

Cinética de envelhecimento da liga Cu-10%Al-10%Ag

Ricardo A G Silva¹ (PG)*, Aroldo G. Magdalena¹ (IC), Antonio T Adorno¹ (PQ), Alan C. Pilon¹ (IC).
*ricsilva@posgrad.iq.unesp.br

¹Departamento de Físico-Química – Instituto de Química–Unesp, Caixa Postal 355, CEP 14801-970, Araraquara - SP.
Palavras Chave: Cinética, ligas de Cu-Al-Ag.

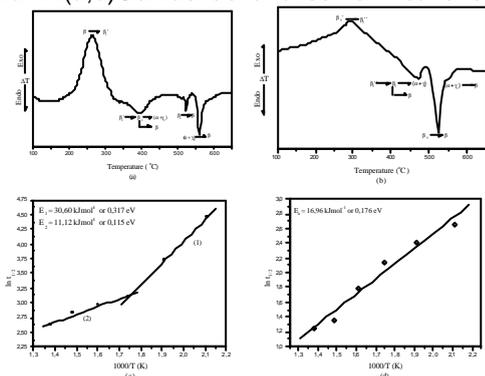
Introdução

As ligas à base de cobre são amplamente usadas em vários campos por combinarem condutividade térmica e elétrica elevadas e alta resistência. Algumas dessas ligas, como a liga Cu-10%Al, podem apresentar a fase martensítica no resfriamento rápido, que está intimamente relacionada com o efeito memória de forma. Neste trabalho a cinética de envelhecimento da martensita na liga Cu-10%Al-10%Ag foi estudada usando-se medidas de variação da microdureza em função do tempo de envelhecimento, análise térmica diferencial (DTA), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raios X (DRX).

Resultados e Discussão

As curvas DTA obtidas para a liga Cu-10%Al-10%Ag, figs. 1-a e 1-b, mostram que a transição martensítica reversa $\beta_1' \rightarrow \beta_1$ é deslocada para temperaturas mais elevadas em relação à amostra sem Ag e que o pico associado com a reação eutetóide $(\alpha+\gamma_1) \rightarrow \beta$ diminui sua intensidade com a presença da prata. Isso sugere que a reação de decomposição da fase β_1 é retardada e a fase martensítica é estabilizada com a presença de Ag.

Figura 1.(a,b)Curvas de análise térmica diferencial;



(c,d) gráficos de $\ln k \times 1/T$ obtidos para as ligas (a,c) Cu-10%Al e (b,d) Cu-10%Al-10%Ag.

Para analisar a cinética de envelhecimento da martensita nas ligas com e sem adição de Ag, seis temperaturas de envelhecimento foram escolhidas abaixo da temperatura de transição eutetóide, a partir das curvas DTA. Nas curvas de variação da microdureza com o tempo de envelhecimento, obtidas no intervalo de temperaturas de 200 a 450°C, início da reação corresponde à fase martensítica e o produto

esperado é a fase perlítica $(\alpha+\gamma_1)$. Os difratogramas de raios X obtidos durante a reação indicaram que não houve decomposição da fase martensítica no intervalo de tempo e de temperaturas estudado em ambas as ligas, confirmando os resultados inicialmente obtidos por DTA, que indicaram uma estabilização da fase martensítica. As energias de ativação do processo foram obtidas utilizando o método que considera o tempo necessário para atingir metade da fração transformada como proporcional à constante de velocidade da reação, segundo a equação: $\ln t_{1/2} = \text{const.} - \ln A + E_a/K(1/T)$. O gráfico de $\ln t_{1/2}$ em função do inverso da temperatura absoluta deve fornecer uma reta, na qual o coeficiente angular está relacionado à energia de ativação do processo estudado. Os gráficos obtidos, Fig. 1-c e 1-d, mostraram a presença de dois processos para a liga Cu-10%Al e um para a liga Cu-10%Al-10%Ag. Para a liga Cu-10%Al, o valor da energia de ativação em temperaturas mais baixas (até 300°C) foi 0,317 eV e de 350 a 450°C foi 0,115 eV. O valor da energia de ativação obtido para a liga Cu-10%Al-10%Ag foi 0,176 eV, enquanto o encontrado na literatura para a migração de uma vacância na martensita é 0,44 eV¹. Para a liga Cu-10%Al, isso sugere que até 300°C o processo dominante é o reordenamento da martensita assistido por migração de vacâncias: a partir de 300°C o processo de desordenamento da martensita deve dominar, conforme indicado pelas curvas de análise térmica da fig. 1-a. Para a liga Cu-10%Al-10%Ag, o processo de desordenamento deve dominar em todo o processo, uma vez que a adição de Ag desloca a concentração para teores mais elevados de Al, fazendo com que a martensita desse sistema apresente um grau de ordenamento superior àquele correspondente à liga sem Ag.

Conclusões

Os resultados indicaram que, para a liga Cu-10%Al o processo dominante é o ordenamento da martensita seguido do início do desordenamento dessa fase, enquanto na liga Cu-10%Al-10%Ag o desordenamento predomina durante todo o processo de envelhecimento da martensita.

Agradecimentos

CAPES e CNPq

¹Murakami, Y.; Nakajima, Y.; Otsuka, K.; Ohba, T.; Matsuo, R.; Ohshima, K. *Mater. Sci. Eng. A*, **1997**, 237, 87.