

**AVALIAÇÃO DA ABSORÇÃO ELETROMAGNÉTICA DE MATRIZES
POLIMÉRICAS ADITADAS DE NEGRO DE FUMO
ESTUDO DE MARE BASEADOS EM NEGRO DE FUMO NA FAIXA
DE 8,6 A 9,6 GHZ**

Matheus Ramos de ARAÚJO

RESUMO

A necessidade de conter-se as ondas eletromagnéticas e proteger-se de seus efeitos indesejados impulsionou o desenvolvimento de materiais capazes de absorver a irradiação eletromagnética, conhecidos por MARE. Com isto, os MARE, têm a propriedade de reduzir ou até mesmo bloquear a penetração ou a reflexão das ondas eletromagnéticas. Este trabalho apresenta o desenvolvimento e análise de amostras absorvedoras de radiação eletromagnética, baseadas em resina de poliéster e borracha de silicone contendo diferentes concentrações de negro de fumo. Os compósitos desenvolvidos foram analisados quanto à capacidade de atenuar a radiação eletromagnética através da inserção das amostras em guia de onda, na faixa de frequência de 8,600 a 9,600 GHz. A viabilidade do desenvolvimento e o limiar de saturação foram também considerados para a determinação da melhor matriz polimérica. Os melhores resultados foram adquiridos na matriz compondo a mistura de negro de fumo e borracha de silicone líquida, alcançando uma atenuação de 21,48 dB em 9,550 GHz.

Palavras-Chave: Negro de fumo; MARE; absorvedores; compósitos; silicone; resina.

INTRODUÇÃO

Vivemos imersos em um oceano de ondas eletromagnéticas que interagem com a natureza e com o homem nem sempre de forma positiva.

Os primeiros estudos relacionados à necessidade de contermos a interação entre ondas eletromagnéticas e objetos presentes no meio iniciaram-se com os Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE), que foram desenvolvidos no início na segunda guerra mundial, com o objetivo de reduzir o *Radar Cross-Section (RCS)*, nos periscópios dos submarinos alemães.

A busca por absorvedores cada vez mais eficientes, flexíveis e com alto poder de isolamento motivou pesquisadores do mundo inteiro durante décadas. No Brasil, a área militar é atualmente a principal detentora dos maiores estudos a respeito de materiais absorvedores de radiação eletromagnética.

Dentre os diversos tipos de MARE conhecidos, é possível classificá-los em magnéticos, dielétricos, híbridos (dielétrico e magnético associados); podendo ser destinados à banda estreita ou banda larga; capazes de serem desenvolvidos sob formas piramidais, cônicas, placas, mantas, filmes; utilizando aditivos metálicos, carbonosos, polímeros e ferritas.

Pode-se definir que, em geral, os absorvedores são capazes de transformar a energia eletromagnética incidida em energia térmica dissipada, sem proporcionar uma quantidade significativa de energia refletida. É desta forma que a eficiência de um MARE é medida, isto é, pela sua capacidade de absorver ondas eletromagnéticas.

O uso de MARE não está restrito a aplicações do setor bélico que o utiliza principalmente para a oclusão de objetos. É empregado também em sistemas de telecomunicações (revestimentos de câmaras anecoicas, desenvolvimento de antenas de alto ganho, redução de interferência eletromagnética em meios e objetos), equipamentos hospitalares e fornos de micro-ondas. O estudo de MARE é essencial para obtenção de novas tecnologias que possam aumentar a eficiência no controle de radiações espúrias e prejudiciais ao cotidiano do homem.

MATERIAIS

Como centro absorvedor do projeto, foi utilizado o negro de fumo cedido pela empresa Basile Química, do tipo NEGRO DE FUMO 220 (densidade de 1,7-1,9 g/cm³).

Segundo o fabricante este negro de fumo é recomendado para uso como carga em borracha e plástico, como corante/pigmento e como aditivo refratário.

As bases poliméricas para o material absorvedor, foram as resinas de poliéster adquirida na empresa Massa Plástica Líder, do tipo Resina de Poliéster Insaturada ideal para a confecção de pastilhas e revestimentos de objetos; e a borracha de silicone líquida adquirida na empresa Siliart, do tipo B1, destinada

à fabricação de moldes e objetos diversos, com alto poder de flexibilidade e resistência a temperaturas de até 150°C.

MÉTODOS

Na elaboração dos MARE todas as etapas dos processos foram desenvolvidas no Laboratório de Eletrônica e de Telecomunicações do Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, CES/JF.

As matrizes poliméricas, resina de poliéster e borracha de silicone, inicialmente, foram pesadas em recipientes individuais, em quantidades diferentes. Em cada recipiente foi adicionado um percentual diferente de negro de fumo, exceto nas amostras BrancoRP e BrancoBS. Após aditar o negro de fumo nos recipientes, realizou-se a mistura mecânica dos compósitos, visando alcançar uma homogeneização. Adicionaram-se os respectivos catalisadores nos compósitos que, por fim, foram postos em uma fôrma de silicone com doze moldes. Os moldes, que receberam a mistura contendo borracha de silicone e negro de fumo, foram previamente lubrificadas com desmoldante, evitando que o material aderisse às bordas do molde.

Após a cura total do material que se deu em 48 horas, as amostras foram desenformadas resultando em pastilhas de 30 x 30 x 6 mm . Cada pastilha da matriz 1 foi polida até obter-se 3,5 mm de espessura e cerrada nas dimensões 8,5mm x 21mm, obtendo 3 frações de mesma dimensão. As pastilhas da matriz 2 foram polidas até obter-se 5,0 mm de espessura e cortadas em 3 frações nas dimensões 8,5 mm x 21 mm.

O polimento das amostras e suas respectivas frações foram elaborados submetendo as amostras a uma abrasão em ambiente úmido utilizando lixas d'água Norton em 3 granulações distintas, a fim de obtermos faces planas sem orifícios, imperfeições e a espessura desejada para cada tipo de matriz

RESULTADOS

Para o desenvolvimento do projeto, foram elaboradas 66 amostras, utilizadas na aquisição dos dados do índice de atenuação. Cada amostra teve seu índice de atenuação computado a cada incremento de 50 MHz, gerando 21 análises de atenuação dentro do range de frequência. Contabilizando todas as amostras que foram analisadas, obtiveram-se 1386 índices de atenuação medidos durante o processo.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas no *software* Minitab e a parte gráfica dos resultados foi elaborada utilizando o *software* Origin.

Durante o desenvolvimento das amostras, conseguimos alcançar alguns limites de saturação das matrizes poliméricas. A resina de poliéster mostrou-se saturada nas amostras que receberam valores acima de 5% de NF, perdendo as propriedades desejadas e não concluindo a cura completa, mesmo quando adicionado maior quantidade de catalisador. Esta cura incompleta levou as amostras a uma falta de rigidez e deformações durante o manuseio. A borracha de silicone líquida suportou a carga de NF até 15% de impregnação. Após esse limiar, a amostra que recebeu 20% mostrou-se incapaz de ser misturada mecanicamente, não podendo ser utilizada. As amostras em que não foi possível completar os processos de cura foram descartadas do processo de caracterização.

Notou-se que nas amostras de borracha de silicone o aumento gradativo do NF enrijeceu a matriz, reduzindo a elasticidade natural do material. Algumas amostras apresentaram porosidades superficiais provocadas pelo uso do desmoldante.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos foram satisfatórios indicando que existe uma correlação direta entre o percentual de negro de fumo utilizado para a dopagem e o nível de atenuação atingido em cada amostra.

O índice de 21,48 dB de atenuação alcançado na amostra BS115 representou uma atenuação de mais de 99% da energia da onda eletromagnética, classificando a amostra BS115 como um excelente absorvedor de radiação

eletromagnética. Isso demonstra que é possível desenvolver um material absorvedor de alta eficiência a um baixo custo e de fácil reprodução.

Por não haver informações prévias da quantidade de negro de fumo necessária para alcançar o limiar de percolação, foram realizados diversos testes de caráter exploratório. Durante estes testes, foi possível alcançar dois parâmetros importantes nas matrizes poliméricas. Primeiramente, constatou-se que as impregnações com teores inferiores a 1% de NF não alcançam o limiar de percolação, portanto, não há atenuação significativa. Notou-se também que, ao elevarmos as concentrações de NF rapidamente atingimos as saturações das polimerizações dos materiais utilizados como matrizes. A resina de poliéster não suportou uma impregnação superior a 5% de NF. A matriz de Borracha de Silicone suportou até 15% de impregnação de NF. Esses limites de impregnação podem ser ultrapassados caso seja adotado um processo industrial durante produção. Através do maior controle do catalisador e do uso de solventes para a diluição das soluções é possível ultrapassar esse limite de dopagem, alcançando maiores índices de atenuação.

Como sugestão de um estudo futuro propõe-se o desenvolvimento e teste de MARE baseados em matrizes do tipo de lona de algodão adequadas ao desenvolvimento de absorvedores do tipo *coating* e espuma injetável adequada para construções de câmaras anecóicas. Da mesma forma sugerimos estudar futuramente outros materiais como centro absorvedor do MARE, tais como ferro carbonila, filmes metálicos, polianilina entre outros compósitos capazes de atuar como absorvedores da radiação eletromagnética.

REFERÊNCIAS

BALANIS, C.A. **Advanced Engineering Electromagnetics**. New York: John Wiley and Sons; 1989.

CHENG, D.K. **Field and Wave Electromagnetics**. Massachusetts: Addison-Wesley; 1983.

DIAS, J.C. **Absorvedores de Radiação Eletromagnética Aplicados no Setor**

Aeronáutico. Revista de Ciência & Tecnologia, v.8, n.15, p.33- 42, jun. 2000. (CTA/IAEAMR/ AP-009/2000) (CTA/ITA-IEF)

DIAS, J.C. Obtenção de Revestimentos Absorvedores de Radiação Eletromagnética (2-18 GHz). Tese (Doutorado em Ciências), Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos, 2000.

DOW CORNING – Injection Molding of XIAMETER® Liquid Silicone Rubber, <http://www.dowcorning.com/content/publishedlit/95-716.pdf> , 2009.

GURIT – Guide of Composites, <http://gurit.com/files/documents/guide-tocompositesv5webpdf.pdf> , 2014.

ICBA – Carbon Black User's Guide, <http://www.carbonblack.org/files/carbonblackuserguide.pdf> , 2004.

REZENDE, M.C. Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética. Spectrum, n.2, p.17-20, ago. 2000. (CTA/IAE-AMR/AP-007/2000) (CTA/ITA-IEF)

SANTOS, M.A. Compósitos de Borracha Natural com Compostos Condutivos à Base de Negro de Fumo e Polímero Condutor. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, v.11, nº 3, p. 126-134, 2001.

SFALSIN, A.F. Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética Baseados em Negro de Fumo e Papel Celulósico (8,2-12,4 GHz), Universidade de Taubaté, Taubaté, 2008.

SOARES, B.G. Condutividade Elétrica de Misturas de Poliestireno/ Polibutadieno e Poliestireno/Copolímero em Bloco de Estireno-Butadieno Contendo Negro de Fumo. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, Jan/Mar 1998.