

DIMENSIONAMENTO DOS ELEMENTOS DA MÁQUINA DE UMA BANCADA DE ENSAIOS DE FADIGA POR FLEXÃO.

Gabriel Araujo dos Santos (araujo-gas@hotmail.com)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

Janyelif Fonseca Azevedo (janyazevedo@yahoo.com.br)

Aluno de graduação do curso de Engenharia Mecânica.

Harerton Oliveira Dourado (harerton@fsjb.edu.br)

Professor das Faculdades Integradas de Aracruz.

RESUMO

A crescente necessidade por melhores práticas no campo da engenharia mecânica tem levado aos técnicos e engenheiros a buscarem um conhecimento aprofundado sobre a resistência à fadiga de materiais, objetivando mensurar de maneira mais assertiva sua vida útil e conseqüentemente assegurar a potencialização de sua aplicabilidade. Para o alcance das informações sobre a vida em fadiga de um material faz-se necessário o projeto e a validação de equipamentos de ensaio de fadiga.

Dessa maneira, o presente trabalho apresenta o projeto de dimensionamento dos elementos de uma máquina de ensaio de fadiga por flexão alternada.

PALAVRAS-CHAVE: Fadiga, dimensionamento, flexão alternada.

1. INTRODUÇÃO

Para que a falha por fadiga aconteça é necessário a ação simultânea de tensões trativas, tensões cíclicas e deformação plástica. As tensões cíclicas iniciam as trincas e as tensões trativas promovem o seu crescimento ou a sua propagação (ALBUQUERGUE, 2004).

Visto que 90% das rupturas de peças em serviço ocorram por fadiga Chiaverini (1986), o estudo da mesma é de extrema importância na concepção de máquinas e estruturas.

Diante disso, o projeto teve em questão para o dimensionamento de uma máquina de ensaio de fadiga por flexão alternada, que posteriormente será construída por outra linha de pesquisa, onde utilizará o aço microligado API 5L X60, utilizado como dutos na indústria petrolífera, para validar o projeto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ENSAIO DE FADIGA

De acordo com Callister (2008) o termo fadiga é comumente usado, pois reflete a falhas que ocorrem após grandes períodos de tensões ou ciclos de deformação repetidos. Além disso, trata-se de um assunto importante, pois representa a maior causadora de falhas nos metais, chegando a abranger cerca de 90% dessas falhas.

Dessa forma, ensaios de fadiga consistem na aplicação de cargas cíclicas em um corpo de prova padronizado de acordo com o tipo de ensaio a ser realizado. É extensamente utilizado na indústria automobilística e aeronáutica para ensaiar desde pequenos componentes até estrutura montadas como asas e longarinas. Garcia (2012).

Os ensaios podem ser feitos de várias formas de acordo com o tipo de carga que se deseja aplicar ao corpo de prova. Contudo nesse trabalho utilizaremos o ensaio de flexão alternada para a construção do projeto.

2.1.1 Flexão Alternada

Segundo Silva et al.(2004) nesse tipo de ensaio o corpo de prova é fixado por uma extremidade em uma torre e a carga é aplicada na outra através de um dispositivo que permita o controle do carregamento imposto ao corpo-de-prova.

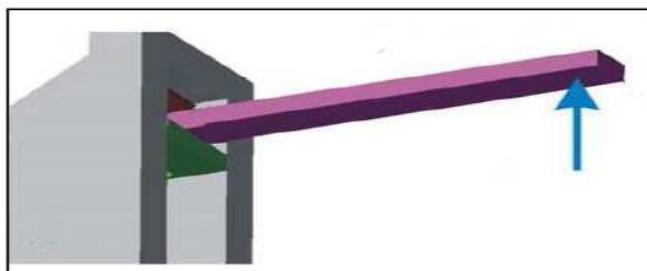


Figura 1. Dispositivo de fixação do corpo de prova.

2.2 CURVA S-N

O método básico de apresentação de dados experimentais de fadiga dos materiais metálicos é através da curva S-N, onde é lançada em gráfico a tensão S em função do numero de ciclos N, onde N normalmente é expressa em escala logarítmica, necessária para a fratura.

Segundo Callister (2002), para algumas ligas ferrosas (à base de ferro) e de titânio, a curva S-N, na horizontal para valores de N mais elevados existe um nível de tensão limitante, chamado de limite de resistência à fadiga, abaixo do qual a falha por fadiga não irá ocorrer. Esse limite de resistência à fadiga representa o maior valor de tensão oscilante que não irá causar a falha após essencialmente um número infinito de ciclos.

Callister (2002) completa, para a maioria das ligas não ferrosas (por exemplo, alumínio, cobre, magnésio) não possui um limite de resistência à fadiga. Para esses materiais, a resposta da fadiga é especificada como uma resistência à fadiga, que é definida como sendo o nível de tensão no qual a falha irá ocorrer para um dado número específico de ciclos (por exemplo, 10^7 ciclos).

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

3.1 DIMENSIONAMENTOS DOS COMPONENTES

Para esse trabalho serão dimensionados e especificados, apenas os componentes mais relevantes para elaboração da máquina para ensaio de fadiga por flexão alternada.

O equipamento proposto tem por características, permitira a realização de ensaios simultâneos em até doze corpos-de-prova, mas também se deseja que posteriormente sua estrutura e forma construtivas sejam robustas, de fácil operação, com baixos custos de investimentos e manutenção e principalmente que os resultados alcançados sejam confiáveis.

Os Materiais e Instrumentos utilizados para a realização dos ensaios de fadiga, foram os parâmetros conceptivos do equipamento desenvolvido por Silva et. al (2004). A máquina apresenta um sistema de acionamento por moto-redutor, com rotação afixada em 273 RPM, que aciona o eixo montado em mancais com rolamentos contendo seis cames cilíndricas que permitem selecionar os carregamentos a serem aplicados aos corpos de prova.

3.2 EIXO MÊCANICO

Os eixos são fabricados em aço, com baixo e médio teor de carbono. Para cada aplicação um eixo específico deve ser adotado, visando atender as características de sua finalidade. As principais solicitações nos eixos são flexão, torção, cisalhamento, tração e compressão (MEYERS, 1998).

Eixos em aço SAE 4340 tem por característica, beneficiamento de alta resistência mecânica, elevada temperabilidade, alta tenacidade, baixa usinabilidade e baixa soldabilidade. Esse material é fabricado segundo a norma DIN WNr 1.6562.

Tabela 1 - Propriedades mecânicas do eixo em aço SAE 4340.

MATERIAL	TENSÃO DE RESISTENCIA (Mpa)			TENSÃO DE ESCOAMENTO NA TRAÇÃO (Mpa)	ALONG .(%)
	σ_{tr}	σ_{er}	τ_{te}	σ_{te}	ϵ
SAE-4340	860	860	650	740	15

Para dimensionar um eixo submetido a Flexo-torção, utiliza-se o torque no eixo, esforço na transmissão, (HIBBELER,2004), equação 3.1:

$$M_T = F \times S \quad (3.1)$$

M_T ou T → Torque interno resultante (N m);

F → Carga aplicada (N);

S → Distância entre o ponto de aplicação da carga e o centro da seção transversal da peça (m).

Para o dimensionamento do eixo, será aplicada a metodologia apresentada no Hibbeler (2004), avaliando o critério de flexão. Neste dimensionamento será desprezado o critério de torção.

Determinação das reações em A e B:

$$\Sigma F_Y = 0;$$

$$\Sigma M_A = 0;$$

Para determinação do diâmetro do eixo, obedecendo ao critério de flexão, serão utilizadas as equações 3.2 e 3.3:

$$\sigma = \frac{M_{m\acute{a}x} \times c}{I_t} \quad (3.2)$$

$$I_t = \frac{\pi \times d^4}{64} \quad (3.3)$$

Onde:

σ → Tensão admissível para material SAE 4340 (860 MPa);

$M_{m\acute{a}x}$ → Momento máximo (N.m);

c → Raio do eixo (m);

I_t → Momento de inércia (m);

d → Diâmetro (m).

Verificação pela tensão de cisalhamento utilizando força cortante máxima ($V_{m\acute{a}x}$), equações 3.4 e 3.5:

$$T_{M\acute{a}x} = \frac{V_{m\acute{a}x} \times Q_{m\acute{a}x}}{I_t} \quad (3.4)$$

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{4 \times r}{3 \times \pi} \times \frac{\pi \times r^2}{2} \quad (3.5)$$

Onde:

$T_{m\acute{a}x}$ → Tensão de cisalhamento máxima (650 MPa);

$V_{m\acute{a}x}$ → Força cortante máxima (N);

$Q_{m\acute{a}x}$ → Momento estático máximo (N.m);

I_t → Momento de inércia para o diâmetro calculado (m).

3.3 SUPORTES DO CORPO DE PROVA

O arranjo do corpo de prova representa uma viga em balanço engastada em uma extremidade. Desta forma, esse dimensionamento devera avaliar o equilíbrio das cargas atuante no eixo do parafuso, avaliando a tração a qual, o mesmo, estará sujeito. De acordo com equação 3.6:

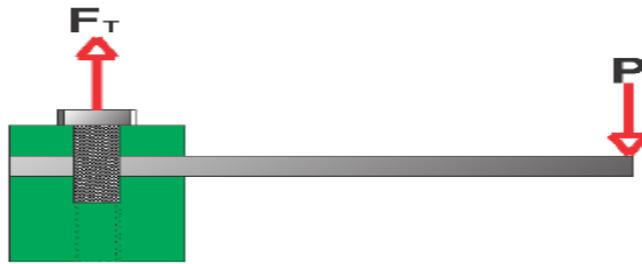


Figura 2 - Fixação dos corpos-de-prova.

$$T = \frac{P}{A}; F_T = P \quad (3.6)$$

Onde:

T → Tensão de cisalhamento do parafuso aço 8.8 (600 MPa);

P → Carga imposta ao corpo de prova;

A → Área da seção transversal do parafuso;

F_T → Força de tração sobre o parafuso.

3.4 ROLAMENTOS

Rolamentos são classificados principalmente em função da direção da carga que irá apoiar, divididos em rolamentos radiais e rolamentos axiais. Essa característica determina o tipo de corpo, sendo diferenciado em rolamentos de esferas e rolamentos de rolos. Podem também ser classificados em função da configuração e a aplicação específica destes (MANUAL NSK).

A especificação do rolamento será feita pela metodologia apresentada na obra: Elementos de Máquinas do autor Melconian (2007), obedecendo aos critérios por ele apresentados.

3.5 MANCAIS

De acordo com o Manual Rolmax (2014), os mancais são de grande relevância para o perfeito funcionamento das máquinas, caso ocorram falhas nos mancais, grandes prejuízos podem ser percebidos na produção. Existem dois tipos de mancais mais utilizados, deslizamento e rolamento.

Os mancais serão especificados conforme critérios indicados pelo fabricante com o auxílio dos parâmetros descritos na figura 7. Para essa nomeação, serão utilizados os dados de distribuição de cargas e dimensionais já pré-estabelecidos. Deverá ser calculada a vida útil do rolamento conforme a equação, determinando o coeficiente das cargas $\left(\frac{C}{P}\right)$.

Equação 3.6, para o cálculo da vida útil dos rolamentos em condições normais de trabalho (MANUAL ROLMAX, 2014):

$$L = \frac{16666}{n} \times \left(\frac{C}{P}\right)^3 \quad (3.6)$$

Onde:

L → Vida útil em horas de trabalho;

n → Rotações por minuto;

C → Capacidade básica de carga radial dinâmica (kgf);

P → Carga básica aplicada (kgf).

3.5 MOTOREDUTORES

Motorreductor é um conjunto composto por motor elétrico e reductor cujo objetivo é fornecer movimento rotativo (rpm) com torque elevado (N.m), sua construção pode ser feita em diversos tipos de materiais.

Para seleção de um motorreductor é indispensável avaliar as condições do conjunto ao qual será inserido, e definir os parâmetros característicos do mesmo. São esses parâmetros: rotação de entrada (motor), rotação de saída, torque Máximo de saída, força radial admissível no torque máximo de saída, fator de redução (CATÁLOGO SEW, 2007).

Para determinação do motorreductor deverão ser observados dois fatores determinantes: O primeiro será o torque de saída do motorreductor, definido através do diâmetro mínimo calculado para o eixo e o segundo o número de rotações de saída do mesmo, esse será em função da faixa de rotação requerida para o eixo, segundo a normatização do ensaio. O motoredutor será escolhido de acordo com o catálogo de motoredutores SEW (2007).

4. RESULTADOS

Com base nas equações e procedimentos apresentados em metodologia, e realização dos cálculos, os resultados para o dimensionamento e especificações do equipamento são representados no quadro a seguir:

Tabela 2: Resultados obtidos pela metodologia apresentada

COMPONENTE	METODOLOGIA	RESULTADO	PARÂMETRO(S)	APLICADO
EIXO	VIDE HIBBELER	Ø 25mm SAE 4340	—	Ø 25mm SAE 4340
FIXADORES (PARAFUSOS)	VIDE HIBBELER	Ø 5,7mm	—	Ø 1/2" CLASSE 8.8
ROLAMENTOS	VIDE MELCONIAN	CAPACIDADE DE CARGA DINÂMICA C=7,70 kN	Largura e Diâmetros	FAG 6215 C=65,5kN Ø130xØ75x25mm
MANCAIS	VIDE CATÁLOGO ROLMAX	NP-211	$P_{6.CP}=24.032,58N$ 276 RPM	VALORES UNITÁRIOS $P=32.754,21N$ 3.100RPM
MOTOREDUTOR	VIDE CATÁLOGO SEW	FA27/G DRS71S4	$M_T = 192,26 N.m$ $90 \leq n \leq 300 RPM$ $\varnothing_{SAIDA} \geq 25 mm$	$M_T = 18.000 N.m$ $n = 276 RPM$ $\varnothing_{SAIDA} = 25 mm$

5. CONCLUSÃO

A necessidade de avaliar e evitar os possíveis danos causados pela fadiga, sabendo que a mesma é responsável por uma quantidade considerável de falhas. O trabalho apresenta uma forma de classificar o desempenho de corpos de prova submetidos ao teste de fadiga, através de uma máquina ensaios de fadiga devidamente dimensionada.

De acordo com os conhecimentos adquiridos no curso de engenharia mecânica, no que tange à elementos de máquinas e projetos de sistemas mecânicos, o projeto foi elaborado, dimensionado e o equipamento foi construído posteriormente por um outro grupo de pesquisadores. A máquina projetada apresentou bom comportamento quando submetida a ensaios com os corpos de prova do aço microligados API 5L X60.

Dessa forma, o trabalho constitui uma valiosa proposta em análise de fadiga que será útil para aperfeiçoamento de trabalhos futuros ou o aperfeiçoamento de trabalho já existente.

6. REFERÊNCIAS

1. ALBUQUERQUE, M. C. S. Comportamento à fadiga de juntas soldadas de tubulações marítimas tratadas pela técnica TIG dressing. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande, 2004, 190p.
2. CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia Mecânica. 2ª ed. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 1986.
3. CALLISTER JUNIOR, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. 7ª ed. Rio de Janeiro, LTC, 2008.
4. GARCIA, Amauri, SPIM, A. Jaime, DOS SANTOS, A. Carlos. ENSAIO DOS MATERIAIS. RIO DE JANEIRO, LTC, 2012.
5. SILVA, S. José Alisson, SILVA, A. Antonio, FARIAS, A. Marconi, Desenvolvimento e Construção de Bancada de Teste para Validação de Modelos de Danos sob Corrosão-Fadiga em Dutos e Estruturas “offshore”, Universidade Federal de Campina Grande, 2004.
6. CALLISTER, W. D. JUNIOR. Ciência e engenharia de Materiais: Uma Introdução. 5ª ed. LTC, São Paulo, 2002.
7. MEYERS, M. A., Chawla, K.K. Mecânica de Materiais. Prentice Hall: 1998.
8. DIN Deutsches Institut für Normung e.V. WNr 1.6562
9. HIBBELER, R.C., Resistência dos Materiais. 5ª edição - tradução Joaquim Pinheiro Nunes - revisão técnica Wilson Carlos da Silva. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.
10. MANUAL DE ROLAMENTOS NSK. Ed. 2005
11. MELCONIAN, Sarkis. Elementos de Máquinas. 8ª edição. São Paulo – Editora Érica: 2007.
12. MANUAL ROLMAX DE ROLAMENTOS E MANCAIS MONOBLOCOS AUTOCOMPENSADORES. EDIÇÃO 2014.
13. CATALOGO DE MOTOREDUTORES SEW EURODRIVE. Ed. 08/2007