

AVALIAÇÃO DO EFEITO MECANOCALÓRICO COMPRESSIVO EM COMPÓSITOS DE POLIURETANO TERMOPLÁSTICO PARA APLICAÇÃO EM REFRIGERAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO

Felipe Guilherme Oliveira Baum (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Flávio Clareth Colman, Silvia Luciana Fávaro (Orientadora), e-mail: ra105533@uem.br.

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

Engenharia Mecânica e Processos de Fabricação

Palavras-chave: Mecanocalórico, refrigeração em estado sólido, poliuretano termoplástico.

Resumo:

Na última década, ocorreu um renovado interesse da comunidade científica no estudo dos efeitos mecanocalóricos, pois se apresentam como alternativas ambientalmente amigáveis para a aplicação em sistemas de refrigeração ou bombas de calor. Dessa forma, o objetivo deste trabalho, contemplou o desenvolvimento de compósitos com matriz de poliuretano termoplástico (TPU) e carga de grafite visando a aplicação na refrigeração em estado sólido. Os compósitos foram preparados por extrusão de acordo com um planejamento fatorial 2^3 com ponto central, variando-se os níveis de rotações por minuto (extrusora), tempo de recirculação (extrusora) e percentual em massa de carga adicionada (Grafite). As amostras foram caracterizadas com relação à dureza, condutividade térmica e efeito mecanocalórico compressivo. O aumento de carga de grafite se provou significativa para o aumento da condutividade térmica das amostras, atingindo $0,51 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ para 30 % de proporção em massa. Já por meio do ensaio mecanocalórico compressivo, verificou-se um aumento da variação adiabática de temperatura ΔT_s , com o respectivo aumento da tensão aplicada no ensaio, atingindo o valor de $12 \text{ }^\circ\text{C}$ para 218 MPa de pressão.

Introdução

Os efeitos *i*-calóricos são propriedades intrínsecas com potencial de inovação em áreas como medicina (nos tratamentos contra câncer) e máquinas térmicas (refrigeradores e bombas de calor) [1]. Esses efeitos são caracterizados como reversíveis, em que, a aplicação de campo elétrico, magnético ou de tensões mecânicas dão origem a variação isotérmica de entropia ou a uma variação adiabática de temperatura [2]. O efeito mecanocalórico ($E-\sigma C$) é subdividido em três: Elastocalórico ($E-\sigma_e C$), Torsionalcalórico ($E-\sigma_t C$) e Barocalórico ($E-\sigma_b C$), o ($E-\sigma_b C$) é caracterizado pela aplicação de compressão isostática (em todas as direções) em uma amostra.

Diferentes materiais apresentam o efeito barocalórico, como cristais plásticos e polímeros, dentre os materiais poliméricos, os elastômeros apresentam um efeito barocalórico gigante, além de características como: fácil processamento e baixo custo de produção. Todavia, esses polímeros possuem baixa condutividade térmica e elétrica, o que pode prejudicar a sua aplicação em sistemas de refrigeração em estado sólido devido ao desenvolvimento de baixas frequências de ciclo de operação [3]. De acordo com o previamente descrito, o desenvolvimento de um compósito de matriz elastomérica (TPU) com grafite como carga, para o aumento da condutividade térmica, pode proporcionar um material com ótimas características para aplicação em máquinas térmicas, pois ambas as propriedades de interesse poderão estar presentes no compósito, ou seja, um elevado efeito mecanocalórico compressivo aliado a uma melhoria da condutividade térmica.

Materiais e métodos

Processamento do TPU e compósito.

O TPU puro (BRASTHANE APA 87 F V0 NATURAL) e compósitos com matriz de TPU e reforço de grafite (Sigma-Aldrich) foram produzidos por extrusão utilizando uma extrusora da Thermo Scientific, modelo Mini Lab II HAAKE Rheomex de parafusos cônicos duplos, na configuração co-rotante à 200°C. Os experimentos foram realizados de acordo com um planejamento fatorial 2^3 com ponto central variando os fatores: tempo de recirculação (de 0, 5 e 10 minutos); a massa de reforço (grafite) presente no compósito (de 10, 20 e 30%) e rotação (de 30, 60 e 90 rpm). Os corpos de prova com geometria cilíndrica (de 30mm de diâmetro e 10 mm de altura) foram produzidos a partir uma embutidora metalográfica hidráulica manual da empresa Pantec, modelo Panpress-30, sendo utilizadas 9 gramas de amostra picotada sobre uma compressão de 1 kN, a temperatura de 190 °C, por 50 minutos.

Caracterização

A condutividade térmica (k) no TPU puro e compósitos desenvolvidos foram realizadas no equipamento desenvolvido pelo departamento de Engenharia Mecânica (DEM), da Universidade Estadual de Maringá. A partir da geração de calor por uma pastilha termoelétrica, a medição da temperatura era realizada por três termopares, dois destes em contato com a amostra e o terceiro em contato com um padrão de referência. As medições diretas do EbC foram realizadas em um calorímetro conforme descrito por Carvalho e col.[4] . Para o ensaio de dureza utilizou-se a norma ASTM D2240 e um durômetro Tecloks GS-706, na escala Shore A.

Resultados e Discussão

O ensaio mecanocalórico compressivo no TPU puro denotou a presença de uma resposta térmica sob pressão, da análise da Figura 1, verificou-se que com o aumento da tensão de compressão, também ocorreu um aumento da variação adiabática de temperatura ΔT_s partindo de 2,7 °C a 42 MPa para 12 °C a 218 MPa,. O aumento da temperatura não proporcionou um aumento significativo para a ΔT_s .

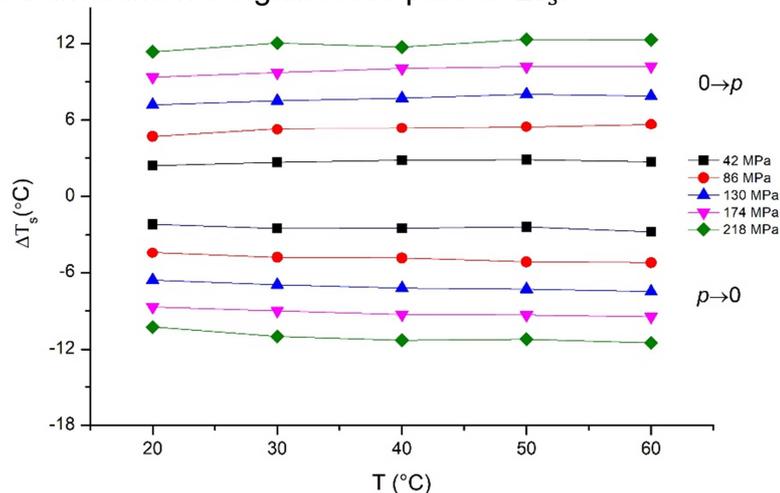


Figura 1 – Efeito barocalórico do TPU puro em compressão ($0 \rightarrow p$) e descompressão ($p \rightarrow 0$) para diferentes pressões e temperaturas.

Da análise do planejamento fatorial, verificou-se, que dos efeitos principais, apenas, o tempo de recirculação e a carga de reforço eram significativos, bem como, o efeito de interação entre estes. Os resultados da condutividade térmica e da dureza não evidenciaram uma dispersão adequada do grafite na matriz (TPU), quando utilizado o tempo nulo de recirculação, a condutividade térmica e a dureza destes compósitos assumiram valores iguais ou próximos dos obtidos para a amostra de TPU (0,12 W/(m·K) e 86 Shore A). Com o aumento do tempo de recirculação (10 min), o processo de extrusão apresentou uma dispersão mais adequada da carga na matriz, com o aumento da carga de grafite, verificou-se um aumento dos valores da condutividade térmica dos compósitos, de 0,25, 0,34 e 0,51 W/(m·K) para 10, 20 e 30% de carga de grafite, respectivamente. A dureza aumentou, atingindo valores médios de 90, 93 e 94 Shore A para 10, 20 e 30 % de carga de grafite. Com a análise da Figura 2, o aumento carga de grafite diminuiu a ΔT_s , passando de 11,73, 11,60 e 11,08 °C para o TPU, compósito (matriz de TPU) com 10 e 30% de reforço. Na tensão de compressão de 218 MPa, à 40 °C, foi verificada a maior diferença (13% de diminuição de ΔT_s) entre os valores obtidos com o aumento das tensões de compressão aplicadas no ensaio. Com o aumento da temperatura de ensaio, houve aumento da ΔT_s para as pressões mais altas, com uma média de aumento de 3% conforme se aumentava a temperatura de ensaio em 10 °C.

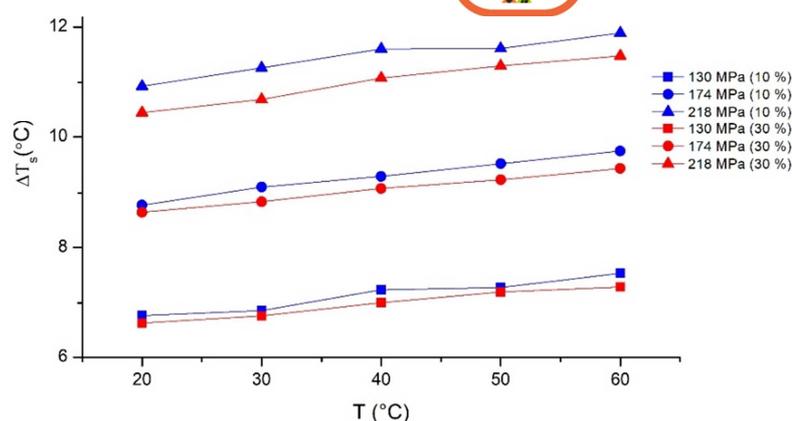


Figura 2 – Efeito barocalórico do TPU com 10 e 30 % de reforço de grafite para compressão (0→p) em diferentes temperaturas.

Conclusões

As amostras de compósito se demonstraram promissoras para aplicação em refrigeradores mecanocalóricos compressivos, atingindo valores de ΔT_s próximos dos conseguidos pelos melhores materiais barocalóricos, também foram obtidos bons valores de condutividades térmicas para os compósitos quando comparados aos materiais poliméricos, conforme se aumentou o percentual de carga de grafite. Observou-se também que quanto maior o percentual de massa de carga de grafite, menor é a ΔT_s apresentada, demonstrando-se a necessidade de aprofundar-se no estudo para conseguir-se futuramente, a melhor constituição para o compósito, aliando-se o ganho de condutividade térmica ao desenvolvimento de um efeito mecanocalórico considerável.

Agradecimentos

Agradeço ao CNPq pelo incentivo financeiro fornecido.

Referências

- [1] Tishin, A.M., Spichkin, Y.I., Zverev, V.I., Egolf, P.W., 2016. **A review and new perspectives for the magnetocaloric effect: New materials and local heating and cooling inside the human body**. Int. J. Refrig. 68, 177–186.
- [2] XIE, Zhongjian; SEBALD, Gael; GUYOMAR, Daniel. **Comparison of elastocaloric effect of natural rubber with other caloric effects on different-scale cooling application cases**. Applied Thermal Engineering, Elsevier, v. 111, p. 914-926, 2017.
- [3] ZAIIONCZ, Soraia. Estudo do efeito de plastificação interna do PVC quimicamente modificado. 2004.
- [4] Bom, N.M., Usuda, E.O., Guimarães, G.M., Coelho, A.a., Carvalho, A.M.G. **Experimental setup for measuring the barocaloric effect in**

30º Encontro Anual de Iniciação Científica
10º Encontro Anual de Iniciação Científica Júnior



11 e 12 de novembro de
2021

polymers: Application to natural rubber, Rev. Sci. Instrum. 88, 046103 (2017). Erratum: Rev. Sci. Instrum. 89, 039901 (2018).