

## Estudo da formação da fase de Heusler na liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag

Thaís M. Carvalho<sup>1\*</sup>(PQ), Antonio T. Adorno<sup>1</sup>(PQ), Ricardo A. G. Silva<sup>2</sup>(PQ), Camila M. A. Santos<sup>1</sup>(PG), Marina Magnani<sup>1</sup>(PQ)  
\*thaísa.mary@gmail.com

<sup>1</sup>UNESP - Instituto de Química, Departamento de Físico-Química, Caixa Postal 355, 14801-970 - Araraquara-SP

<sup>2</sup>UNIFESP, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, 09920-540 – Diadema-SP

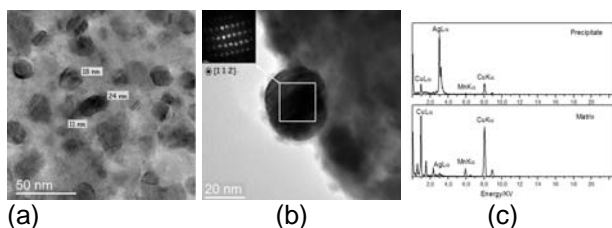
Palavras Chave: liga de Cu-Al-Mn-Ag, fase de Heusler, propriedades magnéticas.

### Introdução

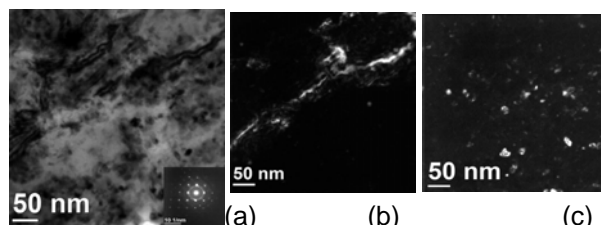
As propriedades magnéticas das ligas de Cu-Al-Mn com memória de forma têm sido amplamente estudadas<sup>1,2</sup>. Uma das razões para este interesse é o fato que a fase de Heusler Cu<sub>2</sub>MnAl, com estrutura L2<sub>1</sub>, é ferromagnética embora os elementos atômicos que a constituem sejam todos não-ferromagnéticos<sup>3</sup>. As nanopartículas da fase ferromagnética Cu<sub>2</sub>MnAl, que precipitam a partir de uma solução sólida Cu-Al-Mn supersaturada, foram investigadas e verificou-se que as propriedades magnéticas das ligas do sistema Cu-Al-Mn são determinadas pelo estado dos precipitados dispersos<sup>4</sup>. Neste trabalho, a formação da fase de Heusler na liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag (m/m), recozida e submetida a têmpera a partir de 850 °C, foi estudada utilizando calorimetria exploratória diferencial (DSC), microscopia eletrônica de transmissão (MET) e medidas de magnetização com o campo magnético.

### Resultados e Discussão

A figura 1 mostra imagens de MET obtidas para a liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag recozida e os espectros de EDS obtidos nos nanoprecipitados e na matriz. O tamanho dos nanoprecipitados encontrados estão entre 11 e 24 nm e correspondem à fase rica em Ag, com o eixo de zona de [1 1 2], como mostrado nas figs. 1-b e 1-c. Na figura 2-a observa-se o padrão de difração da área selecionada para a liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag submetida a têmpera. Após a indexação do padrão de elétrons e utilizando as técnicas de campo claro (fig. 2-a) e campo escuro (figs. 2-b e c) foi possível identificar a fase Cu<sub>2</sub>MnAl, com eixo de zona [0 0 1], e a fase rica em Ag. Essas fases estão dissolvidas na matriz.

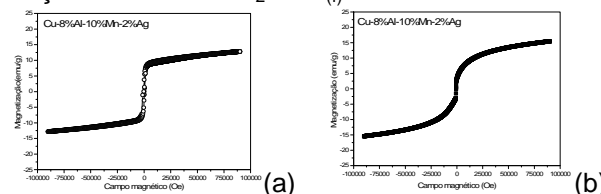


**Figure 1.** (a) Imagem de MET obtida para a liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag, recozida. (b) Padrão de difração de nano feixe de elétrons (NBD) obtido para a fase rica em Ag e (c) espectros de EDS obtidos em (a).



**Figura 2.** Imagens de MET obtidas para a liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag, submetida a têmpera (a) Imagem em campo claro e padrão de difração de elétrons (b) Imagem em campo escuro para a fase Cu<sub>2</sub>MnAl e (c) para a fase rica em Ag.

A figura 3 mostra as curvas de magnetização em função do campo magnético aplicado a 4 K. Os valores obtidos para a magnetização de saturação para a liga recozida e submetida a têmpera foram em torno de 11,00 e 15,20 emu/g, respectivamente. Esse aumento no valor da magnetização de saturação deve estar associado à dissolução dos átomos de Ag na matriz, que deve aumentar a fração relativa de Cu<sub>2</sub>MnAl<sub>(f)</sub>.



**Figura 3.** Medidas de magnetização em função do campo magnético para a liga Cu-8%Al-10%Mn-2%Ag (a) recozida e (b) submetida a têmpera.

### Conclusões

Os resultados indicaram que existe uma correlação entre a fase rica em Ag e a formação da fase Cu<sub>2</sub>MnAl. A presença da prata dissolvida deve aumentar a fração relativa de Cu<sub>2</sub>MnAl<sub>(f)</sub> contribuindo para o aumento no valor da propriedade magnética.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Processo 2011/19387-7), ao LME/LNNAMO pelas análises de MET e ao grupo de pesquisa Materiais Supercondutores, magnéticos e elétricos do EEL - USP (FAPESP 2009/54001-2).

<sup>1</sup> Q. Wang, F. Han, C. Cui, *J. Alloys Compd.* **2010**, 492 (1-2), 286.

<sup>2</sup> A. Mielczarek, N. Kopp, W. Riehemann, *Mat. Sci. Eng. A* **2009**, 182.

<sup>3</sup> J. Marcos, A. Planes, L. Manosa, *Phys. Rev. B* **2002**, 66, 054428.

<sup>4</sup> V.V. Kokorin, et al., *Mat. Sci. Eng. A* **2008**, 481, 542.