

Materiais absorvedores de radiação eletromagnética baseados em ferrita MnZn

RADAR ABSORBING MATERIALS BASED ON MnZn FERRITE (8-12 GHz)

Roberto Simões

Faculdade e Centro de Educação Tecnológica Radial

Universidade de Taubaté - Departamento de Engenharia Mecânica

Evandro Luís Nohara

Universidade de Taubaté - Departamento de Engenharia Mecânica

Mirabel Cerqueira Rezende

Centro Técnico Aeroespacial/ Instituto de Aeronáutica e Espaço/ Divisão de Materiais

RESUMO

O objetivo do presente trabalho é estudar a influência da concentração de ferrite MnZn nas propriedades de absorção de Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE), na banda X, usando uma matriz epóxi, para uma espessura fixa e igual a 3 mm variando a concentração de ferrita de 30% até 55% (m/m). O MARE obtido mostrou que sua absorção é função da concentração de ferrita. O MARE com concentração de ferrita igual a 45% mostrou o melhor valor de absorção em 10 GHz (99,8%) devido à equalização da impedância entre o ar e o MARE.

PALAVRAS CHAVE

Material Absorvedor de Radiação Eletromagnética Banda X Ferrita de MnZn.

INTRODUÇÃO

Certos materiais com características especiais podem ser usados para absorver a energia da onda eletromagnética, como aquelas emitidas por equipamentos eletrônicos, antenas de telefonia móvel, circuitos eletrônicos em cavidades ressonantes, bem como as emitidas por radar. Esses materiais são conhecidos como Materiais Absorvedores de Radiação Eletromagnética (MARE), classificados em duas amplas categorias: materiais absorvedores dielétricos e materiais absorvedores magnéticos LEE, 1991; JOHNSON, 1992; HOUBERQUEBIE, 1997; LAX, 1962.

Pode-se citar como exemplo de MARE dielétrico materiais obtidos pela adição de negro de fumo ou grafite à uma matriz de resina epóxi LEE, 1991;

JOHNSON, 1992); como exemplo de MARE magnéticos aqueles materiais preparados por dispersão de ferritas também em um meio de resina epóxi (LAX, 1962). As propriedades do material responsáveis pela absorção da energia da onda eletromagnética estão relacionadas as suas propriedades elétricas, particularmente sua permissividade, ϵ , e suas propriedades magnéticas, particularmente sua permeabilidade, μ (LAX, 1962).

A assinatura radar de uma estrutura pode ser função do formato dessa estrutura, como também das propriedades desse material. O formato da estrutura pode ser tal que o ângulo de incidência do sinal pode favorecer um espalhamento deste em direções não detectáveis pelo radar emissor (DORNHEIM, 1990; STONIER, 1991). Exemplos dessas estruturas podem ser vistas nas Figura 1 e 2.

ABSTRACT

The aim of the present work is to study the influence of MnZn ferrite concentration on absorption properties of radar absorbing material (RAM), in the X-band, using epoxy matrix, for a fixed thickness equal to 3 mm and ferrite concentration varying from 30% to 55% (w/w). The obtained RAM showed that their absorption is function of ferrite concentration. The RAM with ferrite concentration equal to 45% showed the best value of absorption at 10 GHz (99,8%) due to impedance matching between the air and RAM.

KEYWORDS

Radar Absorbing Material, X band, MnZn ferrite.



Figura 1- Embarcação marítima americana *Sea Shadow*

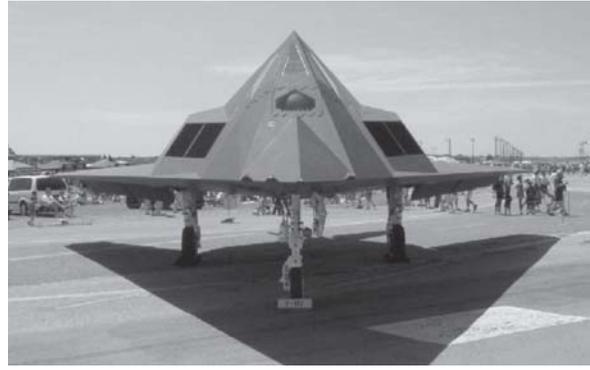


Figura 2- Aeronave americana F-117

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental consistiu de uma seqüência de atividades, que inclui a preparação do MARE baseado em ferrita de MnZn [NOHARA, 1999] com resina epóxi, e a caracterização eletromagnética do coeficiente de reflexão do MARE obtido em guia de onda. A metodologia adotada no Laboratório de Caracterização Eletromagnética da Divisão de Materiais (IAE/CTA) para as medidas por guia de onda utiliza um acoplador direcional, na faixa de freqüências compreendida entre 8-12 GHz.

O acoplador direcional utilizado é uma peça de alta precisão mecânica, constituído de 2 guias de onda acoplados, sendo um deles reto e o outro curvo, com

3 terminais idênticos (Figura 3). O acoplador direcional foi projetado para a onda eletromagnética percorrê-lo da seguinte forma: A fonte de microondas é conectada no terminal A, onde percorre o guia de onda até atingir o terminal B. A onda eletromagnética que percorre o sentido A .B do guia de onda não chega (acopla) até o terminal C. A amostra em estudo é posicionada no terminal B, com dimensões de 23 mm x 11mm (8-12 GHz), utilizando um suporte construído com as dimensões exatas do acoplador direcional. O porta amostra pode ser visto na Figura 4, primeiramente sem a amostra e em seguida com a amostra fixada no porta amostra.

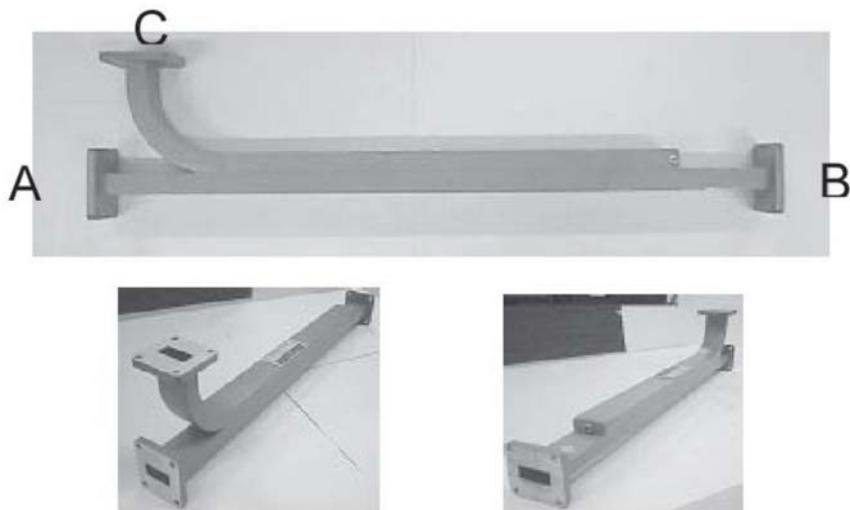


Figura 3. Acoplador direcional utilizado para medidas em guia de onda (8-12 GHz).

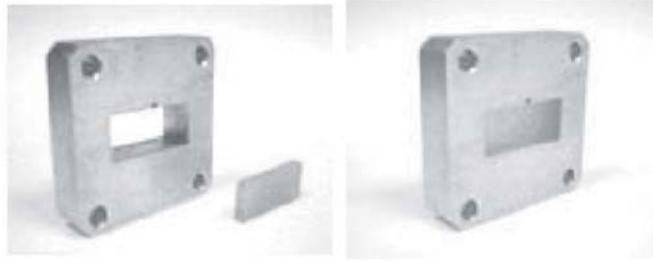


Figura 4- Suporte das amostras no sistema de guia de onda (8-12 GHz): (a) amostra não encaixada no suporte e (b) amostra encaixada no suporte

O coeficiente de reflexão foi medido com uma placa metálica sob o MARE obtido, o que avalia a capacidade do material em reduzir o coeficiente de reflexão de um material 100% refletor. Os materiais e equipamentos necessários para a realização do trabalho são apresentados a seguir, envolvendo a infra-estrutura disponível na Divisão de Materiais/IAE, localizados no Centro Técnico Aeroespacial. Os equipamentos e acessórios utilizados para viabilizar as medidas do coeficiente de reflexão do MARE no guia de onda estão listados a seguir:

- a) Gerador de sinais RF modelo HP 83630B (Hewlett Packard).
- b) Analisador de espectro modelo HP 8593E (Hewlett Packard).
- c) Acoplador direcional modelo X752C (Hewlett Packard), de 8-12 GHz (banda X).
- d) Adaptadores e cabos coaxiais de baixas perdas da *Huber-Suhner* enterprise, modelo Sucoform SM-141-PE (50 W).
- e) Computador PC com interface GPIB.

Os corpos-de-prova (CDP) para o ensaio em guia de onda (8-12 GHz) foram preparados com os seguintes materiais:

- a) resina epóxi bicomponente, tipo araldite profissional.
- b) ferrita da classe espinélio de MnZn com granulometria >400 mesh, preparada de acordo com [11], com concentrações variando entre 35% a 55% em massa.

A seção transversal do guia de onda determina as dimensões da largura e altura do material a ser caracterizado, igual a 23 mm por 10 mm, respectivamente. A espessura dos CDPs foi fixada em 3 mm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da redução do coeficiente de reflexão em função da concentração da ferrita MnZn estão relacionados na Tabela 1. Foram calculadas as reduções percentuais de redução do sinal (%) utilizando a Equação 1, também relacionadas na Tabela 1.

$$\text{Atenuação (dB)} = -10 \log \frac{P_r}{P_i} \quad (1)$$

onde:

P_r : potência refletida

P_i : potência incidente

Tabela 1- Resultados de redução do sinal medidos em guia de onda, em 10 GHz.

Concentração de ferrita (% em massa)	Absorção (dB)	Absorção (%)
35,0	-17,7	98,2
40,0	-21,9	99,3
45,0	-27,2	99,8
50,0	-9,43	88,6
55,0	-5,79	73,6

De acordo com a Tabela 1, os corpos-de-prova adaptados com ferrita MnZn apresentam um máximo de absorção na concentração de 45% em massa (99,8%), sendo que em valores de concentrações inferiores a absorção é menor e em concentrações superiores a absorção é menor. A diminuição da absorção em concentrações inferiores a 45% em massa se deve a uma quantidade menor de centros absorvedores presentes no corpo-de-prova, mostrando que os níveis de absorção estão relacionados

Em concentrações superiores a 45% em massa é

observado uma diminuição da absorção. Este comportamento está relacionado com a capacidade da onda eletromagnética penetrar no interior do MARE. Se a concentração dos centros absorvedores no MARE for muito elevada, a onda eletromagnética pode sofrer preferencialmente um comportamento de reflexão do que penetrar no MARE, uma vez que altas concentrações de aditivos promovem uma diferença maior na interface MARE / meio externo.

O ar possui uma impedância de aproximadamente 377 W para a onda eletromagnética. Quando uma onda eletromagnética que propaga no ar incide em um meio com impedância diferente do valor de 377 W, essa onda sofre uma reflexão, mas parte da onda também transmite no meio. A reflexão e a transmissão da onda eletromagnética no meio será maior e menor quanto maior a diferença de impedância entre o ar e o meio, respectivamente. Por esse motivo as concentrações de 50% e 55% em massa possuem valores inferiores de absorção em relação a concentração de 45%, uma vez que o aumento da concentração resulta em maiores diferenças de impedância entre o ar e o MARE, diminuindo a penetração da onda eletromagnética, provocando níveis inferiores de absorção.

CONCLUSÕES

As ferrita estudada mostra-se eficiente como centro absorvedor da radiação eletromagnética dentro da faixa de frequência de 8-12 GHz. Os resultados de absorção dos MARE obtidos também mostram a dependência da absorção com a concentração do ferrita no MARE. A partir deste estudo conclui-se que o controle da concentração dos centros absorvedores é fundamental na obtenção de MARE:

- com níveis de absorção desejados em função da quantidade de centros absorvedores;
- com controle da impedância na interface ar/MARE para permitir a obtenção de altos valores de absorção.

Para complementar este estudo estão sendo realizadas análises dos parâmetros complexos permeabilidade e permissividade, bem como o cálculo da impedância dos MARE obtidos.

REFERÊNCIAS

DORNHEIM, M. F-117A Stealth Aircraft. *Aviation Week & Space Technology*, 1990.

HOURQUEBIE, P.; OLMEDO, L.; JOUSSE, F. *Microwave Properties of Conductive Polymers*. In: *Handbook of Organic Conductive Molecules and Polymers*. [S.l]: Nalwa, John Willey & Sons, 1997. v. 3.

JOHNSON, R. N. *Radar-Absorbing Material: A Passive Role in an Active Scenario*. *The International Countermeasure Handbook*. 11 ed. Palo Alto, 1992.

LAX, B.; BUTTON, K. J. *Microwave Ferrites and Ferrimagnetics*. [S.l]: McGraw-Hill Book Company, 1962.

LEE, S. M. *International Encyclopedia of Composites*. New York: VHC, 1991. v. 6.

NOHARA, E. L.; MARTIN, I. M.; REZENDE, M.C. *Processamento de ferritas à base de Bário (Ba), Chumbo (Pb), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Escândio (Sc), Manganês (Mn), Níquel (Ni), Titânio e Zinco (Zn) pelo processo de metalurgia do pó, visando aplicações de blindagem eletromagnética na faixa de 2-40 GHz nas áreas aeroespacial e afins*. INPI 9907616, 20 dez. 1999.

STONIER, R. A. *Stealth Aircraft and Technology from World War II to the Gulf*. *SAMPE Journal*, v. 27, n. 4, p. 9-17, 1991.