

ESTUDO E NORMALIZAÇÃO DE ENSAIOS DE MATERIAIS TORSIOCALÓRICOS

Leonardo José Constantino Franchetti (PIBIC/CNPq), Thiago Henrique de Bona, Flávio Clareth Colman, Cleber Santiago Alves (Orientador). E-mail: csalves@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Maringá, PR.

Área: Engenharias; Subárea: Engenharia Mecânica

Palavras-chave: efeito i-calórico; ensaios de materiais; torsão.

RESUMO

Dentre os materiais que vem sendo estudados para uso na geração de energia sem emissão de carbono encontram-se aqueles que apresentam o que é definido como efeito i-calórico. Alguns deles mudam de temperatura quando submetidos a uma carga torcional, o que se denomina efeito torsioalórico. Dos efeitos mecanocalóricos conhecidos este é o que tem sido menos investigado, devido à maior complexidade que este tipo de ensaio exige. O objetivo deste projeto foi desenvolver uma bancada automatizada, que possa ser usada para medir o efeito torsioalórico em amostras sólidas de materiais. Para a verificação da funcionalidade do equipamento foram realizados ensaios em teflon, NBR e PU com corpos de prova de diâmetros entre 6 a 15 milímetros e comprimento útil de 100 milímetros, variando-se a deformação aplicada, tempo e número de ciclos de ensaio. Até aqui, o equipamento foi capaz de realizar medidas do efeito torsioalórico em amostras rígidas de polímeros submetidas a deformações inferiores a 40°. Quanto maior a condutividade térmica da amostra, melhor a leitura do efeito torsioalórico, sendo o teflon a origem das melhores leituras. Também foi verificado que materiais com menor rigidez que o teflon se conformam demasiadamente à aplicação de torque, dificultando o processo de manutenção da carga durante a etapa de estabilização da temperatura da amostra (exigência do método para a medição de qualquer efeito mecanocalórico).

INTRODUÇÃO

Durante os estudos com borracha natural, o estudioso John Gough notou uma variação de temperatura quando uma amostra era tracionada (HOLME, 1806). Este fenômeno deu origem aos estudos de diversas respostas térmicas que formam o que hoje conhecemos como efeitos mecanolóricos. Devido às diversas maneiras de

se empregar campos de forças sobre um material, foram criadas classes para identificá-las: quando a resposta térmica de um material é resultado de sua exposição a uma força de cisalhamento puro aplicada sobre ele, nos referimos a este tipo de efeito como efeito torsiocalórico (IMAMURA et al, 2018).

Apesar dos efeitos mecanocalóricos já serem conhecidos há muito tempo, ainda é tímida e quase inexistente a parcela das informações e trabalhos publicados sobre o efeito torsiocalórico, principalmente devido a sua maior complexidade de ensaio e limitação geométrica dos corpos de prova. Entretanto, recentemente cresceu o interesse da comunidade científica acerca deste efeito justificado por registros de resultados viabilizadores de conceitos de refrigeradores em estado sólido (WANG, et al, 2019) sob aplicação de cargas inferiores às que geralmente são usadas para o estudo dos materiais elastocalóricos (quando a tensão aplicada é uniaxial) ou barocalóricos (quando a tensão aplicada é hidrostática).

O evidente potencial do efeito torsiocalórico para a geração de energia e a existência de poucos trabalhos publicados sobre ele abrem novos campos de pesquisa sobre o assunto, como o desenvolvimento de equipamentos para o estudo metódico desses materiais, que permitam a elaboração de uma ou mais rotinas reprodutíveis de ensaio, a fim de que as propriedades torsiocalóricas dos materiais de interesse possam ser devidamente comparadas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho são empregados 3 tipos de amostras poliméricas:

- NBR (borracha nitrílica);
- PU (poliuretano);
- Teflon (politetrafluoretileno).

Para a realização dos ensaios foi utilizado um equipamento desenvolvido no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Maringá especialmente para este fim denominado Máquina de Ensaio Torsiocalóricos (M.E.T). O equipamento permite a fixação de corpos de prova com diâmetros entre 1 a 15 milímetros e comprimento de 240 milímetros, e a aplicação de deformações torcionais (em graus) sob um tempo determinado, com controle dinâmico da carga aplicada. Sobre este último ponto é importante dizer que na medida do efeito torsiocalórico a tensão de torque deve permanecer constante, depois de rapidamente atingida a deformação desejada, até que sua temperatura retorne a valores próximos à temperatura de referência (Por enquanto, a temperatura ambiente).

Os ensaios foram realizados com amostras de 100 milímetros de comprimento útil e diâmetros entre 6 a 15 milímetros. Foram empregadas deformações entre 30° a

180°, com variações de tempo de ensaio e número de ciclos de carregamento/alívio de tensão sob uma mesma amostra. A temperatura ambiente foi mantida em 20°C para todos os ensaios.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados mais relevantes foram destacados na Figura 1:

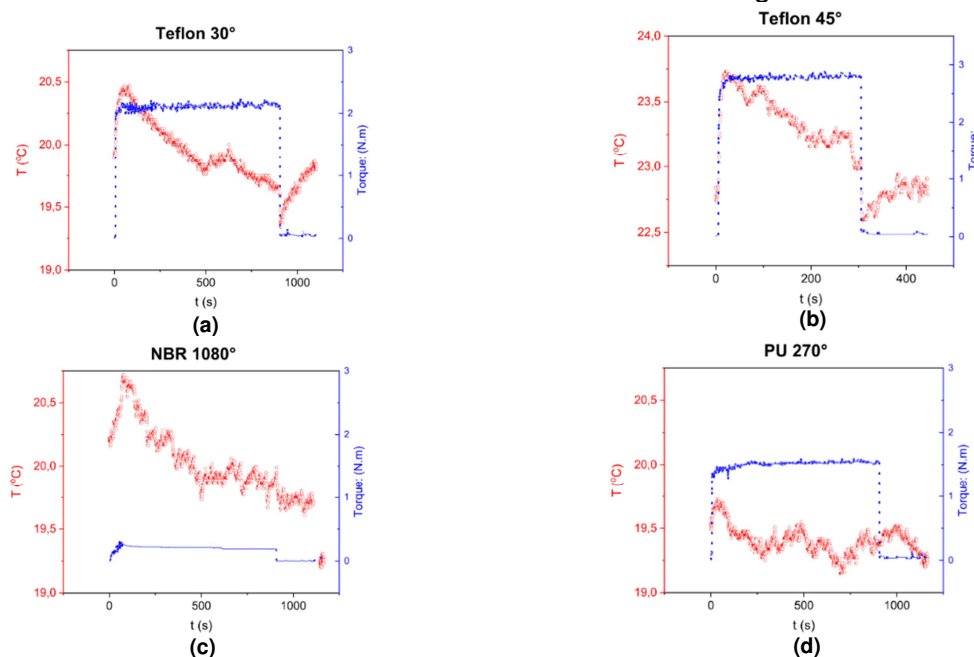


Figura 1: Gráficos dos resultados dos ensaios torsioalóricos nos materiais propostos e os respectivos graus de deformação angular aplicados.

Apesar do registro de temperaturas ainda não estar satisfatório, pode-se perceber que o equipamento foi capaz de seguir o método de ensaio programado.

Os resultados apontam que o comportamento de amostras menos rígidas (figuras 1(c) e 1(d)) exigem grandes correções da deformação após o primeiro pulso de tensão, a fim de manter o torque constante. Além disso, essas amostras mais macias apresentaram um baixo ΔT superficial, mesmo para grandes deformações. Após o levantamento de hipóteses, concluímos que deformações demasiadas podem ultrapassar o limite entre deformação elástica para plástica, gerando irreversibilidades no corpo de prova que suprimem ou extinguem o efeito de restituição no momento do contratorque.

CONCLUSÕES

Para grandes diâmetros (na literatura temos apenas fios) o comportamento dos materiais ensaiados foi semelhante aos já reportados na literatura, porém com algumas maiores limitações quanto à deformação imposta às amostras e quanto a rigidez das amostras. A presença do efeito para corpos maiores é promissora, visto que estes contêm maior capacidade térmica e podem ser mais viáveis para aplicações concretas em equipamentos para a geração de calor com emissão zero de carbono.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq por financiar este projeto de pesquisa e pela bolsa concedida, viabilizando não somente sua realização, mas também que eu pudesse me dedicar exclusivamente à vida acadêmica.

REFERÊNCIAS

HOLME. VII. **A description of a property of caoutchouc, or indian rubber; with some reflections on the cause of elasticity of this substance. In a letter to Dr. Holme.** The Philosophical Magazine, v.24, n.93, p.39-43, 18fev. 1806.

IMAMURA, W. et al. **I-Caloric effects: a proposal for normalization.** Proceedings of the 8º International Conference on Caloric Cooling (Thermag VIII), Darmstadt, Germany, September 16-20, p. 179-184. 2018

WANG, R. et al. **Torsional refrigeration by twisted, coiled, and supercoiled fibers.** Science, v.366, n.6462, p;216-221, 11 out. 2019.