

Verificação do comportamento magnético das nanopartículas de Co-Zn e Ni-Zn utilizando o método de arraste

Hugo C. de O. Freitas, João Vitor B. Salgado, Ryan R. M. R. da Silva, Breno de S. Mendes, Laurent Y. E. R. Cheret, Célio J. M. Lopes, Leticia S. Aguilera, André B. H. S. Figueiredo
Instituto Militar de Engenharia, Seção de Engenharia Mecânica e de Materiais –
Praça General Tibúrcio, 80, 22290-270,
Praia Vermelha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

RESUMO: NO método de arraste foi usado em compósitos de ferritas mistas de Co-Zn e Ni-Zn em matriz de parafina. Para tal, foram determinadas as velocidades de arraste dos compósitos em relação as concentrações de zinco. As velocidades apresentaram o mesmo comportamento que a magnetização por concentração de zinco determinado por magnetometria de amostra vibrante MAV para compósitos de ferrita mistas de Mn-Zn em matriz de parafina.

PALAVRAS-CHAVE: Nanopartículas, ferritas, comportamento magnético.

ABSTRACT: The drag method has been used in composites of mixed Co-Zn ferrite and Ni-Zn in paraffin matrix. To this, the speeds of drag of composites relative to concentrations of zinc were determined. The velocities exhibited the same behavior as the magnetization per concentration of zinc determined by VSM to composites of mixed Mn-Zn ferrite in paraffin matrix.

KEYWORDS: Nanoparticles, ferrites, magnetic behavior.

1. INTRODUÇÃO

Os nanomateriais têm sido objeto de pesquisa por possuírem propriedades peculiares resultantes de suas diminutas dimensões. Dentre eles, destacam-se as nanopartículas de ferritas, as quais apresentam variação significativa de comportamento magnético com a redução de tamanho de suas partículas.

É de grande relevância para o estudo do comportamento magnético das nanopartículas a determinação de sua magnetização de saturação. Tradicionalmente, tal determinação é realizada utilizando um magnetômetro de amostra vibrante MAV. Como alternativa de baixo custo, foi proposto investigar indiretamente o comportamento magnético do compósito de nanopartículas de Co-Zn e Ni-Zn em matriz de parafina, pelo método de arraste, como descrito em [1].

1.1 Fundamentação Teórica

Para compreender as propriedades das ferritas é necessário analisar a estrutura cristalina apresentada por estes materiais. Os óxidos metálicos apresentam estrutura do mineral Espinélio ($MgAl_2O_4$), em que os íons de O^{2-} com raios atômicos de 0,13 nm, formam uma rede cúbica de face centrada. Os íons de raio atômico menores ocupam os sítios tetraédricos (Mg^{2+}), chamados sítios [A] e os sítios octaédricos [Al^{3+}], chamados sítios [B] [2].

As ferritas possuem estrutura cristalina do tipo espinélio (Fig. 1), representada pela fórmula química $M^{2+}Fe_2^{3+}O_4^{2-}$, sendo M um metal divalente, como Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+} e a ocupação dos sítios tetraédricos e octaédricos pelos íons divalentes influencia as propriedades magnéticas destes materiais [2].

Como nem todos os sítios disponíveis são ocupados, há

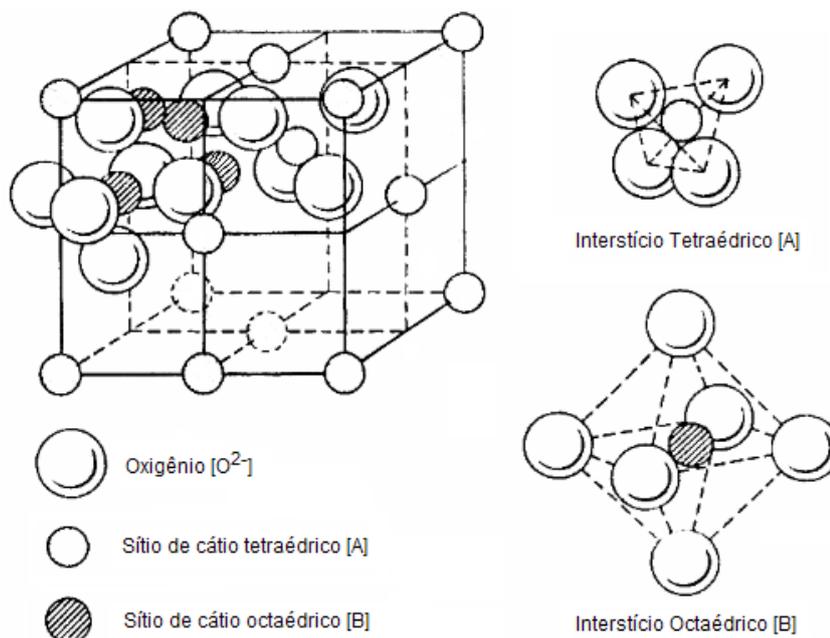


Fig. 1: Estrutura do Espinélio

três configurações diferentes que a estrutura pode assumir. São elas: espinélio normal, espinélio parcialmente invertido e espinélio invertido. Define-se por espinélio normal a configuração em que há somente íons do metal divalente (M^{2+}) ocupando os sítios [A] e íons Fe^{3+} ocupando os sítios [B]. Na configuração em que os íons Fe^{3+} ocupam os sítios [A] e metade dos sítios [B], com íons M^{2+} na outra metade de sítios [B], o espinélio é denominado invertido. Configurações em que há ocupação de M^{2+} e Fe^{3+} nos sítios [A] e [B] em proporções variando de 0 a 1 classificam o espinélio como parcialmente invertido [2]. A ocupação dos sítios afetará o comportamento magnético do material.

Não só a estrutura cristalina influencia em tal comportamento, como também sua estrutura macroscópica. Um dos fenômenos observados efetivamente em nanopartículas é o superparamagnetismo. Materiais que apresentam essa propriedade possuem a característica de não armazenar memória magnética, ou seja, ao serem retirados da influência de um campo magnético não há magnetização remanescente, para temperaturas acima da temperatura de bloqueio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Síntese por Combustão em Solução (SCS)

Foram produzidas ferritas de $Co_{(1-x)}Zn_{(x)}Fe_2O_4$ e $Ni_{(1-x)}Zn_{(x)}Fe_2O_4$, com x variando de 0 a 1, com passo de 0,5. O método utilizado para a fabricação desses compostos foi a Síntese por Combustão em Solução, na qual nitratos metálicos em solução aquosa com um combustível são aquecidos até que se inicie a combustão e haja a formação de pó. Assim, para obter os produtos desejados seguiu-se as seguintes etapas:

a) Cálculo estequiométrico para a determinação da quantidade de cada reagente a ser utilizada. Para a produção das ferritas mistas de Co-Zn, utilizou-se $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$, e $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Já para obter as ferritas mistas de Ni-Zn, os reagentes foram $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$, $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ e $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Para as reações, a Glicina ($C_2H_3NO_2$) foi utilizada como combustível e razão G/N=1,0.

b) Preparou-se então uma solução com a diluição dos reagentes em 10 mL de água destilada e aquecida a 100°C até a vaporização da água e o início da combustão.

c) A combustão e queima autossustentada de todo o volume do material deu origem a uma espuma que se tornou pó após a maceração mecânica manual.

2.2 Preparação dos Corpos de Prova

Para a fabricação dos corpos de prova foi feita a mistura de cada ferrita nanométrica sintetizada com parafina em uma proporção de 1:10, formando um compósito. A mistura foi colocada em um molde cilíndrico de 15 mm de diâmetro interno e posteriormente dividiu-se a mistura solidificada em pastilhas circulares com altura entre 5,0 mm e 6,5 mm, como em [1]. Os corpos de prova foram produzidos de forma a terem densidade inferior à da água, sendo a matriz de parafina, a fim de que um eventual atrito entre os corpos de prova e o fundo do recipiente utilizado nos ensaios não interferisse nos resultados.

2.3 Ensaios de Arraste

Foram realizados três ensaios para cada concentração de

zinco nas amostras. Em cada ensaio, o corpo de prova foi posicionado dentro de um tanque de água e exposto a um campo magnético externo produzido por um ímã. Em seguida, obteve-se a medida de tempo para que a amostra percorresse uma distância fixa de 4 cm. A partir desses valores, determinou-se a velocidade média de cada medição.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos valores dos intervalos de tempo obtidos pelos ensaios de arraste determinou-se a velocidade média de cada ferrita com respectiva concentração, obtendo-se as curvas representadas na Fig. 2.

O aumento da velocidade de arraste em torno de 50% de zinco, como mostra a Fig. 2, apresenta coerência com os resultados para ferritas de Mn-Zn de [1], apresentada na Fig. 3.

A tendência verificada nas curvas de velocidade de arraste por concentração de zinco para a nanopartículas é também observada para magnetização em função da concentração de zinco apresentada na literatura para ferritas *bulk*, como apresentado na Fig 4.

A semelhança das curvas evidencia uma similaridade no comportamento magnético de nanopartículas de ferrita e de ferritas *bulk*, embora ferritas *bulk* apresentem comportamento ferromagnético, enquanto nanopartículas apresentam comportamento superparamagnético, como também foi estudado em [1].

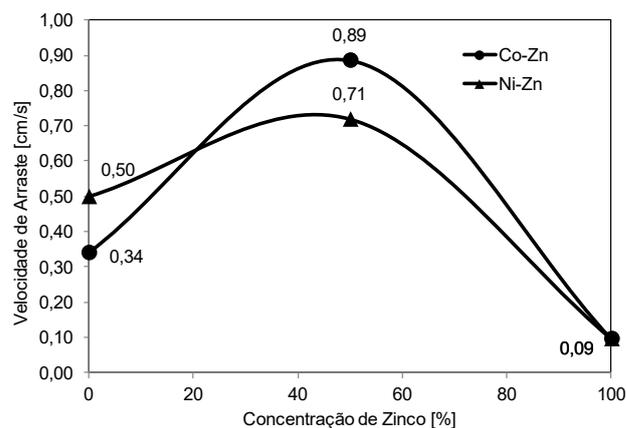


Fig. 2: Velocidade de Arraste por Concentração de Zinco para Ferritas Co-Zn e Ni-Zn

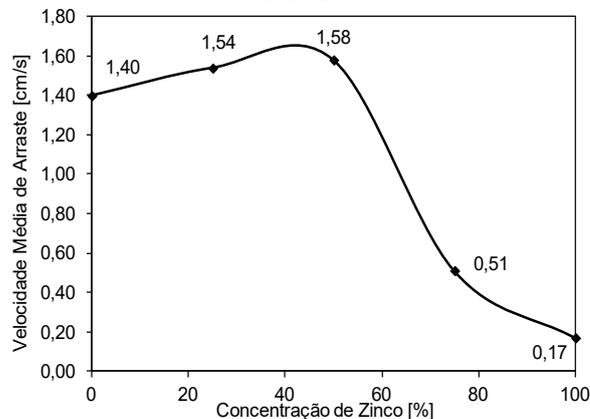


Fig. 3: Velocidade de Arraste por Concentração de Zinco para Ferritas Mn-Zn [1]

Da mesma forma, ao comparar-se as curvas de Co-Zn e Ni-Zn das Fig. 2 com a da Fig. 4, percebe-se que estas pos-

suem uma tendência similar. Portanto, as curvas obtidas no gráfico de velocidade de arraste por concentração de zinco para nanopartículas de ferritas mistas de Co-Zn e Ni-Zn permitem estimar o comportamento magnético destas ferritas, tendo magnetização máxima atingida em 50% de zinco.

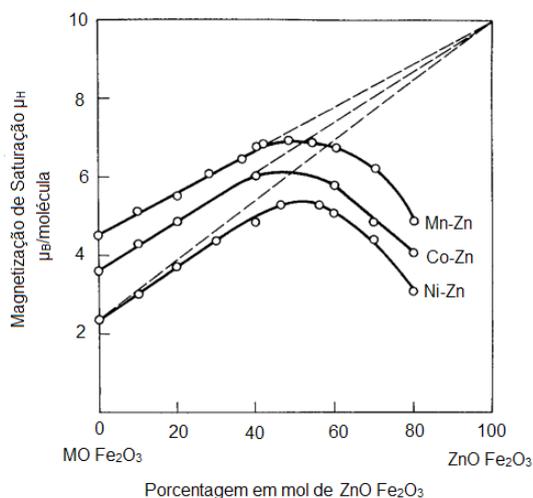


Fig. 4: Efeito da Magnetização de Saturação (a 0K) pela adição de Zn nas ferritas de Mn, Co e Ni [2].

3. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados, pôde-se constatar a relação entre as curvas de velocidade de arraste e magnetização de saturação das ferritas por concentração de zinco. Em ambas as ferritas estudadas, verificou-se que a maior velocidade de arraste obtida e a maior magnetização de saturação ocorreram próximas à concentração de 50% de zinco.

A realização desse estudo proporcionou a oportunidade de verificar a eficácia de um método simples e de baixo custo que fornece uma base comparativa para um estudo qualitativo do comportamento magnético das ferritas mistas de Co-Zn e Ni-Zn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [9] Aguilera, L. S. Método de Arraste utilizado para a determinação do comportamento magnético de nanopartículas de ferrita mista de Mn-Zn. 2016 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) – Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro, 2016.
- [10] Cullity, B. D. e Graham, C. D. Introduction to Magnetic Materials, 2nd edition. Wiley, New Jersey, 550 p., 2009.