

Estudo por RFM da cristalização da liga amorfa $\text{Co}_{69}\text{Fe}_4\text{Ni}_1\text{Mo}_2\text{B}_{12}\text{Si}_{12}$ (Metglas 2705M)*

R. S. de Biasi**
 M.L.N. Grillo***

RESUMO

A técnica da ressonância ferromagnética (RFM) foi usada para estudar a cristalização do vidro metálico $\text{Co}_{69}\text{Fe}_4\text{Ni}_1\text{Mo}_2\text{B}_{12}\text{Si}_{12}$ (Metglas 2705M). A largura de linha pico-a-pico, ΔH_{pp} , foi medida à temperatura ambiente e 9,5 GHz para quatro tempos de tratamento isotérmico na faixa de temperaturas de 727 K a 767 K. A fração transformada, obtida a partir dos dados de RFM, satisfaz à equação de Johnson-Mehl-Avrami com o expoente n entre 1,04 e 1,06. O valor da energia de ativação, estimado a partir dos tempos para $\Delta H_{pp} = 55$ a 65 mT, é 86 kJmol^{-1} .

1. INTRODUÇÃO

A estabilidade térmica dos vidros metálicos é um assunto de grande interesse, já que a cristalização pode modificar consideravelmente as propriedades desses materiais. A ressonância ferromagnética (RFM) parece ser [1-4] um método conveniente para estudar a cristalização dos vidros metálicos, já que

se trata de uma técnica rápida, sensível e não-destrutiva. No presente trabalho, a técnica da RFM foi usada para investigar a cristalização de uma liga amorfa de baixa magnetoestrição à base de cobalto, Metglas 2705M [5-7], fabricada pela Allied Chemical Corporation.

A liga, de composição nominal $\text{Co}_{69}\text{Fe}_4\text{Ni}_1\text{Mo}_2\text{B}_{12}\text{Si}_{12}$, foi fornecida em forma de fitas com 25 mm de largura e 20

*Tradução do artigo: R.S. de Biasi e M.L.N. Grillo, FMR study of crystallization in the amorphous alloy $\text{Co}_{69}\text{Fe}_4\text{Ni}_1\text{Mo}_2\text{B}_{12}\text{Si}_{12}$ (Metglas 2705M), J. Alloys Comp. 268, 270 (1998).

**Engenheiro Eletrônico (PUC/RJ), Mestre em Ciências em Engenharia Eletrônica (PUC/RJ) e Ph.D. em Engenharia Eletrônica (Universidade de Washington, Seattle, EUA). É Professor Titular do IME.

***Bacharel em Física (UERJ), Mestre em Ciências em Física (PUÇ) e Doutora em Física (UFRJ). É Professora Adjunta da UERJ.

μm de espessura. Os tratamentos isotérmicos foram realizados no ar, em pequenos pedaços da fita (dimensões típicas: 4 mm x 3 mm) em um forno tubular com uma precisão de ± 1 K.

Os espectros de RFM foram obtidos à temperatura ambiente em um espectrômetro Varian E-12 trabalhando na Banda X (9,5 GHz). Todas as medidas foram feitas com o campo magnético estático paralelo à superfície da amostra e na direção do eixo maior da fita.

2. RESULTADOS EXPERIMENTAIS E ANÁLISE

Os espectros de RFM de duas amostras tratadas de Metglas 2705M, uma como recebida e outra tratada por 4 h a 767 K, aparecem na Fig. 1. A Fig. 2 mostra a variação da largura de linha pico-a-pico, ΔH_{pp} , com o tempo de tratamento, para três temperaturas de tratamento. A variação segue de perto equações da forma $\Delta H = A + B[1 - \exp(-kt^n)]$ com $A = 46$ mT, $B = 26$ mT. Isto sugere que, como acontece com outros vidros metálicos [2-4], a largura de linha aumenta linearmente com a fração transformada da amostra. A Fig. 3 foi plotada usando os dados da Fig. 2 para determinar o valor do expoente de Avrami, n . A fração transformada, f , foi calculada a partir da largura de linha, supondo que a relação linear $f = (\Delta H - 46)/26$ seja válida para todas as temperaturas investigadas. O valor médio de n é 1,05.

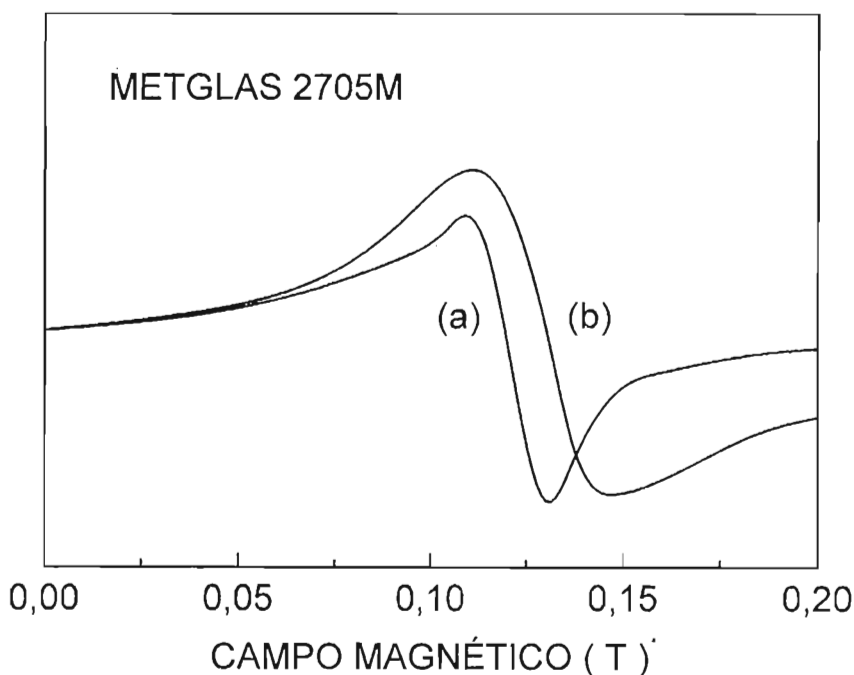


Figura 1 – Espectros de RFM de amostras de Metglas 2705M.
(a) Amostra como recebida; (b) Amostra tratada por 4 h a 767 K.

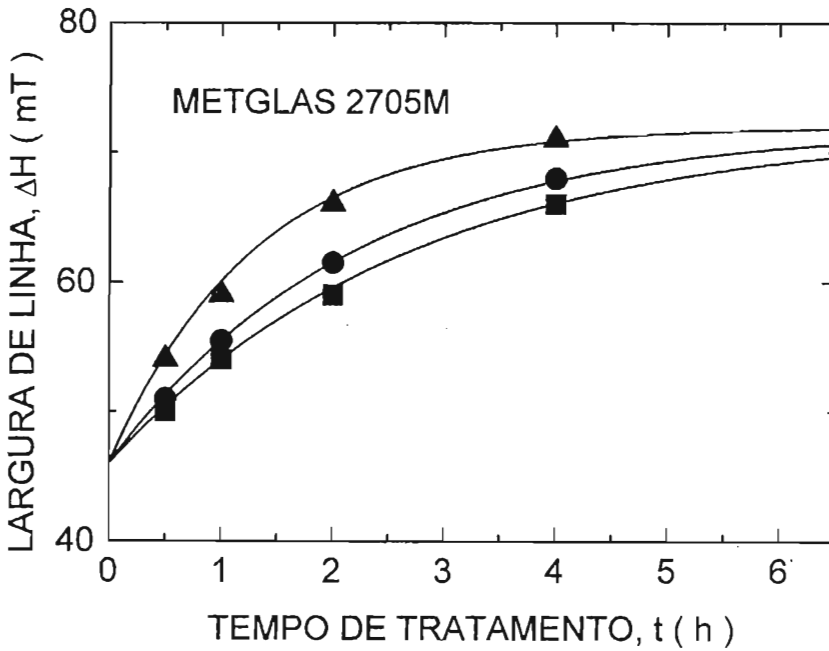


Figura 2 – Largura de linha em função do tempo de tratamento, para três diferentes temperaturas de tratamento: (■) 727 K; (●) 747 K; (▲) 767 K.

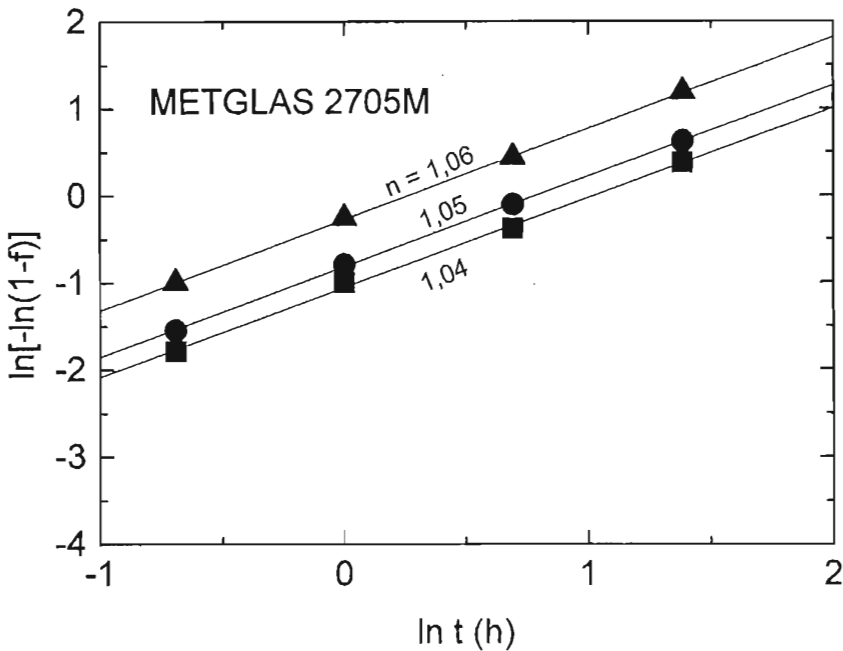


Figura 3 – Gráficos de Avrami para três diferentes temperaturas. (■) 747 K; (●) 757 K; (▲) 767 K.

A energia aparente de cristalização E_c foi calculada a partir da variação com a temperatura do tempo para um certo valor de largura de linha, $t_{\Delta H}$, de acordo com a equação $t_{\Delta H} = A \exp(-E_c/kT)$. Gráficos de $\ln t_{\Delta H}$ em função de $1/T$ aparecem na Fig. 4 para três valores de largura de linha. Os valores correspondentes de E_c , obtidos a partir da inclinação de retas ajustadas por mínimos quadrados aos pontos experimentais, também estão indicados na figura. O valor médio de E_c é 86 kJmol^{-1} , menor que a energia de ativação [4] da liga Metglas 2705MN, outra liga à base de cobalto, que é $E_c = 125 \text{ kJmol}^{-1}$. Os valores do expoente de Avrami, n , são compatíveis com um processo de crescimento controlado por difusão com uma taxa de nucleação próxima de zero [8,9].

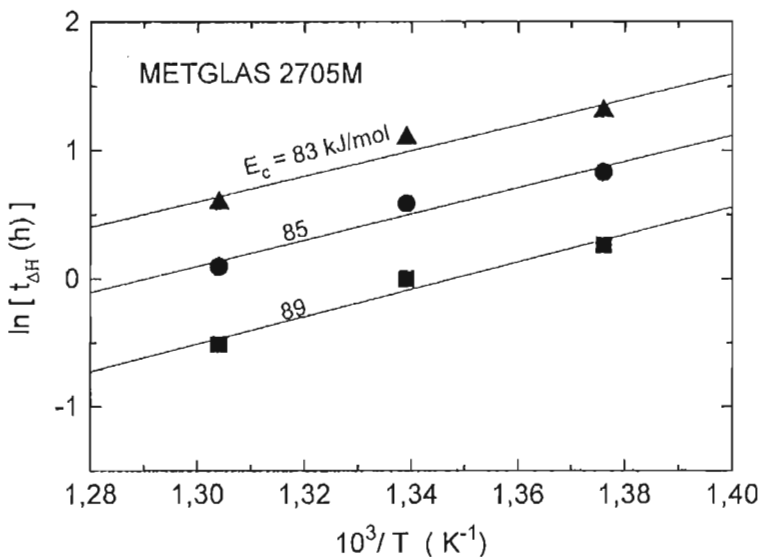


Fig. 4 – Gráfico de $\ln t_{\Delta H}$ em função da temperatura de tratamento. As retas são ajustes por mínimos quadrados aos dados experimentais: $\Delta H =$ (■) 55 mT, (●) 60 mT, (▲) 65 mT.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. R.S. de Biasi e A.A.R. Fernandes, *Phys.Rev.* B42 (1990) 527.
2. G. Balasubramanian, A.N. Tiwari e C.M. Srivastava, *J.Mater.Sci.* 25 (1990) 1636.
3. R.S. de Biasi e S.M.V. Araújo, *J.Mater.Sci.Lett.* 14 (1995) 94.
4. R.S. de Biasi e M.L.N. Grillo, *J.Mater.Sci.Lett.* 15 (1996) 1916.
5. H.S. Gokturk, T.J. Fiske e Dilhan M. Kalyon, *J.Appl.Phys.* 73 (1993) 5598.
6. I. Sasada e Y. Oonaka, *J.Appl.Phys.* 75 (1994) 6984.
7. R.S. Sommer e C.L. Chien, *J.Appl.Phys.* 79 (1996) 5139.
8. B. Ilschner, *Archiv.f.d. Eisenhüttenwesen* 26 (1955) 59.
9. S. Ranganathan e M. von Heimendahl, *J.Mater.Sci.* 16 (1981) 2401.