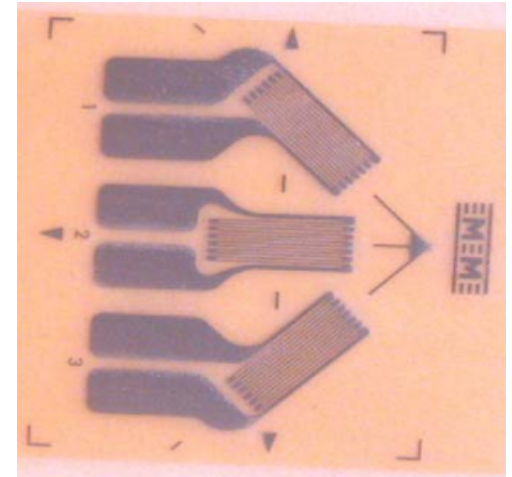
- Extensômetros de fio
- Extensômetros de Lâmina
- Extensômetros de Semicondutor
- Extensômetros de soldável

3.1 Extensômetros de Fio

- Fio de material condutor colado a uma base isolante
- Adequado a medições de grandes alongamentos (8% a 20%)
- Adequado a medidas em altas temperaturas
- Possui sensibilidade transversal significativa

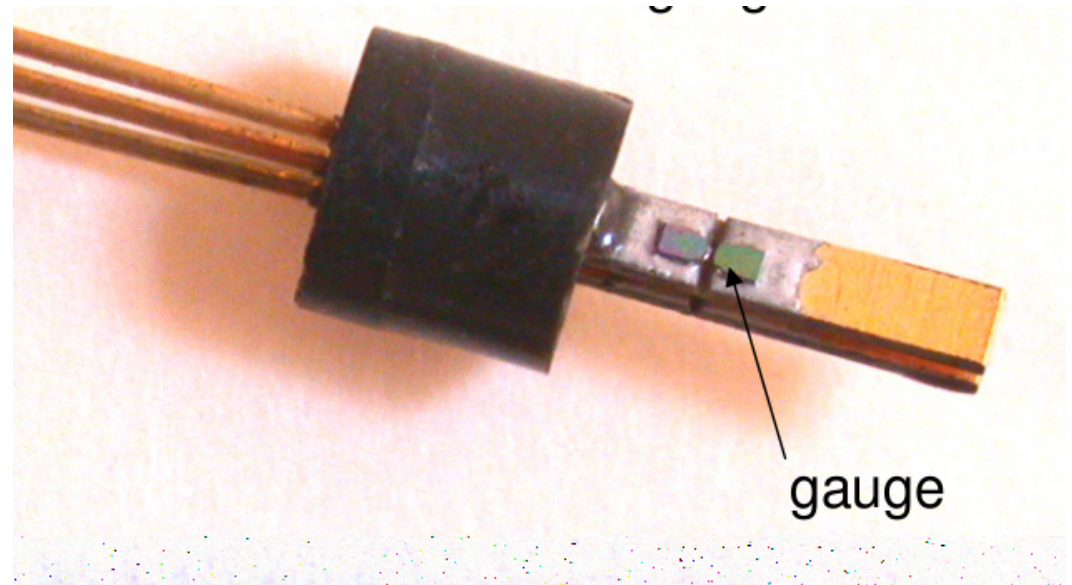
3.2 Extensômetros de Lâmina

- Elaborados por processo fotolitográfico
- Produção em larga escala facilitada
- Diversos tamanhos e modelos disponíveis
- Baixo custo
- Possui sensibilidade transversal desprezível



3.3 Extensômetros de Semicondutor

- Barra semicondutora colada a uma base isolante
- Elevado fator K (50 a 200)
- Alta sensibilidade à temperatura
- Custo elevado e poucos modelos
- Baixa linearidade

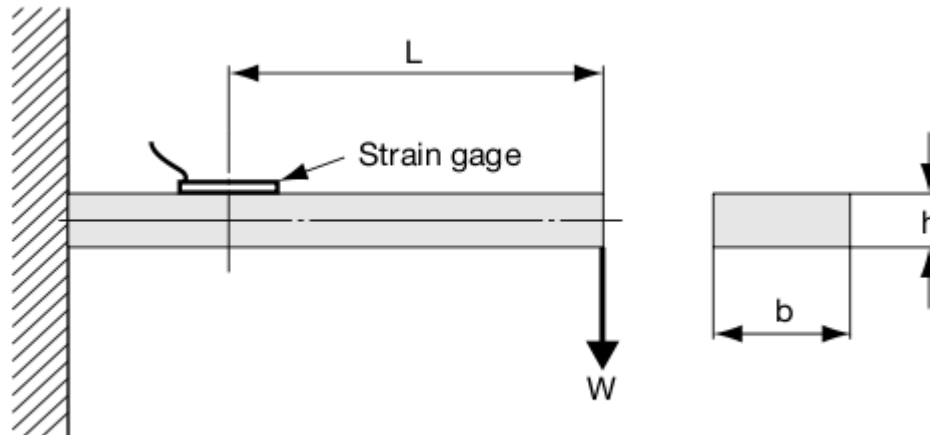


3.4 Extensômetro soldável

- Fio de material condutor aplicado a quente sobre base isolante/metal
- Base metálica pode ser soldada à estrutura metálica
- Alta longevidade e resistência mecânica
- Alto custo

Exemplo 1

Determinar a força exercida sobre uma barra metálica fixada a uma parede rígida a partir da resistência de um extensômetro:



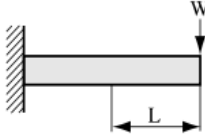
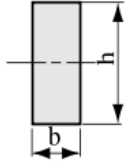
Bending Stress Measurement with 1-gage System

Exemplo 1

Dados :

$$E = \sigma / \epsilon$$

$$\epsilon = \frac{M}{ZE}$$

Shape of Beam	Bending Moment M
	$M = WL$
Cross Section	Section Modulus Z
	$\frac{1}{6}bh^2$

Barra:

$L=1$ m; $h=5$ mm; $b=25$ mm

Alumínio: $E=73$ GPa

Extensômetro:

$L_e=100$ mm; $R= 300$ ohms;

$K=2$