

PROJETO DE UMA CÉLULA DE CARGA UTILIZANDO STRAIN-GAGES.

André Garcia Chiarello

Departamento de Mecânica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, CP50, CEP 37500-903, Itajubá, MG, Brasil, E-mail: andre@iem.efei.br.

Julio Cezar Dias de Oliveira e Guilherme da Costa Machado

Departamento de Mecânica, Escola Federal de Engenharia de Itajubá, CP 50, CEP 37500-903, Itajubá, MG, Brasil

Palavras Chave: Strain-gages, Célula de carga, Instrumentação.

RESUMO

Neste trabalho foi desenvolvido um dispositivo para medir força estática denominado célula de carga. O dispositivo foi projetado para suportar e medir com segurança a aplicação de cargas unidirecionais até 1000 kgf. O princípio de funcionamento desse dispositivo é baseado em *strain-gages*. Uma placa circular de aço temperado foi utilizada como suporte para colocação de uma ponte completa de *strain-gages*. Foi realizada uma simulação em computador utilizando software *Matlab* com o objetivo de encontrar a melhor posição dos *strain-gages* na placa. Isto foi obtido analisando-se os diagramas de tensão-deformação axial e radial da placa de suporte. Posteriormente a célula de carga foi calibrada experimentalmente obtendo-se boa concordância com os resultados teóricos.

1. INTRODUÇÃO

Máquinas e equipamentos mecânicos necessitam ser dimensionados em função dos esforços estáticos e dinâmicos que estão atuando em seus componentes. A partir destes esforços pode-se obter as curvas de tensão e deformação dos elementos, as quais deverão estar limitadas pelas características do material.

Quantificar previamente esses valores, em alguns casos, pode ser difícil, por não se conhecer por completo as reais condições de operação. Em outros casos, é necessário medir os esforços e deformações que estão sendo aplicados em um determinado componente durante a operação da máquina. Nestes casos, é necessário um dispositivo para medição destes valores. Existem um grande número de medidores de carga e/ou deformação, entretanto, pode-se dizer que os medidores baseados em *strain-gages* são comercialmente mais conhecidos (Beckwith, 1993).

2. METODOLOGIA

No projeto da célula de carga, foi utilizado como suporte principal dos *strain-gages* uma placa de aço temperado, no formato circular. Sobre esta placa, os *strain-gages* foram colados de modo que, uma carga aplicada no centro da placa circular, produz uma deformação que pode ser medida pelos *strain-gages*.

O problema que surge neste ponto é a determinação adequada da posição dos *strains-gages* na placa circular. Para resolver este problema, um estudo das curvas de tensão e deformação desta placa se faz necessário.

A Fig.1 mostra o esquema da placa de suporte dos strain-gages. O raio da placa é b e o ponto de aplicação da carga P está a uma distância a do centro da mesma.

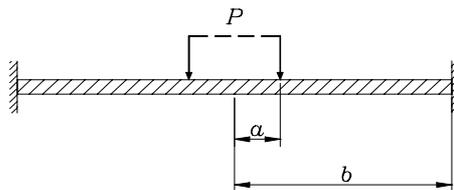


Figura 1 . Placa circular engastada

Esta placa circular está submetida aos seguintes momentos:

$$M_r = \frac{P}{4\pi} \left[(1+\nu)Ln \frac{b}{a} - I \right] \quad (1)$$

$$M_t = \frac{P}{4\pi} \left[(1+\nu)Ln \frac{b}{a} - \nu \right] \quad (2)$$

onde M_r é o momento radial e M_t é o momento tangencial. As equações das tensões radiais e tangenciais são representadas respectivamente nas Eq.(3) e Eq. (4).

$$\sigma_r^{máx.} = \frac{6M_r}{h^2} \quad (3)$$

$$\sigma_t^{máx.} = \frac{6M_t}{h^2} \quad (4)$$

Utilizando-se a Eq.(4) e Eq.(4), pode-se calcular a tensão equivalente por Von Mises de acordo com a Eq.(5).

$$\sigma_{equ.} = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_t^2 - \sigma_r \cdot \sigma_t} \quad (5)$$

As equações das deformações específicas radiais e tangenciais podem então ser escritas na forma (Féodosiev, 1997):

$$\varepsilon_r = \frac{I}{E} (\sigma_r - \nu \sigma_t) \quad (6)$$

$$\varepsilon_t = \frac{I}{E} (\sigma_t - \nu \sigma_r) \quad (7)$$

Usando-se o programa *MatLab*[®] como uma ferramenta auxiliar neste projeto, implementou-se um programa computacional com o objetivo de visualizar o comportamento da tensão/deformação ao longo de toda placa de fixação dos *strain-gages*.

O programa gera uma superfície que representa a variação da tensão equivalente para diferentes cargas aplicadas além de fornecer os valores da deformação da célula em diversos pontos do raio da mesma. A tensão equivalente em função do raio e da carga aplicada é mostrada na Fig.2.

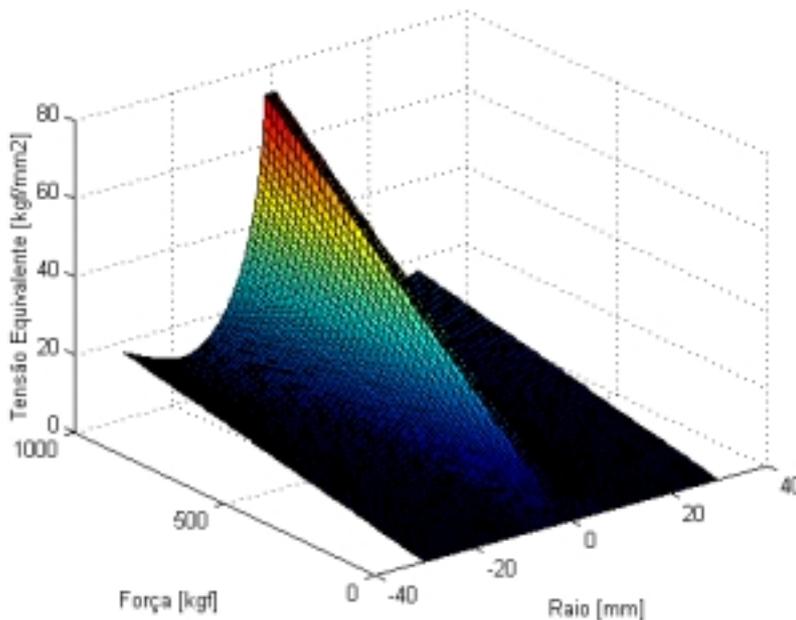
O material escolhido para a fabricação da mesma foi o aço ligado VB-40-Villares. Após a realização dos cálculos da resistência necessária, a espessura da placa circular foi determinada passando-se então à fabricação da célula. O material foi usinado e depois submetido à têmpera e revenimento, obtendo-se um aumento de dureza média de 20 HRC para 35 HRC.

Consultando-se o catálogo do fabricante, constatou-se que o valor para a resistência última a tração desse material, na dureza mostrada é 210 MPa. Este limite é adequado para as condições de uso da célula (Chiaverini, 1987).

Os *strain-gages* foram fixados na célula de carga de modo que cada um deles medisse apenas um tipo de deformação (radial ou tangencial). Para se obter os pontos adequados de fixação utilizou-se a Fig.3. Esta figura mostra o valor do raio onde os momentos tangenciais e radiais são nulos na placa circular. Nestes pontos foram fixados os *strain-gages*.

A localização exata dos *strain-gages* na placa circular é importante, porque, deve-se evitar o efeito combinado de tensão radial e tangencial. Desta forma um *strain-gage* mede apenas deformação radial e o outro mede apenas deformação tangencial. Com isto consegue-se uma melhor acuracidade nas medições de carga na célula.

Após a fixação dos *strain-gages*, a célula de carga foi montada, colocando-se a estrutura de suporte e o pino central de apoio. Após a montagem da célula, fez-se a calibração da mesma utilizando-se uma máquina universal de ensaio disponível no Laboratório de Resistência dos Materiais na Escola Federal de Engenharia de Itajubá. A curva de calibração experimental deve ser linear para que se possa calcular o fator de ganho a ser aplicado nas medições. Utilizando uma ponte de Wheatstone completa obteve-se fator de ganho igual a 2, coerente com o esperado teoricamente.



4. CONCLUSÕES

Neste trabalho descreveu-se o projeto de uma célula de carga utilizando-se *strain-gages*. Para se obter o posicionamento correto dos *strain-gages* na placa de fixação dos mesmos, foi desenvolvido programa computacional em linguagem *Matlab*®, para a simulação da tensão/deformação em placas circulares.

Da análise das curvas tensão/deformação pode-se notar que a tensão equivalente em qualquer ponto ao longo do raio da placa, fica dentro de valores abaixo do limite admissível.

Os pontos de fixação dos *strain-gages* foram obtidos observando-se os valores dos raios onde os momentos tangenciais e radiais se anulam. Com isso, pode-se medir separadamente as tensões radiais e tangenciais na placa.

A calibração experimental da célula mostrou relação linear entre carga aplicada e deformação, indicando que é possível antecipar o comportamento real das tensões/deformações de uma célula de carga através de uma simulação computacional.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da FAPEMIG - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais através do projeto TEC-855/97.

BIBLIOGRAFIA

- Beckwith, T. G. ; Marangoni, R. D., Lienhard, J. H. , 1993.- "Mechanical Measurements" - Fifth Edition, Addison - Wesley Publishing Company, Inc.,USA.
- Chiaverini, V., 1987. "Tratamento térmico das ligas ferrosas", 2ª edição, - ABM-Associação brasileira de Metais .
- Dally, J.W.,Riley, W.F.,MacConnell, K.G., 1993. "Instrumentation for Engineering Measurements", John Willey Sons Inc., Canada.
- Féodosiev, V.,1977. "Resistência dos Materiais" , Ed. Lopes da Silva Porto, Brasil.
- Figliola, R. S.; Beasley, D. E. , 1991. "Theory and Design for Mechanical Measurements" - First Edition, John Wiley & Sons Inc.