

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS MULTIFUNCIONAIS ABSORVEDORES DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA PARA USO AERONÁUTICO

Luiza de Castro Folgueras, luiza.folgueras@unitau.com.br^{1,3}
Newton Adriano dos Santos Gomes, newtonnasg@yahoo.com.br²
Geraldo Mauricio Candido, geraldo.candido@pq.cnpq.br³
Mauro Angelo Alves, mauro.a.alves@gmail.com²
Mirabel Cerqueira Rezende, mirabelcr@gmail.com³

¹Universidade de Taubaté, UNITAU/Depto. Engenharia Mecânica, Rua Daniel Danelli s/n, Taubaté-SP

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA/Lab Guerra Eletrônica, Praça Eduardo Gomes, São José dos Campos –SP

³Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP/ICT, Rua Talim 330, São José dos Campos-SP

Resumo: As aplicações atribuídas ao radar não são restritas somente para o setor militar e tende a crescer cada dia mais, na medida que a indústria encontra novas aplicações, abrangendo desde o setor aeronáutico, automobilístico até o doméstico. A detecção de alvos pelo radar para ser dificultada é necessária a redução da rádiofrequência espalhada pelo alvo, para isto é necessário a utilização de materiais ou dispositivos que podem ser absorvedores de micro-ondas; e ainda obter a redução das ondas espalhadas pelo uso adequado do formato aerodinâmico do alvo. Os materiais que visam reduzir a detecção do radar em aeronaves devem absorver a radiação eletromagnética em banda larga no espectro da banda X (8 a 12 GHz). Estruturas absorvedoras de radiação (RAS) são também denominadas como materiais compósitos multifuncionais, por atenuar a radiação micro-ondas e ter resistência mecânica e térmica. O conhecimento da tecnologia de processamento de materiais, por meio da combinação dos componentes, permite que a sua função varie de bons transmissores a bons absorvedores eletromagnéticos. Teve como objetivo este trabalho o processamento de material compósito multifuncional a partir de véu de fibra de vidro, dispostos tipo multicamadas, impregnados com tinta a base de poliuretano e nanotubos de carbono. Os materiais foram avaliados via medidas de refletividade da radiação incidente pela técnica com guia de ondas na banda X do espectro eletromagnético, com uso de placa metálica e também, em câmara semi anecoica. Os resultados de refletividade mostraram que a configuração com maior número de camadas, apresenta menor reflexão da radiação, variando de -4dB até -21dB. Na avaliação usando sistema semi aberto (câmara) apresentou resultado compatível ao obtido em confinamento (guia de ondas) e atenuando a radiação eletromagnética incidente no material multifuncionais. O material processado mostrou-se também, promissor para ser usado em situações com geometria plana, situação crítica na absorção de radiação.

Palavras-chave: materiais compósitos, absorvedores de radiação, materiais nanoestruturados, compósitos multifuncionais.

1. INTRODUÇÃO

A função de um radar é localizar em um curto espaço de tempo, e em determinado ângulo de rastreamento, a aproximação de alvos tanto em aplicações civis, como militares, possibilitando não somente a detecção, mas também calcular a distância e a velocidade do alvo rastreado. A faixa de frequências denominada como banda X (8 a 12 GHz) é utilizada pelos radares que têm como objetivo alta resolução de detecção, identificação e traqueamento de alvos.

Materiais compósitos multifuncionais são materiais que podem apresentar características eletromagnéticas, mecânicas, térmicas, químicas, etc. e visando atender funções diversas ou específicas (Gibson, 2010). Aliar resistência mecânica às propriedades eletromagnéticas permite atender aplicações tanto civis como militares (sistema dual-use). Estruturas absorvedoras de radiação (RAS) são materiais compósitos que têm a função de atenuar a radiação micro-ondas e geralmente, são obtidas a partir da adição de centro absorvedor em matrizes poliméricas e depositadas em suportes que proporcionem resistência mecânica. A utilização de materiais com propriedades eletromagnéticas em conjunto com materiais obtidos à base de fibras permite o processamento de materiais absorvedores estruturais de

interesse aeronáutico. Os materiais absorvedores de radiação eletromagnética (MARE) são atualmente utilizados em diversas aplicações e em faixas de frequências, que variam de 10 MHz a 100 GHz (Barton, 1988; Lee, 1991; Skolnik, 2008; Folgueras, 2014).

A utilização de materiais absorvedores com apenas uma camada (monocamada), geralmente oferece bom desempenho apenas em banda estreita da faixa de frequências de interesse, principalmente quando processado para fins industriais, pois se conhece a frequência que irá operar. Entretanto, na tecnologia furtiva, não se conhece a frequência exata de um radar que opera de forma oponente; neste caso é necessário um material que atenda de forma toda a faixa de frequências, isto é, banda larga (Schleher, 1991; Reinert, *et al.*, 2001). Portanto, a montagem de estruturas em várias camadas (multicamadas) possibilita que frequências de uma faixa, sejam absorvidas, quando comparado com um absorvedor tipo monocamadas.

Assim, as estruturas multicamadas podem ser processadas com materiais em diferentes números de camadas e envolvimento de materiais distintos com espessuras diferenciadas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais absorvedores de radiação utilizados no processamento dos materiais compósitos multifuncionais foram processados e aplicados no véu de fibra de vidro (tipo não tecido e com espessura 0,3 mm). Para tal, uma formulação foi desenvolvida à base de negro de fumo (5.0% (m/m)) da marca Cabot (tipo XC72R), nanotubos de carbono de parede múltipla (10.0% (m/m)) adquiridos da alemã Bayer e matriz à base de resina poliuretânica do tipo bicomponente, especificado comercialmente como 7700HS. A espessura média aplicado sobre os substratos foi de 0,30 mm e a cura foi em temperatura ambiente (25 °C).

Para processar os laminados de compósitos multifuncionais foram utilizados material pré-impregnado (pregreg) de fibra de vidro e fibra de carbono da Hexcel Composites, do tipo bidirecional com resina pré curada do tipo epóxi. Os prepgs foram cortados com dimensão de 10cm x 10cm e empilhados formando camadas (10 prepgs em fibra de vidro) e inserido um prepg em fibra de carbono para finalizar. Os materiais absorvedores processados foram posicionados no meio das camadas dos prepgs (configuração tipo sanduiche), conforme apresentado no esquema da Fig.1.

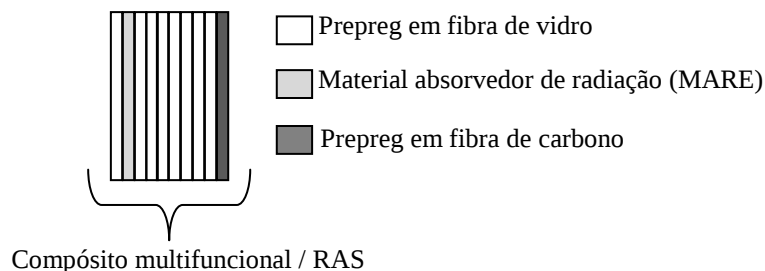


Figura 1. Esquema utilizado no processamento do material multifuncional absorvedor de radiação.

A cura foi realizada com bolsa de vácuo inserida no processo de autoclave, em temperatura de 120 °C (aproximadamente ± 5 °C e taxa de aquecimento de 2.7 °C/minuto) e pressão constante de 60 psi. Os materiais permaneceram por 90 minutos sob 120 °C e o processo de resfriamento foram até a temperatura de 65 °C (taxa 2.7°C/minuto) sob pressão e posteriormente retirados da autoclave

Os materiais processados foram avaliados quanto à refletividade eletromagnética (Figura 2) na banda X do espectro micro-ondas (8 a 12 GHz) em equipamento Microwave Network Analyser da Agilent Technologies (modelo PNA-L N5230C) com 4 portas e faixa de frequência de 300 kHz a 20 GHz. Equipamento acoplado em guia de ondas (Laverghetta, 1976; Balanis, 2012) e calibrado para a impedância de 50 Ohms (Figura 2a). As amostras para avaliação foram processadas com dimensão de 11mm x 22mm, medidas que permite avaliar materiais processados em escala laboratorial, diminuindo o tempo de trabalho e gasto de material, caso seja inadequado. Como material referência na caracterização eletromagnética foi utilizada material compósito à base de prepg de fibra de vidro sem inserção de MARE e posicionado sobre uma placa de alumínio (100% refletor ou 0% absorvedor da radiação incidente). Na avaliação em câmara semi anecoica (Figura 2b) foram utilizados os materiais processados com as dimensões de 10cm x 10cm posicionados em um pedestal. Antenas transmissoras e receptoras direcionadas para o material são conectadas em gerador de sinais de radiofrequência visando iluminar o material sob o pedestal.

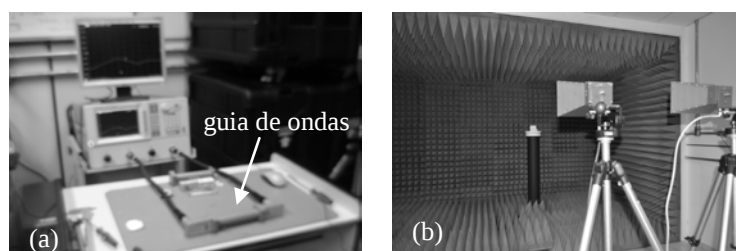


Figura 2. Equipamentos usados para a caracterização eletromagnética: método com guia de ondas (a) e em câmara anecoica (b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 3 podem-se observar os aspectos dos materiais compósitos multifuncionais. Os materiais processados com MARE no véu de vidro apresentam espessura próximo de 2,70 mm. A fibra de carbono é um material que tem comportamento semelhante ao material metálico ao ser iluminada por radiação eletromagnética e os tecidos de fibra de vidro se comportam como material transparente a radiação.



Figura 3. Materiais compósitos processados com véu de fibra de vidro absorvedor de radiação (frente) e com fibra de carbono (verso).

A Figura 4 apresenta o resultado das avaliações eletromagnéticas dos materiais processados em método com guia de ondas. A linha em 0% de reflexão corresponde à avaliação do material de referência, isto é, ao material compósito sem estar inserido o MARE no processamento e com a placa de alumínio.

Os materiais compósitos processados com MARE formulado em substrato de véu de fibra de vidro apresentaram mínimo e máximo de refletividade eletromagnética em -4 dB e -21 dB nas frequências 8,0 GHz e 12,0 GHz, respectivamente. Atenuando 60% e 99,2% a radiação micro-ondas incidente no material. O material apresenta ressonância em 12 GHz e consequentemente, tendência para atenuação em bandas superiores a 12 GHz.

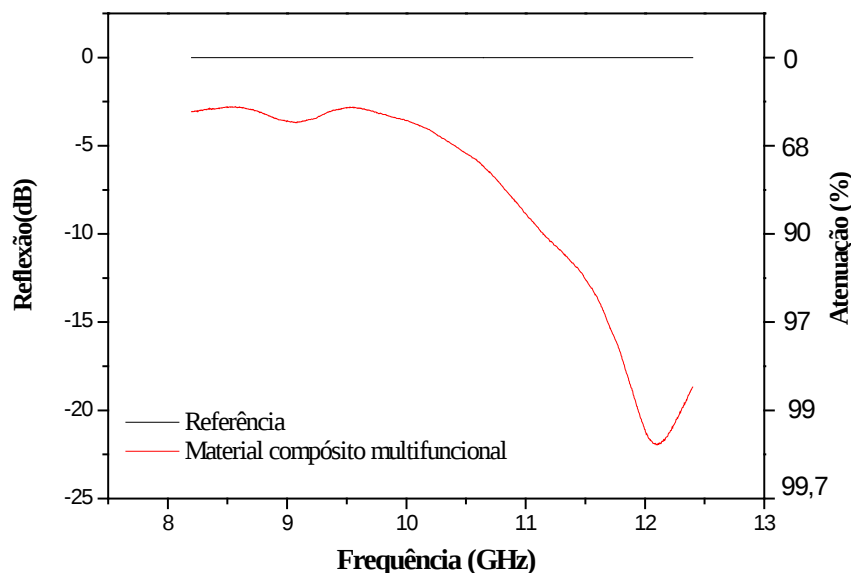


Figura 4. Avaliação eletromagnética dos compósitos processados usando método de guia de ondas.

As placas compósito com dimensões de 10cm x 10cm foram avaliadas em câmara anecoica, situação que pode-se observar o comportamento do material em cenário semi aberto (Figs. 5 e 6). Os materiais iluminados pela radiação eletromagnética foram avaliados somente nas frequências de máximo e mínimo visando comparar com a situação de confinamento do material (método com guia de ondas). Assim, pode-se observar que os materiais apresentaram comportamento semelhante quanto a atenuação da radiação. Na Figura 5 o material apresenta -55,27 dBm de reflexão da onda incidente em 8 GHz, na Figura 6 observa-se que houve atenuação em 12 GHz, a onda incidente é reduzida em 14,78 dB a sua reflexão, correspondendo aproximadamente 90% de redução do sinal incidente. Este método de avaliação permite avaliar o material em situação próxima da real utilização em uma estrutura da aeronave.

Os resultados obtidos por diferentes métodos de avaliação eletromagnética mostram-se ser compatíveis, possibilitando estudar formulações em dimensões menores de materiais, reduzindo tempo e custo no processamento dos materiais.

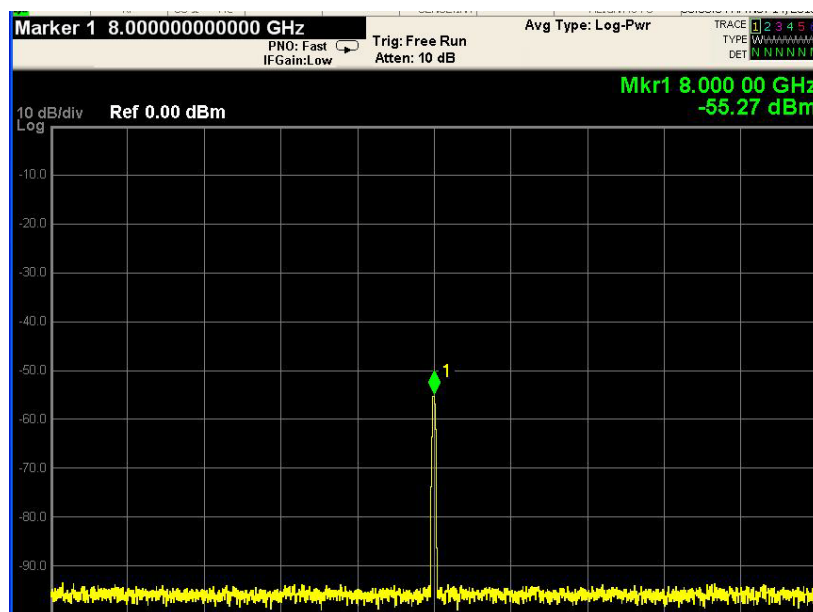


Figura 5. Avaliação do material compósito usando câmara anecoica: frequência 8 GHz.

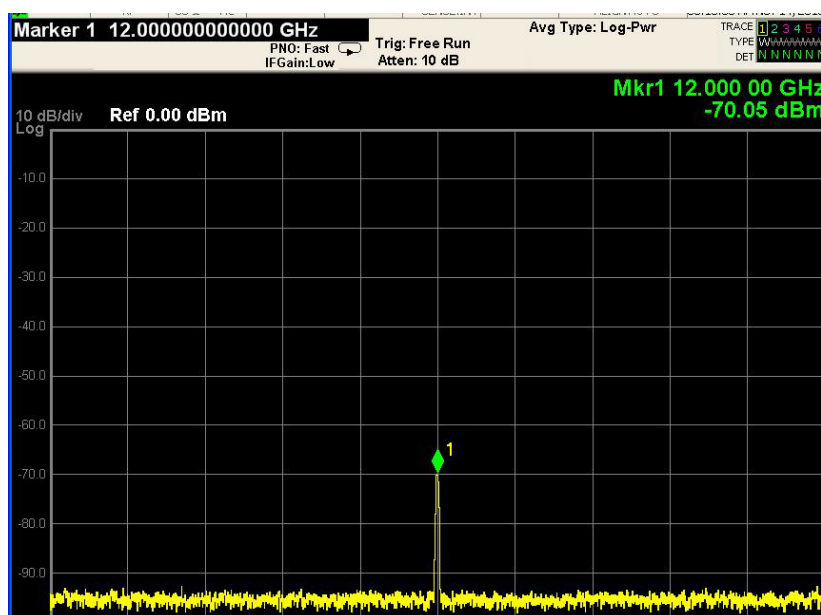


Figura 6. Avaliação do material compósito usando câmara anecoica: frequência 12 GHz.

4. CONCLUSÕES

Os materiais compósitos multifuncionais processados a partir de véus (nãotecidos) de fibras de vidro apresentaram espessura reduzida e adequada para uso como material estrutural de uso aeronáutico. Possuem bom potencial eletromagnético para atuar como materiais compósitos multifuncionais com características de materiais absorvedores estruturais (RAS), atenuando até 99% da radiação incidente em 12 GHz do espectro da banda X que operam a maioria dos radares militares. As formulações de MARE utilizadas nas camadas formadoras do compósito modificam a impedância do material, definindo, por consequência, o comportamento da atenuação da radiação incidente no material.

A utilização de nanotubos de carbono e negro de fumo nas formulações à base de resina poliuretânica favorece a absorção e a repetibilidade do processamento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório Guerra Eletrônica/ITA pelo suporte técnico e ao CNPq e CAPES pelo auxílio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- Gibson, R.F., 2010, "A review of recent research on mechanics of multifunctional composite materials and structures", Compos. Struct. Vol. 92, pp. 2793-2810.
- Barton, D.K., 1988, "Modern Radar System Analysis". London: Artech House, UK.
- Lee S.M., 1991, "International Encyclopedia of Composites", VCH Publishers, New York, USA.
- Skolnik, M.I., 2008, "Radar Handbook", third ed., McGraw-Hill Education.
- Folgueras, L.C., Alves, M.A., Rezende, M.C., 2014, "Evaluation of a nanostructured microwave absorbent coating applied to a glass fiber/polyphenylene sulfide laminated composite", Materials Research, Vol. 17, n.1, pp. 197-202.
- Schleher, D. C., 1999, "Electronic Warfare in the Information Age", London: Artech House, UK.
- Reinert, J., Psilopoulos, J., Grubert, J., Jacob, A.F, 2001, "On the potential of graded-chiral Dallenbach absorbers", Microwave and Optical Technology Letters, Vol. 30, n. 4, pp. 254-257.
- Laverghetta, T.S., 1976, "Microwave Measurements and Techniques", Artech House, Dedham, Massachusetts.
- Balanis, C.A., 2012, "Advanced Engineering Electromagnetics", second ed., John Wiley & Sons.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

"Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho".

CHARACTERIZATION OF MICROWAVE ABSORBENT MULTIFUNCTIONAL COMPOSITE MATERIALS FOR AERONAUTICAL APPLICATIONS

Luiza de Castro Folgueras, luiza.folgueras@unitau.com.br^{1,3}
Newton Adriano dos Santos Gomes, newtonnasg@yahoo.com.br²
Geraldo Mauricio Candido, geraldo.candido@pq.cnpq.br³
Mauro Angelo Alves, mauro.a.alves@gmail.com²
Mirabel Cerqueira Rezende, mirabelcr@gmail.com³

¹Universidade de Taubaté, UNITAU/Depto. Engenharia Mecânica, Rua Daniel Danelli s/n, Taubaté-SP

²Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA/Lab Guerra Eletrônica, Praça Eduardo Gomes, São José dos Campos –SP

³Universidade Federal de São Paulo, UNIFESP/ICT, Rua Talim 330, São José dos Campos-SP

Abstract. Radar applications are not only restricted to the military. The industry is constantly developing new uses of this technology, from the domestic to the automotive sectors. The detection of targets by radars can be minimized by reducing the scattering of electromagnetic energy using microwave absorbing materials, devices that inhibit the reflection of radar waves, or by shaping the target in such way the radar waves are reflected in other directions than the incident direction. But these means to reduce the radar reflection should not interfere with the aerodynamic and structural characteristics of the target. Materials used to reduce the radar signature of military aircraft must absorb preferentially electromagnetic radiation in the X-band (8 to 12 GHz). Radiation absorbing materials can be combined to produce radiation absorbing structures (RAS). RAS are also known as multifunctional composite materials because they attenuate the reflection of microwave radiation while preserving the desired mechanical and thermal properties of the structure. The knowledge of how to process and combine materials and their components allows the production of new materials that can either transmit or absorb the incident electromagnetic radiation. The objective of this study was to process and characterize a multifunctional composite material made using glass fiber veil layers impregnated with a paint based on polyurethane and carbon nanotubes. The electromagnetic characteristics of the multifunctional composite material were measured in the X-band using the wave guide technique and in a semi-anechoic chamber. Its reflectivity was measured with a metallic reflective plate. Reflectivity measurements showed that the composite configuration with the attenuating the reflection of the incident wave from -4 dB to -21 dB. Results of the evaluation of the multifunctional composite material in the semi-anechoic chamber were compatible with those obtained using the wave guide technique, also showing significant attenuation of the incident electromagnetic waves. These results indicate that the processed multifunctional composite material has many potential uses as a RAS, especially in the case of flat geometries, which are critical when a reduction of the radar signature of a target is desired.

Keywords: composite materials, radiation absorbent materials, nanostructured materials, multifunctional composites.