Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

PME-3211 – Mecânica dos Sólidos II

Aula #13

Prof. Dr. Clóvis de Arruda Martins

03/10/2023

Extensômetro

Função:

Medir o alongamento em uma direção

Princípio de funcionamento:

Resistência elétrica que varia com o alongamento

Aplica-se uma diferença de potencial e mede-se a variação de resistência causada pelo alongamento usando o princípio da ponte de *Wheatstone*

Por meio de uma curva de calibração obtém-se o valor do alongamento

O extensômetro deve ser colado rigidamente à superfície, para que o alongamento do extensômetro seja o mesmo da superfície

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Mecânica

Extensômetro

Diversos tipos

Strain Gauge Bf350-3aa Extensômetro Transdutor + Fio

R$ 19^{90}

em 4x R$ 5^{56}

Chegará hoje

KFH-D17 Series

R$ 3.300,00

| Saiba mais

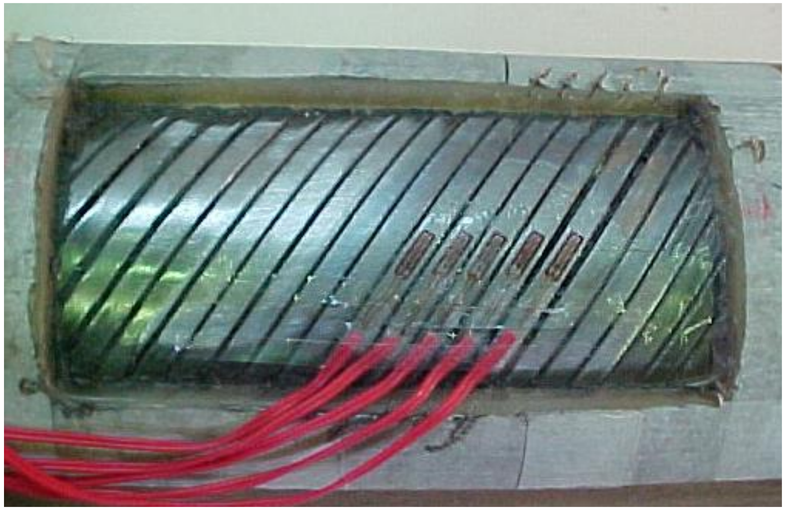
Strain Gages com Fios Soldados, Lineares, Rosetas Planas X-Y (Roseta T), Rosetas Planas 0°/45°/90°

Escolha depende de:

- Precisão requerida
- Nível de alongamento
- Temperatura

Extensômetro

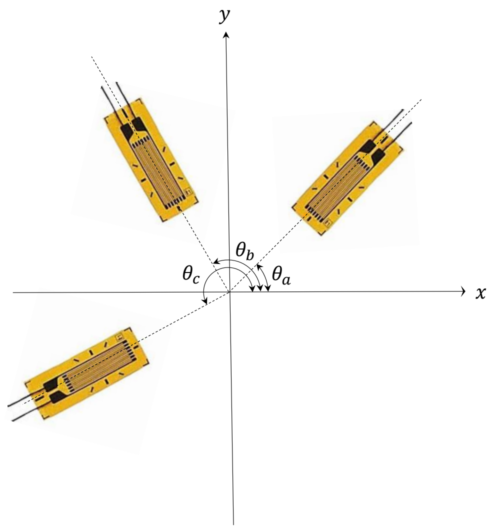
Exemplo de aplicação



Medição do alongamento em tensões da armadura de tração de um tubo flexível para produção de petróleo *offshore*

Roseta

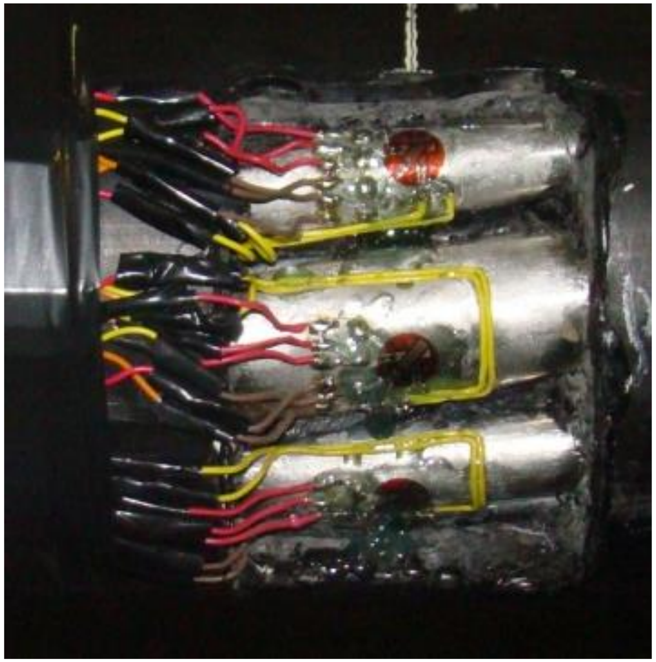
Compra-se, no mercado a roseta já integrada:



Três extensômetros não-alinhados

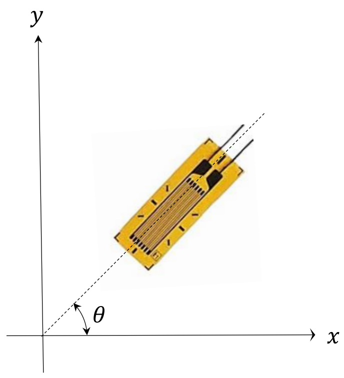
Roseta

Exemplo de aplicação:



Medição do estado de deformação em uma mangueira em aço duplex de um cabo umbilical para controle eletro-hidráulico de poços de produção de petróleo *offshore*

Extensômetro colado a um ângulo θ:

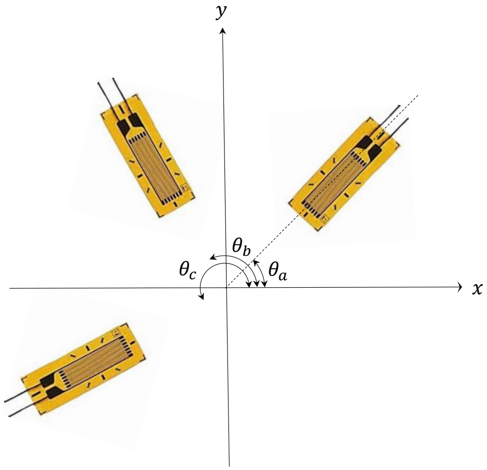


$$[E] = \begin{bmatrix} \varepsilon_x & \frac{1}{2}\gamma_{xy} \\ \frac{1}{2}\gamma_{xy} & \varepsilon_y \end{bmatrix} \qquad \vec{n} = \begin{Bmatrix} \cos\theta \\ \operatorname{sen}\theta \end{Bmatrix}$$

$$\varepsilon(\vec{n}) = E[\vec{n}].\vec{n}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_x \cos^2\theta + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta \cos\theta$$

Roseta:



$$\begin{cases} \varepsilon_a = \varepsilon_x \cos^2\theta_a + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_a + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_a \cos\theta_a \\ \varepsilon_b = \varepsilon_x \cos^2\theta_b + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_b + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_b \cos\theta_b \\ \varepsilon_c = \varepsilon_x \cos^2\theta_c + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_c + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_c \cos\theta_c \end{cases}$$

A partir das leituras dos extensômetros calculamos as componentes do tensor das pequenas deformações no plano

Se os extensômetros não forem alinhados este sistema de equações algébricas lineares terá solução única.

$$\begin{cases} \varepsilon_a = \varepsilon_x \cos^2\theta_a + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_a + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_a \cos\theta_a \\ \varepsilon_b = \varepsilon_x \cos^2\theta_b + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_b + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_b \cos\theta_b \\ \varepsilon_c = \varepsilon_x \cos^2\theta_c + \varepsilon_y \operatorname{sen}^2\theta_c + \gamma_{xy} \operatorname{sen}\theta_c \cos\theta_c \end{cases}$$

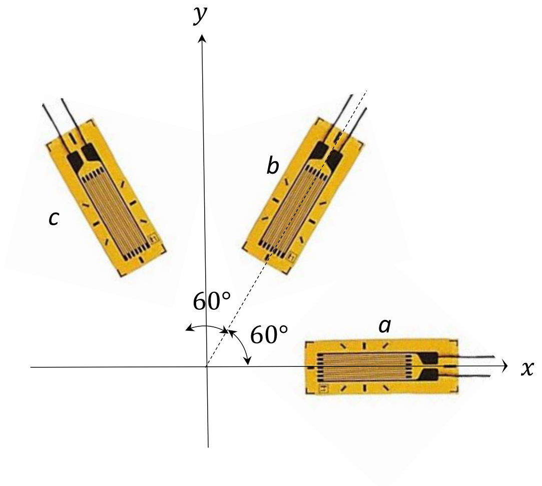
Exercício 1: *Resolver o sistema para uma roseta a* $45°$

$$\theta_a = 0° \qquad \varepsilon_x = \varepsilon_a$$
$$\theta_b = 45° \qquad \varepsilon_y = \varepsilon_c$$
$$\theta_c = 90° \qquad \gamma_{xy} = 2\varepsilon_b - (\varepsilon_a + \varepsilon_c)$$

Exercício 2: *Resolver o sistema para uma roseta a* $60°$

$$\theta_a = 0° \qquad \varepsilon_x = \varepsilon_a$$
$$\theta_b = 60°$$
$$\theta_c = 120° \qquad \varepsilon_y = \frac{1}{3}(2\varepsilon_b + 2\varepsilon_c - \varepsilon_a)$$
$$\gamma_{xy} = \frac{2\sqrt{3}}{3}(\varepsilon_b - \varepsilon_c)$$

Exercício



O estado de tensão de uma peça é medido com o auxílio de uma roseta a $60°$. Devido às cargas aplicadas, as leituras obtidas são:

$$\boldsymbol{\varepsilon_a = 60\mu \quad \varepsilon_b = 135\mu \quad \varepsilon_c = 264\mu}$$

Determinar as deformações principais no plano da roseta e as direções que elas atuam.

$$\varepsilon_x = 60\mu$$

$$\varepsilon_y = \frac{1}{3}(2 \times 135 + 2 \times 264 - 60)\mu = 246\mu$$

$$\gamma_{xy} = \frac{2}{\sqrt{3}}(135 - 264)\mu = -149\mu$$

$$[E] = \begin{bmatrix} 60 & -74 \\ -74 & 246 \end{bmatrix}\mu$$

$$\varepsilon_1 = 271\mu \qquad \varepsilon_2 = 35\mu$$

$$\vec{n}_1 = \begin{Bmatrix} 0{,}33 \\ -0{,}94 \end{Bmatrix} \qquad \vec{n}_2 = \begin{Bmatrix} 0{,}94 \\ 0{,}33 \end{Bmatrix}$$

Referência

Martins, C.A. *Introdução ao Estudo das Deformações.* Disponível no Moodle