

AVALIAÇÃO DO EFEITO BAROCALÓRICO EM COMPÓSITOS DE MATRIZ ELASTOMÉRICA

Murilo Romagnolli Dantas de Oliveira (PIBIC/CNPq/FA/UEM), William Imamura, Flavio Clareth Colman, Silvia Luciana Fávoro (Orientador), e-mail: mdantas93@gmail.com

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

Engenharia Mecânica/Processos de Fabricação

Palavras-chave: Barocalórico, Silicone Acético, Grafite

Resumo:

A refrigeração em estado sólido, tem como princípio fundamental, o efeito i – calórico que alguns materiais apresentam quando submetidos a um campo intensivo de tensão. Os elastômeros são uma classe especial destes materiais e apresentam efeitos i – calóricos gigantes, quando submetidos a campos de tensão mecânica (tração uniaxial ou pressão hidrostática). Desta maneira, o objetivo do presente trabalho se baseou no desenvolvimento de compósitos de matriz elastomérica (silicone acético) e carga de grafite natural para a refrigeração em estado sólido. O aumento da quantidade de carga de grafite no compósito propiciou uma redução da variação adiabática de temperatura (ΔT_S) das amostras, quando comparadas a uma pressão e temperatura inicial de ensaio semelhantes, e um aumento da condutividade térmica.

Introdução

A busca por se desenvolver novas tecnologias para refrigeração que não afetem o meio ambiente, fez com houvesse um impulsionamento para pesquisas a respeito da refrigeração em estado sólido, que se baseia no efeito i -calórico, definido como a resposta térmica que determinados materiais apresentam quando são expostos à variação de um ou mais campos externos. Tais efeitos podem ser classificados de acordo com o tipo de campo externo aplicado, sendo divididos em: magnetocalórico (campo magnético), eletrocalórico (campo elétrico) e mecanocalórico (campo de tensão mecânica). O efeito mecanocalórico é subdividido em elastocalórico (aplicação de uma tensão uniaxial de tração), torsiocalórico (aplicação de tensão de cisalhamento simples) ou ainda barocalórico (aplicação de pressão hidrostática). O efeito i -calórico pode ser categorizado de duas maneiras: uma variação adiabática de temperatura (ΔT_S) ou uma variação isotérmica de entropia (ΔS_T) [1].

Diferentes materiais foram estudados para verificação de seus efeitos i -calóricos, dentre estes, os polímeros elastoméricos, que apresentam efeito barocalórico (ΔT_S e ΔS_T) gigante. No entanto, estes polímeros evidenciam uma baixa

condutividade térmica, o que limita a sua aplicação na refrigeração em estado sólido. A baixa condutividade térmica pode ocasionar uma baixa frequência de ciclo para o refrigerador prejudicando a sua performance [2].

Assim, uma das alternativas para se aprimorar a condutividade térmica destes polímeros, seria combinar a matriz elastomérica com cargas condutoras térmicas. Conseqüentemente, o objetivo deste trabalho contempla a fabricação de compósitos de matriz elastomérica (Silicone Acético) combinadas a carga térmica (grafite natural) para a avaliação do efeito barocalórico e condutividade térmica.

Materiais e Métodos

Escolha do Solvente e Confeção de amostras

O silicone acético é uma substância de viscosidade elevada, portanto, foi realizada a sua dissolução. Diferentes solventes foram testados com o propósito de viabilizar a adição da carga de grafite sem prejuízo ao processo de cura da matriz de silicone acético. Desta maneira, considerou-se nos experimentos quatro diferentes solventes, sendo estes: o álcool isopropílico, o metanol, o álcool etílico e o ácido acético. Foram promovidos ensaios com percentuais de 10, 30 e 50% de massa de solvente em relação a massa de silicone. O período de cura deste conjunto de ensaios foi de 7 a 10 dias.

As amostras foram produzidas através da dissolução da matriz de silicone acético da marca Power Ved em diferentes quantidades de solvente (Ácido Acético) para a adição de 0, 10, 20, 30, 40 e 50% de carga de grafite natural em relação a massa de silicone acético. Após fabricados os compósitos foram dispostos em moldes de gesso com dimensões cilíndricas de 8 mm de diâmetro e 50 mm de altura para que pudessem curar em um período aproximado de 7 dias.

Ensaio Barocalórico e Caracterização

A medida do efeito barocalórico foi realizada de maneira direta para as amostras (de 8 mm de diâmetro e 21 mm de altura) de silicone acético puro e compósito com 50% de carga de grafite natural em equipamento desenvolvido segundo Bocca (2021). Neste ensaio, o corpo de prova foi posicionado dentro de uma câmara de pressão adiabática, as temperaturas iniciais de ensaio foram de: 20, 40, 60 e 80°C. Após estabilizada a temperatura inicial foram aplicadas as pressões de compressão de 50, 100, 150 ou 200 MPa. Com a aplicação desta pressão, o material apresentou um aumento de temperatura (em condições adiabáticas), com o tempo, a temperatura inicial de ensaio é restituída sob campo de pressão constante, neste ponto, a pressão foi retirada (alívio do sistema), o material barocalórico apresentou uma redução de temperatura (em condições adiabáticas), após certo período a temperatura inicial de ensaio é restituída e o experimento finalizado.

A condutividade térmica (k) para o silicone puro e para o compósito com 40% de grafite natural foi medida através de um equipamento desenvolvido segundo Bocca (2021), o qual efetua a medição da temperatura por meio de três termopares, dois deles em contato direto com a amostra e o último conectado com um

referencial. Já o ensaio de dureza, foi efetuado utilizando a norma ASTM D2240 em um durômetro Tecloks GS-706, na escala Shore A.

Resultados e Discussão

Visando-se encontrar o melhor solvente para a presente aplicação, após testes, notou-se que o polímero utilizado apresentou maior solubilidade no ácido acético, além de possibilitar o melhor processo de cura do polímero. Desta maneira, os experimentos foram realizados utilizando-se 50% de solvente em relação à massa de silicone acético.

O ensaio barocalórico do material apresentou uma resposta térmica da variação adiabática de temperatura nas amostras de silicone puro e de compósito com 50% de matriz de silicone acético e 50% de carga de grafite natural. As respostas térmicas para cada uma das amostras estão evidenciadas nas Figs.1 e 2.

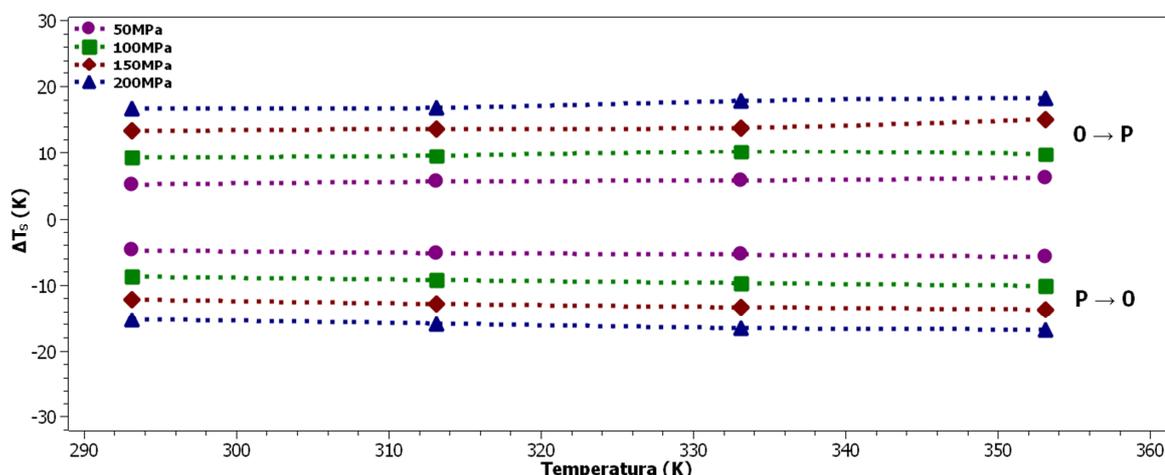


Figura 1 - Efeito Barocalórico do Silicone Puro em compressão (0 → P) e descompressão (P → 0) para diferentes pressões e temperaturas.

Por meio da análise da Fig.1, foi possível verificar que com o aumento da pressão aplicada na amostra, também ocorreu um aumento da variação adiabática de temperatura. A amostra de silicone puro na compressão apresentou ΔT_S à 50MPa e 293K de 5,13K, enquanto, ΔT_S à 200MPa e 293K apresentou um valor de 16,67K, um aumento de 224,95%. Todavia, ΔT_S não sofre uma variação considerável com o aumento da temperatura para uma pressão constante. Isto também pode ser notado na Fig. 2, para o caso do compósito com 50% grafite natural (carga) e 50% de silicone acético. O compósito na compressão apresentou ΔT_S à 200MPa e 293K de 7,47K, enquanto, ΔT_S à 200MPa e 353K apresentou um valor de 9,77K, um aumento de 30,79%.

Quando comparadas às ΔT_S na pressão de 200 MPa verificou-se uma redução de até 55,19% do efeito barocalórico no compósito em relação ao silicone acético puro devido a adição de 50% de carga de grafite. Já para a condutividade, tem-se que esta propriedade aumenta com a adição de carga, sendo que para a amostra de silicone puro o valor de k foi de 0,085W/(m.K) e para o compósito

contendo 40% de carga esta propriedade foi elevada à $0,57\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, evidenciando um incremento de aproximadamente 570%.

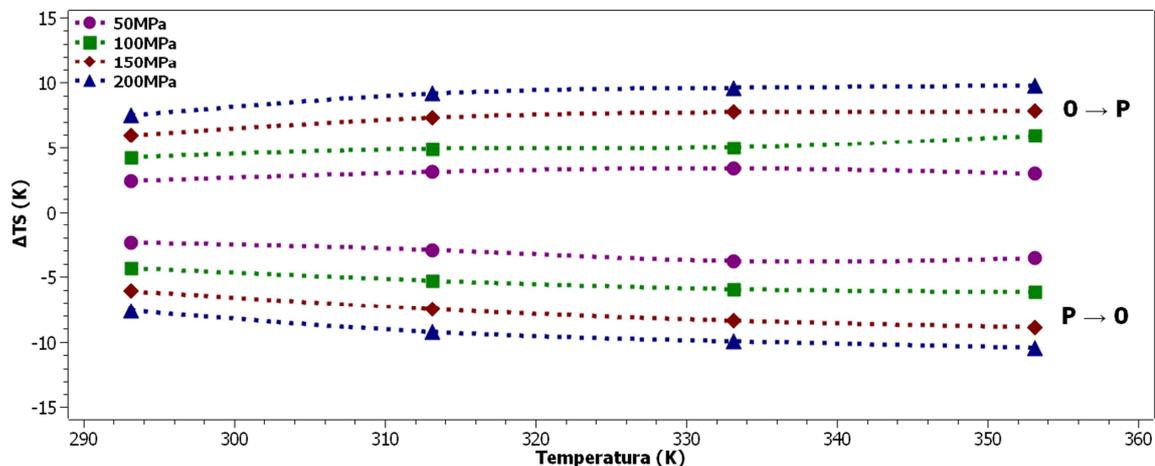


Figura 2 - Efeito Barocalórico da amostra de 50% de silicone acético e 50% de grafite natural em compressão ($0 \rightarrow P$) e descompressão ($P \rightarrow 0$) para diferentes pressões e temperaturas.

Conclusões

A etapa de diluição, indicou o ácido acético como solvente ideal, com proporção de 50% em relação à massa de silicone acético. Os experimentos barocalóricos demonstraram-se condizentes com o reportado na literatura, e promissores para a continuação de seus estudos como refrigerantes em estado sólido, atingindo-se valores gigantes de ΔT_S , quando submetidos a cargas de pressão hidrostáticas. Foi percebida uma redução da resposta térmica (ΔT_S) com a adição de 50% de carga de grafite, porém um aumento na condutividade para as amostras contendo 40% de grafite natural. Desta maneira, o foco para trabalhos futuros está em alinhar o aumento de condutividade térmica à perda no valor de ΔT_S pela adição de carga de grafite natural, para assim, propiciar a produção de compósitos que apresentem um bom desempenho em dispositivos de refrigeração em estado sólido.

Agradecimentos

Ao CNPq pelo apoio financeiro e aos meus professores orientadores pelo suporte durante a realização de todo o trabalho.

Referências

- [1] IMAMURA, William. **Efeito Barocalórico em Compósitos de Polidimetilsiloxano com Grafite Natural**. 2020. 94 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2020.

[2] BOCCA, Jean Rodrigo. **Efeito barocalórico em compósitos de grafite/poliuretano**. 2021. 164 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Departamento de Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2021.