

AVALIAÇÃO DA PERFORMANCE DE ESPUMAS DE CARBONO SUSTENTÁVEIS EM BLINDAGEM ELETROMAGÉTICA

B. H. K. Lopes^{1*}; *S. F. Quirino*¹; *M. A. Amaral Junior*¹; *G. A. Labat*²; *G. F. B. L. Silva*²; *M. R. Baldan*¹.

¹ INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;

² Escola Politécnica – USP, São Paulo, SP, Brasil

*brauliohkl@gmail.com

Resumo

Materiais porosos de origem sustentáveis foram sintetizados a partir de uma rota simples de polimerização em meio alcalino. As espumas de carbono obtidas apresentaram elevada porosidade. A dimensão dos poros foi controlada por parâmetros da síntese enquanto a distribuição de tamanho de partículas do material final foi delimitada por peneiramento após ligeiro maceramento. Foram sintetizadas amostras com quatro diferentes intervalos de tamanhos de poros e dois tamanhos de partículas totalizando oito amostras. A performance destes materiais foram testadas em blindagem eletromagnética por absorção. Foi utilizado analisador de rede vetorial (VNA) para medir o parâmetro S relativo às amostras no intervalo de frequência entre 8,2 GHz a 12,4 GHz. Os resultados tornaram evidente a influência dos poros no processo de blindagem eletromagnética. Este resultado permite vislumbrar aplicações para energia absorvida que não são possíveis quando a Reflexão é dominante, haja vista que, neste caso, a onda não penetra no meio.

Palavras-chave: Blindagem eletromagnética, Espuma de Carbono.

Abstract

Susceptible porous source materials were synthesized from a simple alkaline polymerization route. The obtained carbon foams presented high porosity. The pore size was controlled by synthesis parameters while the particle size distribution of the final material was delimited by sieving after slight

maceration. Samples with four different pore size ranges and two particle sizes totaling eight samples were synthesized. The performance of these materials was tested in electromagnetic shielding by absorption. A vector network analyzer (VNA) was used to measure the S parameter for samples in the frequency range between 8.2 GHz and 12.4 GHz. The results made evident the influence of the pores in the electromagnetic shielding process. This result allows us to glimpse applications for absorbed energy that are not possible when the Reflection is dominant, since in this case the wave does not penetrate the medium

Keywords: Electromagnetic shielding, Carbon Foam

1. Introdução

As interferências eletromagnéticas (EMI) ocorrem quando os sinais eletromagnéticos são involuntariamente transmitidos de um emissor para outro elemento por radiação e / ou condução, fazendo com que o circuito comportar-se de forma inesperada [1]. O problema surge devido a sinais de alta frequência que se acoplam ao circuito principal. Este irá irradiar à medida que o sinal é conduzido ao longo do fio de energia. O fio se comportará como uma antena que irá interceptar outros sinais e transferi-los para o circuito [2]. Em ambiente espacial a radiação solar torna a vida de um satélite mais curta além de possibilitar o aparecimento de ruído na comunicação

interna da nave e/ou entre a nave e a estação terrestre. Novos materiais são desenvolvidos a fim de minimizar ou eliminar este problema. Dentre estes novos materiais, o carbono esponjoso está sendo uma nova alternativa. Recentemente, muita atenção tem sido focada em espumas de carbono [2-11] devido às suas propriedades únicas: extremamente leve, alta condutividade elétrica e inércia química. Em combinação com um custo relativamente baixo, estes materiais têm o potencial de melhorar muitos sistemas [5], incluindo o gerenciamento de pulsos de calor, som e eletromagnéticos. Isto é devido a uma condutividade elétrica incrivelmente alta de espumas de carbono em relação à densidade aparente extremamente baixa [3] e boa capacidade de atenuação [6] na faixa de 2,45 GHz. No contexto da busca por novos materiais a serem utilizados na blindagem de elementos de satélite, onde os requisitos de baixo peso e baixo custo são importantes, este trabalho apresenta a esponja de carbono como um material atenuador. Deformamais específica, objetiva-se verificar a influenciados poros no processo de absorção associado à blindagem eletromagnética. A motivação para o desenvolvimento deste trabalho está, não somente nas características únicas da esponja de carbono [2-11], mas também na sua origem. O material de que se trata este trabalho tem origens sustentáveis e foram sintetizados a partir de uma rota simples de polimerização em meio alcalino.

2. Fundamentação

Quando uma onda eletromagnética P_I interage com um material (Figura 1), são criadas duas ondas: uma onda refletida, P_R , e uma onda transmitida no material P_{TS} . Dentro de Material, uma fração da onda será dissipada na forma de calor até chegar a segunda superfície do material.

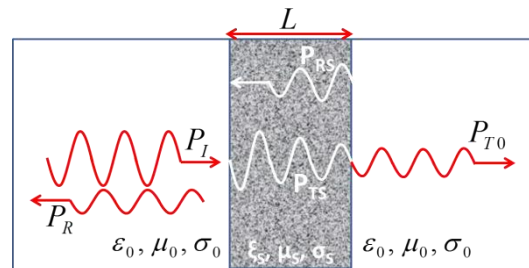


Figura 1. Representação esquemática da interação da micro-onda com a matéria.

O processo de reflexão em cada plano do material é o que é chamado de reflexões múltiplas. Portanto, ao atingir a segunda superfície do material, aparecem duas novas ondas: uma que é transmitida para fora da amostra P_{T0} e uma nova onda refletida, que se propaga até a primeira superfície. Este processo é repetido sucessivamente até que toda energia da onda seja absorvida. A eficiência de blindagem eletromagnética, SE, de um material pode ser quantificada como a soma de três contribuições: reflexão, absorção e reflexões múltiplas.

$$SE = SE_R + SE_A + SE_{MR} \quad (1)$$

Quantitativamente, ela pode ser determinada a partir dos coeficientes de reflexão (R), absorção (A) e transmissão (T) em função das potências refletida, transmitida e incidente (P_R , P_T e P_I , respectivamente) da seguinte forma:

$$R = |S_{11}|^2; T = |S_{21}|^2; A = 1 - R - T \quad (2)$$

Em termos das grandezas descritas acima, a blindagem eletromagnética pode ser expressa como [1]:

$$SE_R = 10 \log \left(\frac{1}{(1-R)} \right) \quad (3)$$

$$SE_A = 10 \log \left(\frac{(1-R)}{T} \right) \quad (4)$$

Assim, a blindagem total pode ser escrita como:

$$SE_T = SE_R + SE_A \quad (5)$$

3. Procedimento experimental

Foram produzidas amostras de espuma de carbono com espessura de 22,01 x 10,86 x 2,0 mm, formadas por carbono esponjoso e resina epóxi. Foram utilizadas concentrações de 1%, 5% e 10% em massa de carbono esponjoso. A caracterização elétrica foi realizada no analisador vetorial de rede (VNA), na faixa de 8,2 GHz à 12,4 GHz. Foi utilizado o método do guia de onda para medir o parâmetro S_{ij} . Através destes parâmetros, foi possível avaliar a performance deste material como escudo eletromagnético.

4. Resultados e Discussões

Em todas as figuras, o símbolo D representa o diâmetro da partícula e P representa a diâmetro no poro na partícula. As figuras 2 e 3 representam, respectivamente, a porcentagem da blindagem por absorção e por reflexão com relação à blindagem total, dada pela equação 6. A partir dos gráficos, pode observar que para concentração de 1%, a reflexão é responsável por cerca de 85% da blindagem enquanto a blindagem por absorção está em torno de 15%. Para concentração de 10%, a blindagem por absorção é certa de 80% da blindagem total, enquanto a blindagem por reflexão está em torno de 20%. Outro ponto importante nestes resultados é que a blindagem por absorção é crescente com o aumento da frequência, enquanto a blindagem por reflexão é decrescente no mesmo intervalo.

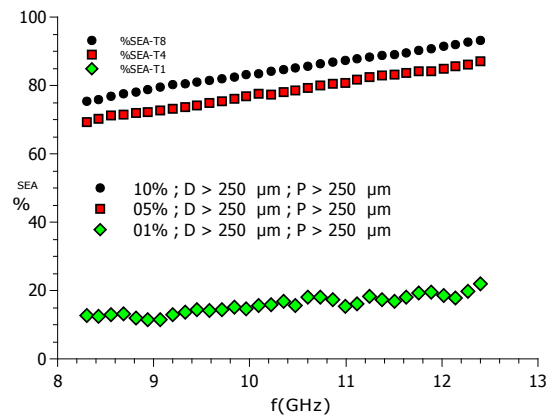


Figura 2. Fração da blindagem por absorção.

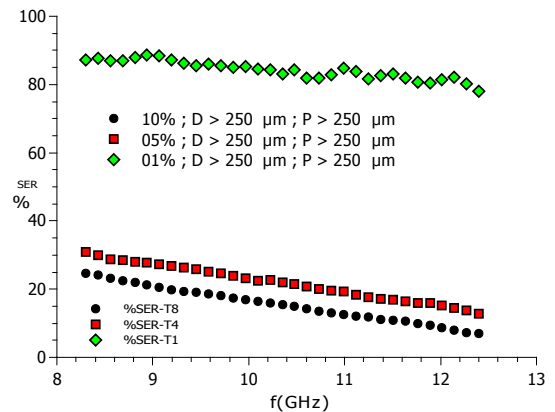


Figura 3. Fração da blindagem por reflexão.

5. Conclusões:

Os resultados evidenciam que a distribuição de micro esferas côncavas tem grande influência no processo de blindagem eletromagnética.

Referências

- [1] Marta González, Guillermo Mokry, María de Nicolás, Juan Baselga and Javier Pozuelo (2016). Carbon Nanotube Composites as Electromagnetic Shielding Materials in GHz Range, Carbon Nanotubes - Current Progress of their Polymer Composites, Dr Mohamed Berber (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/62508.
- [2] D.M. Spradling and R.A. Guth, "Carbon Foams", *Advanced Materials & Processes*, vol. 161, pp. 29-31, 2003
- [3] G. Tondi, V. Fierro, A. Pizzi, A. Celzard, "Tannin-based carbon foams",

- Carbon*, vol. 47, pp. 1480–1492, 2009
- [4] R. Lucas and H. Danford, Case Studies: Low Cost, “High-Strength, Large Carbon Foam Tooling”, *SAMPE Journal*, vol. 45, pp. 20-28, 2009
- [5] W. Zhao, A. Pizzi, V. Fierro, G. Du, A. Celzard, “Effect of composition and processing parameters on the characteristics of tannin-based rigid foams. Part I: Cell structure”, *Materials Chemistry and Physics*, vol. 122, pp. 175–182, 2010
- [6] Z. Fang, C. Li, J. Sun, H. Zhang, J. Zhang, “The electromagnetic characteristics of carbon foams”, *Carbon*, vol. 45, pp. 2873–2879, 2007
- [7] D. M. Spradling and R. A. Guth, “Carbon foams,” *Adv. Mater. Proc.* 161(11), 29–31(2003).
- [8] G. Tondi et al., “Tannin-based carbon foams,” *Carbon* 47(6), 1480–1492 (2009),
- [9] R. Lucas and H. Danford, “Case studies: low cost, high-strength, large carbon foam tooling,” *SAMPE J.* 45(1), 20–28 (2009).
- [10] W. Zhao et al., “Effect of composition and processing parameters on the characteristics of tannin-based rigid foams part I: cell structure,” *Mater. Chem. Phys.* 122(1), 175–182 (2010)
- [11] Polina P. Kuzhir, Alesia G. Paddubskaya, Mikhail V. Shuba, Sergey A. Maksimenko, Alain Celzard, Vanessa Fierro, Gisele Amaral-Labat, Antonio Pizzi, Gintaras Valušis, Jan Macutkevic, Maksim Ivanov, Juras Banys, Silvia Bistarelli, Antonino Cataldo, “Electromagnetic shielding efficiency in Ka-band: carbon foam versus epoxy/carbon nanotube composites”, *Journal of Nanophotonics*, Vol. 6, 2012.