

AVALIAÇÃO DO EFEITO BAROCALÓRICO EM COMPÓSITOS DE TPE COM GRAFENO

Fernando Alves Fungaes (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Flávio Clareth Colman, Sílvia Luciana Fávaro (orientadora). Email: ra123733@uem.br

Universidade estadual de Maringá, Centro de tecnologia, Maringá, PR

Palavras-chave: Elastômero termoplástico, Mecanocalórico, refrigeração em estado sólido, Óxido de Grafeno.

RESUMO

A indústria de dispositivos de refrigeração enfrenta desafios ambientais devido ao uso de fluidos refrigerantes prejudiciais ao meio ambiente, assim surgiu como alternativa os materiais refrigerantes em estado sólido, dentre estes, os materiais que apresentam os efeitos i-calóricos, este trabalho contempla o efeito Barocalórico. O material de estudo trata-se de um polímero que apresenta o efeito barocalórico, o Elastômero Termoplástico (TPE), porem possui uma baixa condutividade térmica, assim é necessário a adição de carga de óxido de grafeno a fim de melhorar suas propriedades térmicas. Os compósitos de TPE com adição de óxido de grafeno foram produzidos via extrusão e embutimento, utilizando uma carga em massa de 0,3, 0,5 e 0,7%. O efeito mecanocalórico mostrou resposta térmica sob pressão, com aumento da variação adiabática de temperatura (ΔT_s), atingindo valores de 11,133°C a 174 MPa e 40°C para o compósito com adição de 0,5% de OGR. A condutividade térmica aumentou 45% com a adição de óxido de grafeno, a dureza teve um aumento de 5% e o módulo elástico sofreram pouca variação, cerca de 5% e 9% respectivamente, para o compósito com 0,7% de OGR em relação ao TPE puro. Por fim, o TPE possui um grande potencial para a aplicação em sistemas refrigerantes em estado sólido, mas ainda é necessário o aprofundamento do estudo para obter melhores resultados.

INTRODUÇÃO

A indústria de refrigeração enfrenta o desafio crítico do uso de fluidos refrigerantes prejudiciais ao meio ambiente. Felizmente, novas tecnologias estão sendo desenvolvidas para superar esse problema. Entre as alternativas inovadoras, destacam-se os métodos de refrigeração baseados em materiais sólidos que exploram os efeitos i-calóricos, onde "i" representa campos externos como

magnéticos, elétricos ou mecânicos. Desses efeitos, o magnetocalórico, o eletrocalórico e o mecanocalórico ganham destaque, sendo este último o efeito barocalórico, surgindo quando pressão hidrostática é aplicada, resultando em variações de entropia ou temperatura. Diversos materiais apresentam o efeito barocalórico, com ênfase nos materiais elastoméricos, que exibem um efeito barocalórico gigante, por exemplo o PDMS de W. Imamura, 2022. Nesse contexto, surge a promissora possibilidade de desenvolver um compósito de elastômero termoplástico (TPE) com adição de Óxido de Grafeno, para a ampliação da condutividade térmica. Tendo como resultado um material com propriedades ideais para aplicação em máquinas térmicas, aproveitando as vantagens da alta condutividade térmica do Óxido de Grafeno e do efeito mecanocalórico compressivo gigante do TPE. Em síntese, as tecnologias de refrigeração estão evoluindo rumo a soluções sustentáveis, explorando os efeitos i-calóricos em materiais sólidos.

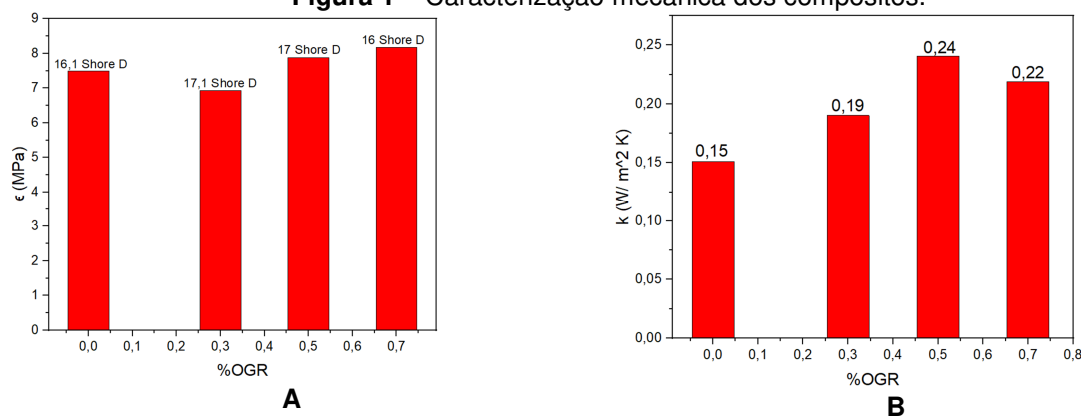
MATERIAIS E MÉTODOS

Para a fabricação dos compósitos foi utilizado o Óxido de Grafeno extraído de pilhas recicladas, foram fabricadas amostras com adição de 0,3%, 0,5% e 0,7% de carga de óxido ao TPE puro. As amostras foram produzidas pelo processo de extrusão por uma extrusora da Thermo Scientific, modelo MINI LAB II HAAKE Rheomex de parafusos cônicos duplos, na configuração co-rotante a 200°C e 60 RPM, com um tempo de circulação de 10 minutos. Após a extrusão, foi utilizada uma máquina embutidora metalográfica hidráulica manual da Pantec, modelo Panpress-30, utilizando 10 gramas de amostra picotada sob compressão de 1 kN a uma temperatura de 190°C por 90 minutos (70 de compressão, 10 de resfriamento com carga e 10 de resfriamento sem carga). A medição de condutividade térmica (k) do TPE e dos compósitos foi realizada utilizando um equipamento desenvolvido pelo grupo de pesquisa. Para as medições diretas do efeito mecanocalórico compressivo foi utilizado um calorímetro desenvolvido por Bocca J. R. e Col. nas temperaturas de 20 a 60°C (num intervalo de 10°C) nas pressões de 42, 86, 130 e 174 MPa. Um durômetro Teclocks GS-706 foi utilizado para o ensaio de dureza, seguindo a norma ASTM D2240 na escala Shore D, foram medidos cinco pontos e feita a média dos valores obtidos em cada ponto. Para a obtenção da curva de tensão x deformação, foi realizado o ensaio de compressão com uma máquina universal de ensaios EMIC 10000 com uma célula de carga de 5 kN segundo a norma ASTM D575-91 (2012).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 demonstra os valores do módulo de elasticidade e dureza do compósito de TPE com óxido de grafeno, é possível observar que o módulo de elasticidade aumenta ligeiramente conforme a carga é adicionada, o compósito com 0,7% de OGR obteve um aumento de 13% em relação ao valor do módulo elástico do TPE puro. No entanto, os valores de dureza média do compósito obtiveram pouca variação em relação ao TPE puro (16,5 Shore D), tendo seus valores em média de 16,7 Shore D.

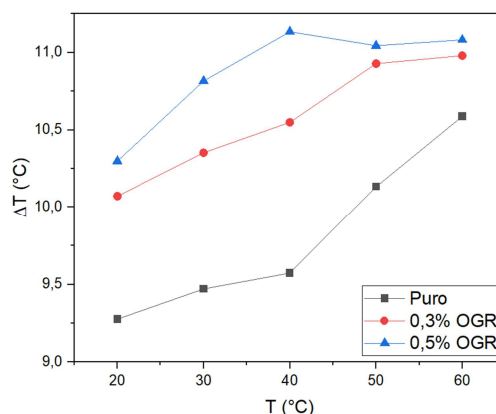
Figura 1 – Caracterização mecânica dos compósitos.



Fonte – O autor.

O valor da condutividade térmica obteve um aumento notável com a adição de carga, a amostra de TPE com 0,7% de adição de OGR obteve um aumento de 45% em relação ao TPE puro, o mesmo observado para suas variantes de 0,3% e 0,5% de OGR, estes valores implicam que a baixa adição de óxido aumenta a condutividade do compósito a ponto de ficar próximo aos melhores materiais com a presença do efeito barocalórico, como o PDMS de W. Imamura, 2022, com uma condutividade de 0,26 W/m² K para a amostra de 10wt% NG/PDMS. Pela análise da Figura 2, é possível observar que o ΔT_s das amostras aumenta conforme a carga é adicionada, obtendo um valor de 11,13°C para o compósito de 0,5% OGR a 40°C, um aumento de 86% em relação ao TPE puro na mesma temperatura e pressão (40°C, 174 MPa).

Figura 2 – Ensaio barocalórico do TPE puro e seus compósitos a 60°C e 174 MPa.



Fonte – O autor.

CONCLUSÕES

Os valores de dureza e o módulo de elasticidade dos compósitos demonstraram pouca variação em relação ao TPE puro, implicando uma boa compressibilidade das amostras, a condutividade térmica aumentou mais de 50% para os compósitos de óxido de grafeno com as cargas de Níquel e de Platina, um aumento maior que o observado para a amostra de Óxido de grafeno sem adição de carga. A medida do efeito barocalórico compressivo obteve resultados satisfatórios, aproximando seus valores de ΔT aos melhores materiais barocalóricos. Dito isso, a partir dos resultados obtidos, é possível afirmar que o TPE com adição de Óxido de grafeno puro extraído de pilhas recicladas, o Óxido de grafeno com carga de Níquel e o Óxido de grafeno com carga de Platina, pode ser utilizado para a aplicação em máquinas de refrigeração em estado sólido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação Araucária pelo incentivo financeiro.

REFERÊNCIAS

W. Imamura, E. O. Usuda, É. S. N. Lopes, and A. M. G. Carvalho, "Giant barocaloric effects in natural graphite/polydimethylsiloxane rubber composites," *J Mater Sci*, vol. 57, no. 1, pp. 311–323, Jan. 2022, doi: 10.1007/S10853-021-06649-9/FIGURES/5.

BOCCA, J. R. et al. Giant barocaloric effect in commercial polyurethane. *Polymer Testing*, v. 100, p. 107251, 2021.