

Disciplina: SMM-0328 – Comportamento Mecânico dos Materiais

Professores responsáveis:

Waldek W. Bose Filho

Cassius O. Figueiredo Terra Ruchert

Monitor:

Ronald Morales

Roteiro aulas práticas

Tópico nº 1: Ensaios Mecânicos de Fadiga Rotativa (S-N) e Tenacidade à fratura (K_{Ic})

Objetivos

O objetivo desta prática visa realizar experimentalmente ensaios mecânicos de tenacidade à fratura, K_{Ic} , e Fadiga rotativa (S-N). A prática no laboratório de Ensaios Mecânicos tem como escopo correlacionar os conteúdos ministrados na sala de aula com as diferentes metodologias e técnicas experimentais envolvidas nos mesmos.

Procedimentos Experimentais

Tenacidade à fratura K_{Ic}

- Três (3) corpos de prova tipo C(T) orientação R-L.
- Três (3) corpos de prova tipo C(T) orientação C-R.
- Extensômetro.
- Célula de carga de 100 ou 250 KN.
- Lixas de água.

Procedimento experimental

O ensaio será realizado segundo os procedimentos da norma técnica ASTM 399/12. Os corpos de prova serão lixados até atingir um ponto de quase de espelhamento, posteriormente serão riscados com espaçamento de 1 mm, isto com o objetivo de visualizar a propagação da pré-trinca, a qual terá 3 mm de comprimento segundo o especificado pela referida norma. O ensaio será realizado com uma razão de carregamento de $R= 0,1$ e uma frequência de 30 Hz.

Para desenvolver este ensaio é necessário conhecer alguns parâmetros dos materiais como geometria do corpo de prova, a flexibilidade elástica (“compliance”) para cálculo do tamanho da trinca pela técnica de flexibilidade elástica, módulo de elasticidade, propriedades advindas do ensaio de tração como tensão limite de escoamento e tensão limite de resistência, etc...

O modelo da planilha estará anexo no STOA junto com a norma técnica do ensaio. Este material deve ser estudado antes da realização do ensaio para compreender os procedimentos experimentais que serão vistos na prática.

Cálculos.

Os valores de K_{Ic} variam principalmente com alguns fatores, entre eles a temperatura e a taxa de carregamento. Para o desenvolvimento da prática devemos determinar segundo a norma ASTM 1820 a taxa de carregamento baseados na geometria do corpo de prova e propriedades do material.

Seguindo a norma previamente citada, estabelecemos que a taxa de carregamento seja: **0,55 a 2,75 MPa.m^{1/2}/segundos**. Esta é a faixa mínima e máxima para a taxa de carregamento. Em termos práticos podemos trabalhar com uma taxa intermedia de **1,0 MPa.m^{1/2}/s**, a qual satisfaz o requerimento da norma. O equipamento não calcula parâmetros em termos do fator de intensidade de tensão, logo é necessário calcular uma taxa em função do carregamento. Portanto, realizando a conversão para taxa em carregamento teremos para este caso **0,26 kN/segundo**, este valor será aplicado no corpo de prova até que ocorra a fratura do corpo de prova. Para realizar a conversão de 1,0 MPa.m^{1/2} para 0,26 kN/seg. foi utilizada a equação 3 e um fator geométrico de $f(a/W) = 10,95$ advindo a equação 2.

$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{K_I B \sqrt{W}}{P}$
(a) Compact specimen.
$\frac{2 + \frac{a}{W}}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.60\left(\frac{a}{W}\right)^4 \right]$

Equação 2. Calculo do fator geométrico f.

$$K = f(a/W) \cdot Sg \cdot (\pi \cdot a)^{1/2}$$

Equação 3. Calculo tenacidade à fratura em função da carga e comprimento de trinca.

Onde:

$$K = 1 \text{ MPa.m}^{1/2}$$

F=10,95 fator geométrico obtido da equ. 2, relação $\alpha=0,56$

$$Sg = P/W \cdot B$$

P= valor de carregamento requerido em Newtons

W= 38,13 mm– ligamento do corpo de prova

B= 19 mm Espessura do corpo de prova

a= 19,30 mm comprimento total da trinca = comprimento pre-trinca mais entalhe.

Isolando na equação 3 a carga P obtemos:

$$P = K \cdot W \cdot B / f \cdot (\pi \cdot a)^{1/2}$$

$$P = 260N$$

Assim a taxa de carregamento (P/s) calculada para os corpos de prova será de 260N/s.

Além da taxa de carregamento, fatores como a geometria e dimensões do corpo de prova são fundamentais para o ótimo desenvolvimento do ensaio e obtenção de um valor válido de K_{Ic} . Assim, é também apresentado um exercício no qual os estudantes têm que determinar as dimensões de um determinado corpo de prova, segundo os parâmetros da norma técnica ASTM E399/12

EXERCÍCIO

Serão ensaiados corpos de prova do tipo C(T) e DC(T) de um aço de ultra-alta resistência desconhecido. Sabe-se da análise microestrutural, ensaios de dureza e tração, que este aço possui microestrutura de martensita revenida, dureza de 52 HRC, tensão limite de escoamento de 1.740 MPa, limite de resistência à tração de 2.010 MPa, Al [%] = 10 e E= 204 GPa. Sendo assim, vocês são perguntados qual seriam as dimensões destes corpos de prova para obtenção de um valor válido de K_{Ic} a temperatura ambiente. Qual o peso aproximado se a densidade do aço é de 7,87 g/cm³? Qual a capacidade mínima do equipamento de ensaio? Use a norma ASTM399/12

Observação

Para este exercício os alunos da turma do professor Waldek devem considerar a geometria do corpo de prova tipo C(T) e os alunos do professor Cassius a geometria do corpo de prova tipo DC(T).

Após a obtenção da curva P x COD será necessário colocar em gráfico e calcular o ponto P_Q e posteriormente validar o ensaio (deformação plana) com todas as expressões vistas em sala de aula e na norma referenciada.

Fadiga rotativa (S-N)

Materiais

- 20 Corpos de prova tipo ampulheta.
- 3 máquinas fadiga rotativa RR MOORE
- Pesos de 100 gramas até 5 quilogramas
- Acetona
- Algodão

Procedimento experimental

Os 20 corpos de prova com acabamento superficial espelhado do material aço 300M serão limpos com acetona para retirar o óleo aplicado inicialmente, para evitar corrosão e posteriormente montados na máquina onde serão submetidos a diferentes níveis de tensão de 700 até 1500 MPa (definidos pelo conhecimento da curva de tensão deformação em tração), observando o número de ciclos até a ruptura. No caso dos corpos de prova que não romperam após número de ciclos de maior do que 10^6 consideram-se de vida infinita. Sendo utilizados 3 a 4 corpos de prova para cada nível de tensão, com frequência aproximada de 20 Hz. Na figura 1 está representada a geometria do corpo de prova utilizado no ensaio.

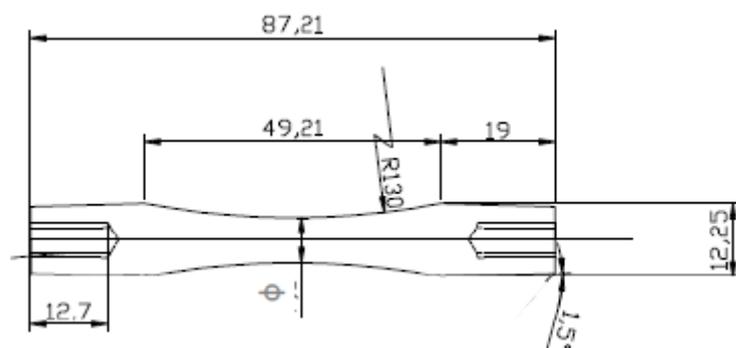


Figura 1: Dimensões do corpo de prova para ensaio de fadiga rotativa

Cálculos.

Para desenvolver o ensaio de fadiga rotativa precisamos calcular a carga aplicada (S). Neste tipo de ensaios é fundamental conhecer os parâmetros preestabelecidos pelo fabricante das máquinas para este caso R.R Moore. Segundo o manual a equação abaixo relaciona os diversos parâmetros para obter a carga em função da tensão esperada.

$$S = \frac{16Wl}{\pi D^3}$$

Equação 1. Cálculo de tensão em função do carregamento

Onde:

- S =Tensão aplicada (MPa)
- W = Peso total aplicado al corpo de prova. (quilogramos)
- L = Comprimento alavanca (mm)
- D = Diâmetro mínimo do corpo do prova (mm).

Conhecendo o comprimento da alavanca L (101,6 mm), e o parâmetro da tensão aplicada sobre o corpo de prova S , é possível determinar a carga aplicado W no corpo de prova. O sistema que fixa as anilhas de pesos na máquina tem um peso de 4,5 quilogramas o qual terá que ser subtraído do peso estimado final.

Exemplo

Para um corpo de prova de 5,41 mm de diâmetro mínimo (D), foi determinado aplicar um carregamento (S) de 900 MPa, determine o peso (W) que será colocado na máquina de fadiga rotativa R.R Moore para atingir a tensão determinada.

Resposta

Conhecendo os dados de tensão (S) e diâmetro mínimo (D) é possível determinar o peso que deve ser aplicado para realizar o ensaio.

Da equação 1, isolando o fator W que corresponde a carga aplicada, obtemos que o peso (anilha) que devemos colocar na máquina é de 28,09 Kg (Obs. Repare nas unidades da resposta obtida já que precisa converter para quilogramas). Como o sistema da fixação da máquina tem um peso de 4,5 Kg devemos retirar este peso adicional do cálculo inicial, ou estaríamos colocando um peso adicional sobre o corpo de prova. Assim o peso final que será inserido na máquina será de 23,6 Kg.

Como discutir e apresentar seus resultados?

Primeiramente leia atentamente os procedimentos de confecção do relatório que se encontram no site na área de trabalho da disciplina e o roteiro da aula. Apresentar os resultados obtidos na aula prática de forma clara e precisa, usar tabelas, figuras e gráficos devidamente enumerados e identificados. É oportuno colocar as figuras, tabelas e gráficos no corpo do texto, ou seja, à medida que vai se desenrolando o texto, coloca-se a figura citada em seguida, facilitando a construção do trabalho. Sempre citar alguma figura ou tabela no texto antes da sua apresentação, mencionando, como por exemplo: Conforme a Figura 1..... Comentar os resultados de forma clara, sem rodeios, sempre embasado em informações técnicas sobre o assunto podendo eventualmente fazer algum comentário particular, quando for pertinente ao assunto estudado.