

ESTUDO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA PARA USO EM MÁQUINAS TÉRMICAS

William Toshio Takayama (PIBIC/CNPq/FA/Uem), Sílvia Luciana Fávaro
(Orientadora), e-mail: ra96470@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá / Departamento de Engenharia Mecânica, PR.

Engenharia dos materiais e metalúrgica, polímeros e aplicações.

Palavras-chave: Matriz polimérica, Gadolínio, Magnetocalórico.

Resumo: O trabalho proposto consiste em confeccionar amostras cilíndricas vazadas a serem utilizadas em um trocador de calor. Deste modo foi proposta a confecção de compósitos de matriz polimérica com a utilização de esferas de gadolínio como fase dispersa. A utilização de uma matriz polimérica, ocorre pelo fato do gadolínio apresentar propriedades químicas que dificultam seu uso na forma metálica. Assim, objetiva-se melhorar tais propriedades com prejuízo mínimo das características magnéticas do gadolínio.

Introdução

Certos materiais, quando expostos a um campo magnético, adiabaticamente, sofrem uma mudança em sua temperatura. Este fenômeno, denominado efeito magnetocalórico, EMC, observado por Weiss e Piccard em 1917, pode ser verificado em materiais ferromagnéticos quando estão próximos de sua temperatura de Curie; com aplicação de um campo, os spins dos elétrons que estavam desorientados alinham-se ao campo, causando uma diminuição na entropia magnética do material, elevando a sua temperatura. Com a retirada do campo observa-se o efeito oposto e o material se resfria [1,2].

Para que seja realizado o efeito magnetocalórico em aplicações práticas é necessário desenvolver plenamente o processamento das ligas magnetocalóricas, pois, a maneira que são obtidas em laboratório não são viáveis para a produção em escala industrial. Uma hipótese para solucionar boa parte desses problemas seria adicionar ao material magnetocalórico um aglomerante polimérico, proporcionando uma melhor estabilidade química e criando condições para a formação de uma geometria específica. A princípio, de modo a viabilizar a utilização do Gd optou-se em realizar um estudo prévio, substituindo o Gd por esferas de aço inox e avaliar a utilização do Polimetilmetacrilato (PMMA), como matriz aglomerante.

Materiais e métodos

Polimerização do PMMA

A resina utilizada foi um acrílico bicomponente autopolimerizável, o PMMA. Seus componentes, sendo eles encontrados na forma de pó (marca Dencril Resinas Acrílicas) e outro na forma líquida (marca TDV), têm composição polimetilmetacrilato e peróxido de benzoíla, para o pó, e metilmetacrilato (MMA), dimetil-p-toluidina (DMPT) e di-terc-butil metil fenol (BHT) para o líquido. A polimerização acontece ao misturar os componentes do PMMA em uma proporção de 3:1 sendo 75% de em forma de pó e os 25 % em forma líquida.

Confecção dos compósitos

Após esse procedimento foram feitas as misturas de aço inox e gadolínio com os respectivos polímeros, havendo também uma maceração de ambos em um cadinho, para ter uma homogeneidade do compósito. As proporções para confecção do compósito de aço com PMMA foi inicialmente de 3, 6, 9, 12 e 15%p. de polímero. Após a compactação, a proporção mínima eleita foi a de 9%, pois foi a fração mínima de polímero que proporcionou uma pastilha íntegra, possibilitando a manipulação e a realização dos ensaios nas pastilhas. Para este trabalho utilizaram-se as proporções de 9,7, 13,4, 20,2%p. Em seguida, a mistura foi colocada em um molde de silicone de 5 mm de diâmetro, onde 300 μ L do outro componente da resina foram adicionados, até molhar toda a mistura de pós. Após a adição do líquido, aguardou-se a cura da resina, sem aplicação de pressão. As misturas então, foram compactadas a 150 MPa, em matriz de aço de 5 mm de diâmetro durante dois minutos, com alívio da pressão por um minuto e nova compactação a 150 MPa por dois minutos. Para as amostras com Gd, a fração mássica de polímero foi de 9,6, 12,2 e 19,8%p.

As espécies foram caracterizadas por Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier – Refletância Total Atenuada usando um espectrofotômetro FTIR Bruker, modelo Vertex 70v, equipado com um Platinum ATR, módulo ATR em diamante para reflexão simples, que mediu o espectro na região de 4000 à 600 cm^{-1} , com resolução de 4 cm^{-1} e 32 scans.

Também foram realizados testes para a medição do módulo elástico dos compósitos produzidos utilizando-se uma técnica de excitação por impulso de vibração em um equipamento Sonelastic[®] no Departamento de Física da UEM, DFI-UEM. O ensaio foi conduzido em acordo com a norma ASTM – E1876 e a determinação do módulo elástico do material foi realizado pelo software que acompanha o equipamento. Finalmente, foram feitas medidas diretas de ΔT nas amostras com Gd.

Resultados e Discussão

Os resultados do compósito formado pela matriz de PMMA/Gd foram para verificar o desempenho mecânico da liga. Dessa forma foi possível apresentar o resultado obtido do módulo elástico do compósito, como exibido na Tabela 1, variando a proporção em massa de polímero. Foram utilizados os ensaios de HV e de módulo elástico para caracterizar mecanicamente os compósitos PMMA/Gd. Por meio da Tabela 1 é possível verificar os valores de média, desvio padrão e o CV das medidas de HV e do módulo elástico.

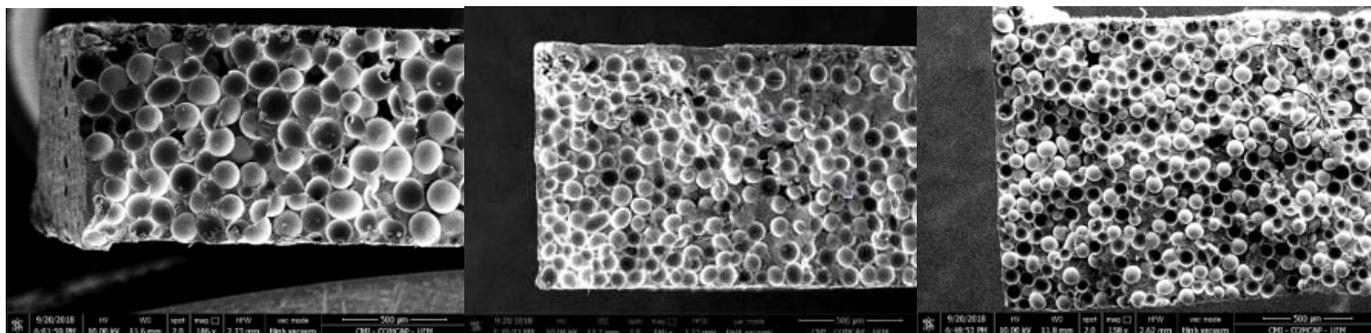
Tabela 1 – Valores de HV e módulo elástico para os compósitos com PMMA e Gd.

Amostras	HV	σ (HV)	CV (%)	E (GPa)	σ (GPa)	CV (%)
APMMAGd1_9,6	20,86	3,50	16,78	5,08	0,11	2,16
APMMAGd2_9,6	21,06	2,70	12,82	5,30	0,12	2,26
APMMAGd1_12,2	16,49	2,20	13,34	4,26	0,41	9,62
APMMAGd2_12,2	20,02	2,84	14,18	5,08	0,42	8,27
APMMAGd1_19,8	15,14	2,17	14,33	4,51	0,85	18,84
APMMAGd2_19,8	17,45	1,85	10,60	2,90	0,85	29,31

As amostras com proporção de 9,6, 12,2 e 19,8%p. não apresentaram uma diferença estatística entre os resultados, entretanto, foi observado uma tendência de aumento nos valores de dureza, isto ocorre devido ao fato das microesferas de Gd serem mais duras que o polímero, assim o aumento do particulado proporciona um aumento da dureza.

Em relação ao módulo elástico, foi possível observar um aumento do E a medida que diminui a proporção mássica de polímero, pois o particulado restringe o movimento da matriz e conseqüentemente aumenta o valor do módulo elástico.

Por meio da Figura 1, Figura 2 e Figura 3 é possível observar um panorama da seção fraturada por meio de imagens MEV para três amostras, nomeadamente: APMMAGd1_9,6, APMMAGd1_12,2 e APMMAGd2_19,8. Desse modo, por meio das imagens foi possível verificar uma baixa quantidade de poros e uma distribuição heterogênea das microesferas na matriz polimérica. Sendo esta distribuição heterogênea fica cada vez mais evidente à medida que aumentava a proporção de



polímero.

Figura 1 – Imagens MEV de modo a obter um panorama da seção fraturada da amostra APMMAGd1_9,6 (Esquerda), APMMAGd1_12,2 (ao meio) e APMMAGd1_19,8 (Direita).

Tabela 12 – Variação da μ e α sua respectiva para o processo de magnetização

Amostra	μ (°C)	α (°C)
AGd	1,73	19,71
APMMA9,6	1,44	20,21
APMMA12,2	1,29	20,21
APMMA19,8	1,06	20,21

A variação μ para o Gd está um pouco abaixo dos valores observados na literatura. No entanto, esta diminuição do EMC observado no Gd, pode ser influenciado pela quantidade e o tipo de impureza presente no Gd, pelo fator de desmagnetização, as incertezas de medições e principalmente por possíveis perdas de calor para o meio ambiente durante a medição direta.

Conclusões

Primeiramente, quando analisado os compósitos com PMMA, observa-se de modo geral uma boa propriedade mecânica no compósito, onde a inclusão do aglomerante polimérico, além de manter as partículas aglomeradas, proporcionou pastilhas compósitas bem resistentes. Ademais, devido a uma boa usinabilidade, intrínseco ao polímero e pela facilidade de conformação - observada na fase plástica de trabalho - facilita a obtenção de geometrias específicas, criando uma boa perspectiva de utilização futura em um trocador de calor.

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde e a oportunidade de estar cursando o curso de Engenharia Mecânica na Universidade Estadual de Maringá.

À meus familiares e amigos que sempre me apoiaram me deram carinho em todos os momentos.

À meus professores por terem me dado a oportunidade de estar com a bolsa PIBIC e confiarem no meu trabalho.

À agradecimento ao CNPq/UEM pela bolsa concedida.

Referências

- [1] PECHARSKY, V. K.; GSCHNEIDNER, K. A. Magnetic refrigeration materials. **Journal of Applied Physics**, v. 85. 1999.
- [2] WEISS, P.; PICCARD, A. Le phénomène magnétocalorique. **Journal de Physique Théorique et Appliquée** (Paris), 5a sér., t. VII, p. 103-109, 1917.