

Energia de ativação da reação eutetóide na liga Cu-11%Al-2%Ag

Juliana O. Roque^{1*} (IC), Antonio T. Adorno¹ (PQ), Ricardo A. G. Silva¹ (PQ)*juroque6@yahoo.com.br

¹ Departamento de Físico-Química – Instituto de Química-Unesp – Caixa Postal 355 – 14801-970 Araraquara-SP.

Palavras Chave: Cinética, martensita, Ligas de Cu-Al-Ag.

Introdução

As ligas de Cu-Al com concentração de Al entre 9 a 14% apresentam uma reação não-difusiva da fase β (de alta temperatura) na fase martensítica durante o resfriamento rápido a partir de altas temperaturas¹. Essa reação está relacionada ao desenvolvimento das ligas inteligentes. Sendo assim, a formação da fase β a partir da fase complexa $(\alpha+\gamma_1)$ torna-se muito interessante, já que a fase martensítica (β_1') herda a estrutura cristalográfica da fase β . Nesse trabalho a energia de ativação da reação eutetóide, $(\alpha+\gamma_1)?\beta$, na liga Cu-11%Al com e sem a adição de 2%Ag foi estudada usando medidas de calorimetria exploratória diferencial (DSC), difratometria de raios X in situ (DRX), microscopias eletrônica de varredura (MEV) e óptica (MO).

Resultados e Discussão

Para estabelecer a sequência das reações nas ligas Cu-11%Al e Cu-11%Al-2%Ag curvas DSC, partindo de amostras submetidas a têmpera a partir de 900 °C, foram obtidas. O tratamento térmico de têmpera consiste em aquecer a amostra até 900 °C e em seguida resfriá-la rapidamente em gelo fundente para produzir a fase martensítica. As curvas DSC das amostras (fig.1) foram obtidas com razão de aquecimento igual a 5,0; 10; 20 e 30 °Cmin⁻¹, fluxo de N₂ igual a 50 mLmin⁻¹ no intervalo de temperaturas de 30 a 600 °C. Nas curvas obtidas para as ligas com e sem adição de Ag foram verificados cinco eventos térmicos. Após ensaios de DRX, realizados no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, MEV e MO, as fases produzidas a partir do aquecimento da fase martensítica foram identificadas, caracterizadas e a sequência das reações no estado sólido foi obtida. Os picos observados nas curvas da fig.1-a são devidos à: P₁: reação de ordenamento da fase martensítica $\beta_1'? \beta_1''$; P₂: desordenamentos da fase martensítica $\beta_1''? \beta_1$, seguida da decomposição da fase $\beta_1? (\alpha+\gamma_1)$; P₃: reação $\beta_1? \beta$, de parte da fase β_1 que não se decompõe em P₂; P₄: precipitação da fase α e P₅: reação eutetóide $(\alpha+\gamma_1)? \beta^1$. Nas curvas da figura 1-b é possível verificar os mesmo picos correspondentes àqueles observados para a amostra Cu-11%Al. Isso indica que a presença da prata não modifica a sequência das reações na liga Cu-11%Al. Na fig. 1-b, o pico P₃, em torno de 520 °C e atribuído à transição $\beta_1? \beta$, é agora detectado para a amostra aquecida a 20 °Cmin⁻¹. Isso é devido ao aumento da

fração relativa da fase β_1 na presença de Ag, por causa da diminuição da velocidade da decomposição fase β_1 . Isso deve interferir na reação de formação da fase β .

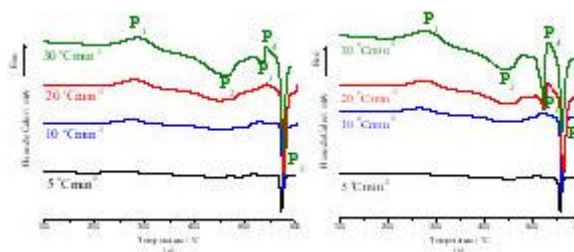


Figura 1. Curvas DSC de amostras das ligas (a) Cu-11%Al e (b) Cu-11%Al-2%Ag.

Os valores das energias de ativação da reação eutetóide na liga Cu-11%Al com e sem adição de Ag foram obtidos utilizando um modelo não-isotérmico (método de Kissinger), no qual o gráfico do logaritmo natural da razão entre a taxa de aquecimento e o quadrado da temperatura de pico absoluta, $\ln(\phi/T_p^2)$, em função do inverso da temperatura de pico absoluta fornece uma reta com coeficiente angular correspondente à $-E_a/R$. O valor encontrado para a liga Cu-11%Al foi 2460 kJmol⁻¹ e para a liga com 2%Ag foi 1777 kJmol⁻¹. Essa diferença nos valores das energias de ativação é devida à mudanças na fração relativa de $(\alpha+\gamma_1)$. Para a liga com adição de 2%Ag o efeito de estabilização da fase β_1 diminui a quantidade de $(\alpha+\gamma_1)$, tornando a reação eutetóide mais rápida. É importante observar que, para a liga Cu-11%Al, a reação eutetóide começa em torno de 566 °C e na liga com 2%Ag esta inicia-se em torno de 552 °C, sugerindo que uma quantidade menor de energia é necessária para que a reação aconteça na presença de 2%Ag, o que confirma a discussão acima.

Conclusões

A presença de Ag não alterou a sequência das reações na liga Cu-11%Al, mas aumentou a estabilidade da fase β_1 , enquanto a fração relativa da fase complexa $(\alpha+\gamma_1)$ diminuiu, e, por causa desses fatores o valor da energia de ativação para reação eutetóide na liga com Cu-11%Al-2%Ag ficou menor que aquele verificado para a liga sem prata.

Agradecimentos

FAPESP, CNPq e ao LNLS.

¹Silva, R. A. G; Cuniberti, A.; Stipcich, M.; Adorno, A. T. *Mater. Scie. Eng. A.*, **2007**, 456,, 5.