

AVALIAÇÃO DO EFEITO BAROCALÓRICO EM COMPÓSITOS DE TPE COM CARGAS CONDUTORAS TÉRMICAS

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, Mecânocalórico, refrigeração em estado sólido

RESUMO

A indústria de dispositivos de refrigeração enfrenta desafios ambientais devido ao uso de fluidos refrigerantes prejudiciais ao meio ambiente, com isso, 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, que é caracterizado quando uma pressão hidrostática é aplicada no material. O material de estudo deste trabalho se trata de um polímero que apresenta o efeito barocalórico, o Elastômero Termoplástico (TPE), mas possui uma baixa condutividade térmica, por conta disso, se faz necessário a adição de carga de grafite natural a fim de melhorar suas propriedades térmicas. Os compósitos de TPE com carga em massa de grafite foram produzidos via extrusão e embutimento, utilizando carga em massa de grafite de 0 a 30%. O efeito mecanocalórico mostrou resposta térmica sob pressão, com aumento da variação adiabática de temperatura (ΔT_s), atingindo valores de 10,59°C a 174 MPa e 60°C. A condutividade térmica e dureza aumentaram com a proporção de carga de grafite, com valores de 0,73 W/m*K, 79 Shore A para o compósito com 30% de grafite. Por fim, concluímos que 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.

Uma ampla gama de materiais apresenta o efeito barocalórico, com ênfase nos materiais elastoméricos, que exibem um efeito barocalórico gigante. Exemplos

incluem borracha natural (VNR)[1], borracha de nitrilo butadieno (NBR)[2], borracha de polidimetilsiloxano (PDMS)[3] e silicone acético (ASR)[4]. Nesse contexto, surge a promissora possibilidade de desenvolver um compósito de elastômero termoplástico (TPE) com adição de grafite, visando ampliar a condutividade térmica. Isso resultaria em um material com propriedades ideais para aplicação em máquinas térmicas, aproveitando as vantagens da alta condutividade térmica do grafite 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. O desenvolvimento desses materiais compostos oferece perspectivas animadoras para aplicações eficientes em máquinas térmicas, contribuindo assim para um futuro mais ecologicamente equilibrado

MATERIAIS E MÉTODOS

PROCESSAMENTO DO TPE PURO E COMPÓSITOS

O TPE puro e seus compósitos com reforço de 0 a 30% carga em massa de grafite foram produzidos 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 70 minutos (50 de compressão, 10 de resfriamento com carga e 10 de resfriamento sem carga)

CARACTERIZAÇÃO

A medição de condutividade térmica (k) do TPE e seus compósitos foi realizada utilizando um equipamento desenvolvido por Bocca J. R. [5]. Para as medições diretas do efeito mecanocalórico compressivo foi utilizado um calorímetro desenvolvido por Bocca J. R. [5] nas temperaturas de 20 a 40°C (utilizando um intervalo de 10°C) nas pressões de 42, 86 e 130 e 174 MPa. Um durômetro Teclocks GS-706 foi utilizado para o ensaio de dureza, seguindo a norma ASTM D2240 na escala Shore A, foram medidos cinco pontos e feita a média dos valores obtidos em cada ponto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio mecanocalórico compressível demonstrou a presença de uma resposta térmica sob pressão, tanto para o TPE puro quanto para seus compósitos com carga de grafite natural (10, 20 e 30% de carga), como observada na figura 1. É notável que com o aumento da tensão de compressão, ocorre um aumento substancial da variação adiabática de temperatura ΔT_s , considerando o TPE puro, na pressão de 42 MPa foi obtido um valor de ΔT_s igual a 3,16°C na temperatura de 60°C, mas quando observado na pressão de 174 MPa sob a mesma temperatura, o valor de

ΔT_s apresentado é 10,59°C. Já para os compósitos, há uma redução nos valores de ΔT_s em relação ao TPE puro, podendo ser evidenciado pela observação dos máximos valores obtidos na pressão de 174 MPa, 8,67°C, 9,57°C, 9,36°C respectivamente para 10, 20 e 30% de carga em massa de grafite. O aumento de temperatura não implicou para um aumento significativo nos valores de ΔT_s .

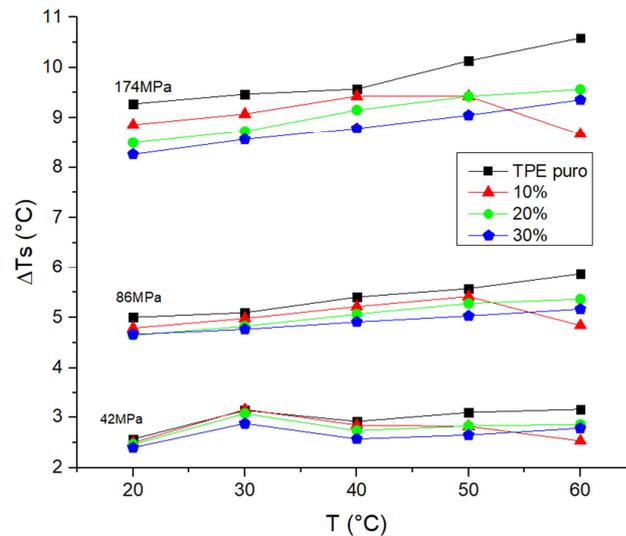


Figura 1: Efeito mecânocalórico compressivo no TPE puro e seus compósitos de 10, 20 e 30% de carga em massa de grafite natural nas pressões de 42, 86 e 174 MPa nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C

As medidas de condutividade térmica e dureza foram realizadas para o TPE puro e suas duplicatas de 10, 20 e 30% de carga de grafite. Os resultados da condutividade térmica e da dureza evidenciaram um aumento significativo de condutividade térmica das amostras conforme a proporção de carga aumentava, atingindo valores de 0,19, 0,29, 0,30, 0,45 e 0,73 W/m*K, para o TPE puro, e seus compósitos de 10, 20 e 30% de carga respectivamente. Os valores da dureza aumentaram conforme a proporção de carga de grafite, atingindo valores médios de 62, 65, 71 e 79 Shore A, para o TPE e seus compósitos de 10, 20 e 30% de carga.

CONCLUSÕES

Baseando-se nos dados obtidos, podemos concluir que o TPE e seus compósitos possuem capacidade para a aplicação em sistemas térmicos de refrigeração em estado sólido. Aproximando seus valores de ΔT_s aos dos melhores materiais barocalóricos, os valores de condutividade térmica em relação aos materiais poliméricos foram satisfatórios conforme se aumentava a quantidade percentual de carga de grafite, também foi possível observar que quanto maior o percentual de massa de carga de grafite, menor é a ΔT_s apresentada, mostrando que há a necessidade de aprofundamento no estudo para que futuramente seja possível atingir a melhor constituição para o compósito, mesclando o ganho de

condutividade térmica ao desenvolvimento considerável de um efeito mecanocalórico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pelo incentivo financeiro e aos professores orientadores que me agregaram tal conhecimento na área de materiais.

REFERÊNCIAS

- [1] E. O. Usuda, N. M. Bom, and A. M. G. Carvalho, “Large barocaloric effects at low pressures in natural rubber”, 2017, doi: 10.16/j.eurpolymj.2017.05.017.
- [2] E. O. Usuda, W. Imamura, N. M. Bom, L. S. Paixão, and A. M. G. Carvalho, “Giant Reversible Barocaloric effects in Nitrile Butadiene Rubber Around Room Temperature”, *ACS Appl Polym Mater*, Vol. 1, no. 8, pp. 1991-1997. Aug. 2019, doi: 10.21/ACSAPM.9B00235/SUPPL_FILE/AP9B00235_SI_001.PDF.
- [3] A. M. G. Carvalho, W. Imamura, E. O. Usuda, and N. M. Bom, “Giant room-temperature barocaloric effects in PDMS rubber at low pressures,” *Eur Polym J*, vol. 99, pp. 212–221, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.eurpolymj.2017.12.007.
- [4] W. Imamura, E. O. Usuda, L. S. Paixão, N. M. Bom, A. M. Gomes, and A. M. G. Carvalho, “Supergiant Barocaloric Effects in Acetoxy Silicone Rubber over a Wide Temperature Range: Great Potential for Solid-state Cooling,” *Chinese Journal of Polymer Science (English Edition)*, vol. 38, no. 9, pp. 999–1005, Sep. 2020, doi: 10.1007/s10118-020-2423-9.
- [5] Bocca J. R, “Efeito barocalórico em compósitos de grafite/poliuretano”. 2021. Tese (Doutorado) – Programa de pós graduação em química. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2021.