

Parâmetros iniciais do projeto de uma máquina SNTT

Guilherme Bernardes Rodrigues*, Rosenda Valdés Arencibia, Joyce Antunes da Silva, Henry Fong Hwang, Sinésio Domingues Franco.

*Laboratório de Tecnologia em Atrito e Desgaste, guilhermebernardes.rodrigues@hotmail.com

Palavras-chave

SNTT, Tenacidade à fratura, Torque, Ângulo de torção

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, dentre as variadas propriedades mecânicas dos materiais, uma tem ganhado destaque devido à sua importância na previsão do comportamento do material, quando solicitado em serviço, e na prevenção da ocorrência de falhas estruturais (Anderson, 2005). Essa importante característica do material é a tenacidade à fratura, a qual é definida pela ASTM E740-88 (ASTM, 1995) como a propriedade que determina a capacidade que o material possui de resistir à propagação de uma trinca. Por volta de 1920, estudiosos começaram a investigar a tenacidade à fratura dos materiais e deram início ao desenvolvimento de uma série de métodos que objetivavam a medição dessa propriedade. Porém, esses métodos convencionais (tensão compacta e discos de tensão compacta), tratados na norma ASTM E399-90 (ASTM, 2017), são métodos que possuem grandes limitações. De acordo com Wang et al. (2004), a principal limitação se encontra nas dimensões dos corpos de prova testados, sendo que para serem ensaiados, os mesmos devem possuir espessura e volume suficientes para garantir um estado plano de tensão na frente da trinca. Dessa forma, os resultados desses testes são completamente questionáveis se o corpo de prova possuir dimensões menores do que as mínimas recomendadas pela norma ASTM E399-90 (ASTM, 2017).

Portanto, Wang et al. (2002) desenvolveram um novo modo de medir a tenacidade à fratura: o SNTT-Spiral Notch Torsion Test. Esse método é capaz de determinar a tenacidade à fratura, ao aplicar torção pura em amostras cilíndricas com um entalhe ao longo do corpo da amostra em um ângulo de inclinação de 45 graus. A torção pura gera um campo de tensão de tração/compressão equibiaxial uniforme e o entalhe efetivamente se torna um Modo I de falha (modo de abertura). O torque que atua em cada seção transversal ao longo do corpo de prova é o mesmo e mensurável. Logo, se atinge um estado plano de tensão em todos os planos normais ao entalhe em espiral. De acordo com Wang et al. (2004), se destacam como as principais motivações para o desenvolvimento do sistema de teste SNTT: gerar um valor de tenacidade à fratura intrínseca do material testado; eliminar o efeito do tamanho da amostra; estabelecer um método de teste confiável e econômico; gerar propagação de trinca consistente e estável; minimizar a incerteza na determinação da tenacidade à fratura; possibilitar o teste em modo misto de falha (Modo I + Modo III).

Assim, o presente trabalho tem como objetivo definir os sistemas de medição a serem utilizados para instrumentar uma máquina SNTT que possibilite a determinação da tenacidade à fratura de forma confiável para um leque de materiais, indo desde materiais mais dúcteis, como alumínio e aços ferramenta, até materiais frágeis como o concreto.

2. METODOLOGIA

A máquina de teste SNTT é constituída basicamente por dois sistemas básicos, a saber: sistema de aplicação de força (aplicador de torque) e sistema de instrumentação (*encoder* e torquímetro). O início do projeto se deu na especificação do sistema de instrumentação a ser utilizado, ou seja, *encoder* e torquímetro.

Segundo Timoshenko (1994), para calcular o torque máximo (T) que leva o material à fratura, e o ângulo de torção (φ), deve se conhecer os materiais testados e suas propriedades, bem como as dimensões dos corpos de prova trabalhados. Após isso, basta aplicar as Eqs. 1 e 2.

$$T = \frac{\gamma \cdot I_p \cdot G}{r} \quad (1)$$

$$\varphi = \frac{\gamma \cdot L}{r} \quad (2)$$

Na Eq. (1) I_p é o momento polar de inércia do corpo de prova, γ é a deformação de cisalhamento, G é o módulo de cisalhamento do material, r é o raio do corpo de prova e L é o comprimento do corpo de prova.

Vale ressaltar, que de acordo com a norma ISO 7800 (ISO, 2012), considerou-se que o comprimento máximo a ser usado para os cálculos preliminares seria de 300 mm.

Todos os materiais tiveram os diâmetros dos corpos de prova variados de 4 a 10 mm, com exceção dos arames petrolíferos, tendo em vista que em função de suas dimensões, avaliaram-se apenas os diâmetros de 4, 5 e 6 mm.

3. RESULTADOS

A Tabela 1 mostra os materiais a serem testados na máquina SNTT e suas principais propriedades. Para os aços AISI 4140, 4130 e 4340 os dados foram baseados em AZOM (2012), ASTM (2016) e Bringas (2002), enquanto que para os materiais 30CrMo6 e 38CrMo4, bem como para os arames petrolíferos mediram-se suas propriedades.

Tabela 1: Propriedades mecânicas dos materiais testados.

Propriedades do material	4140	4130	4340	30CrMo6	38CrMo4	Arames petrolíferos
Limite de escoamento (MPa)	415	460	470	$775,83 \pm 6,62$	$926,37 \pm 31,64$	$1239,4 \pm 13,5$
Módulo de elasticidade (GPa)	200	200	200	$210,24 \pm 1,03$	$209,10 \pm 1,36$	$200,2 \pm 2,2$
Coefficiente de Poisson	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Tensão crítica de cisalhamento (MPa)	207,50	230,00	235,00	387,92	463,18	619,70

A Figura 1 mostra o torque necessário para fraturar corpos de prova com 4, 5 e 6 mm de diâmetro.

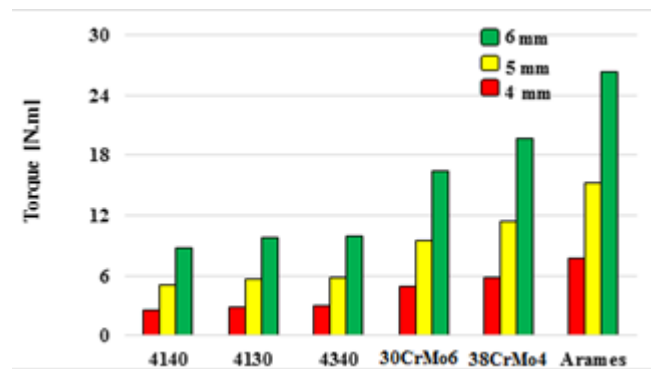


Figura 1: Valores de torque máximo calculados para os materiais testados.

É possível observar, na Figura 2, que os arames petrolíferos apresentaram o maior valor de torque. Na medida em que o diâmetro do corpo de prova aumentou, o valor do torque máximo também aumentou. Porém, é importante notar que o material dos arames petrolíferos tem seu diâmetro variado apenas de 4 a 6 mm, logo ele não determinará o maior valor de torque a ser aplicado pela máquina SNTT. O material que desempenhará essa função é o 38CrMo4.

A Figura 2 mostra os valores de torque necessários para fraturar o 38CrMo4 para os diâmetros de 4 a 10 mm. Além de verificar o torque, é necessário determinar o ângulo de torção que os corpos de prova experimentam quando submetidos aos torques máximos. Esse valor máximo do ângulo de torção é importante no momento de selecionar o *encoder* a ser utilizado. Na medida em que se aumentou o diâmetro do corpo de prova, menores foram os valores dos ângulos de torção para cada um dos materiais. Logo, o maior ângulo a ser medido é o ângulo de torção a que é submetido o corpo de prova de 4 mm de diâmetro dos arames petrolíferos, Fig. 3.

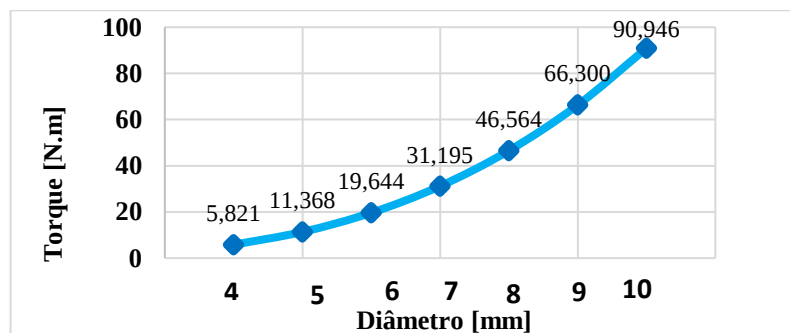


Figura 2: Valores de torque máximo calculados para o aço carioca.

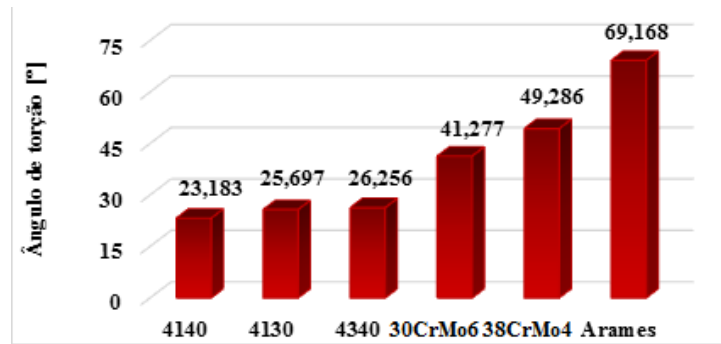


Figura 3: Valores de ângulo de torção calculados.

4. CONCLUSÕES

Os maiores valores de torque e de ângulo de torção foram respectivamente 90,946 N.m e 69,168°. Desta forma, o torquímetro deve ter faixa nominal de 100 N.m. Pode se afirmar que um *encoder singleturn*, isto é, que mede até 360°, é suficiente para a aplicação. O comprimento do corpo de prova não interfere no valor do torque aplicado, apenas no valor do ângulo de torção. Considerando que se realizaram esses cálculos com o comprimento máximo permitido pela norma ISO 7800 (ISO, 2012), ao se ensaiar corpos de prova menores que 300 mm, os ângulos de torção serão ainda menores.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao programa de pós-graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, à Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Uberlândia, à CAPES, à FAU e à PETROBRAS pelo suporte financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Anderson, T. L., “Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications”. 3ª Ed. New York: CRC Press, 2005.
- ASTM A29/A29M, “Standard Specification for General Requirements for Steel Bars, Carbon and Alloy, Hot-Wrought”. West Conshohocken: American Society for Testing Materials, 2016.
- ASTM E740-88, “Standard Practice for Fracture Testing with Surface-Crack Tension Specimens”. West Conshohocken: American Society for Testing Materials, 1995.
- ASTM E399-90, “Standard Test Method for Plane-Strain Fracture Toughness of Metallic Materials”. West Conshohocken: American Society for Testing Materials, 2017.
- AZOM Materials, “AISI 4130 Alloy Steel (UNS G41300)”. Article, nov. 2012.
- AZOM Materials, “AISI 4140 Alloy Steel (UNS G41400)”. Article, sep. 2012.
- AZOM Materials, “AISI 4340 Alloy Steel (UNS G43400)”. Article, sep. 2012.
- Bringas, J. E., “Handbook of Comparative World Steel Standards”. 3ª Ed. West Conshohocken: American Society for Testing Materials, 2002.
- ISO 7800: 2012, “Metallic materials – Wire – Simple torsion test”. 3ª Ed. Suíça: ISO copyright office, 2012.
- Timoshenko, S. P., “Mecânica dos Sólidos”. 1ª Ed. São Paulo: LTC, 1994. 268p;
- Wang, J. A.; Liu K. C. and McCabe, D. E., “A New Approach to Evaluate Fracture Toughness of Structural Materials”. ASME, Vol. 126, 2004, pp. 534-540.
- Wang, J. A., Liu, K. C., and McCabe, D. E., "An Innovative Technique for Measuring Fracture Toughness of Metallic and Ceramic Materials," Fatigue and Fracture Mechanics: 33rd Volume, ASTM STP 1417, W. G. Renter and R. S. Piascik, Eds., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.

7. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.