

**Efeito da adição de Zr e Nb na microestrutura e propriedades de memória de forma da liga Cu-11,35Al-3,2Ni-3Mn-0,5X (X= Zr ou Nb) solidificada rapidamente.**

Fernando H. P. de Almeida<sup>(1)</sup>, Eric M. Mazzer<sup>(2)</sup>, Régis D. Cava<sup>(3)</sup>, Claudemiro Bolfarini<sup>(4)</sup>, Walter J. Botta filho<sup>(4)</sup>, Cláudio S. Kiminami<sup>(4)</sup>.

1. Aluno de IC do Depto. de Engenharia de Materiais da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil. \*fernando-hpa@hotmail.com
2. Aluno do Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.
3. Pesquisador no Depto. de Engenharia de Materiais da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.
4. Professores no Depto. De Engenharia de Materiais da UFSCar, São Carlos, SP, Brasil.

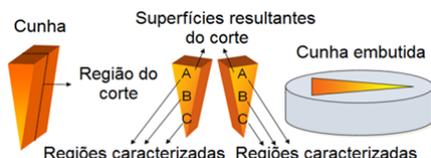
Palavras Chave: *memória de forma, solidificação rápida, liga de Cu-Al-Ni.*

**Introdução**

As ligas com efeito de memória de forma (LMF) são materiais capazes de recuperarem a forma e o tamanho original após terem sido deformadas plasticamente. Dentre as LMF estudadas, as do sistema Cu-Al-Ni possuem uma potencial aplicação devido ao relativo baixo custo e por apresentarem boas propriedades termomecânicas. Tais ligas requerem uma taxa de resfriamento suficientemente alta para garantir que a fase de alta temperatura ( $\beta$ ) transforme-se em martensita  $\beta'$  à temperatura ambiente. O presente trabalho estudou o efeito da adição de Zr e Nb na microestrutura e nas temperaturas de transformações da liga Cu-11,35Al-3,2Ni-3Mn-0,5X (X = Zr ou Nb - %massa) solidificadas rapidamente. Desta forma, amostras foram processadas utilizando sistema de fusão por plasma e preenchimento por sucção de coquilha de cobre com cavidade em forma de cunha. Cada amostra foi analisada em três regiões sujeitas a diferentes taxas de resfriamento e comparadas com as da liga Cu-11,85Al-3,2Ni-3Mn, também estudada pelo grupo.

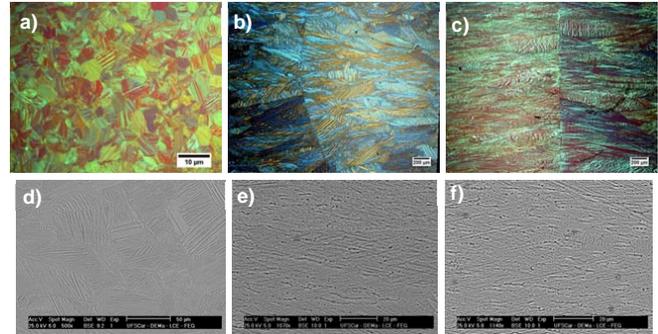
**Resultados e Discussão**

As ligas com composições Cu-11,85Al-3,2Ni-3Mn e Cu-11,35Al-3,2Ni-3Mn-0,5X (X = Zr ou Nb - %massa) foram estudadas a partir do processamento de amostras em forma de cunha via forno de fusão por plasma com fluxo de argônio e sistema de vazamento por sucção em coquilha de cobre. Estudou-se a evolução microestrutural e as temperaturas de transformações de cada amostra em três regiões sujeitas a diferentes taxas de resfriamento (fig. 1).



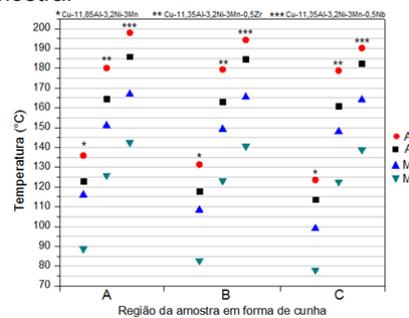
**Figura 1.** Esquema das regiões analisadas para as amostras em forma de cunha.

Resultados apresentados pela técnica de difração de raios-X (DRX), juntamente com as micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) indicam a formação única da fase martensita  $\beta'$  nessas regiões para as três composições. As imagens adquiridas por microscopia óptica (MO) e MEV revelaram a presença de grãos equiaxiais para a composição Cu-11,85Al-3,2Ni-3Mn e de grãos colunares com e presença de precipitados para as composições com adição de Zr e Nb (fig. 2).



**Figura 2.** Análise microestrutural da região B da amostra em forma de cunha para as composições: a) e d) Cu-11,85Al-3,2Ni-3Mn; b) e e) X = Nb; c) e f) X=Zr.

As temperaturas de transformações austenita-martensita são muito dependentes da morfologia e tamanho de grão, conforme verificado pela análise térmica realizada por calorimetria diferencial de varredura (DSC). Além disso, a adição de Nb e Zr no sistema Cu-Al-Ni-Mn-X promoveu um aumento nas temperaturas de transformações em todas as regiões analisadas e, provavelmente devido à presença de grãos grosseiros, estas temperaturas não sofreram uma grande variação entre as regiões de uma mesma amostra.



**Figura 3.** Temperaturas de transformações das composições estudadas.

**Conclusões**

A solidificação rápida das ligas Cu-11,85Al-3,2Ni-3Mn e Cu-11,35Al-3,2Ni-3Mn-0,5X (X = Zr ou Nb - %massa) resultaram em ligas com efeito de memória de forma.

Os difratogramas, juntamente com as micrografias, apontaram a presença somente da fase  $\beta'$ .

A adição de Nb e Zr resultou na formação grãos grosseiros e um aumento nas temperaturas de transformações.