

Cinética de estabilização da fase martensítica na liga Cu-10%Al-4%Ag

Alan C. Pilon^{1*} (IC), Antonio T. Adorno¹ (PQ), Ricardo A. G. Silva¹ (PG), Thaisa M. Carvalho¹ (PG), Aroldo G. Magdalena¹ (IC). alan.pilon@ig.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

A transformação martensítica é uma transição de fase não-difusiva de primeira ordem na qual a distribuição atômica não é alterada, apenas a distância entre os átomos é modificada durante a transição¹. A liga Cu-10%Al está no intervalo de composições, do sistema Cu-Al, no qual a transformação martensítica ocorre. A cinética de estabilização da fase martensítica na liga Cu-10%Al com adição de 4%Ag foi analisada utilizando-se medidas de variação da microdureza com a temperatura e o tempo, microscopia óptica e eletrônica de varredura, difratometria de raios X e análise por dispersão de energia de raios X.

Resultados e Discussão

Para verificar a seqüência de reações que acompanham a decomposição da fase martensítica na liga Cu-10%Al-4%Ag, cuja microestrutura inicial é mostrada na fig. 1-b, foi obtida uma curva DTA com razão de aquecimento igual a 20°Cmin⁻¹ (fig. 1-a). A curva apresenta os mesmos picos observados para liga sem adições de Ag, mostrando apenas uma mudança no intervalo de estabilidade das fases. Segundo o diagrama obtido na fig.1-a, a primeira transição da fase martensítica ocorre em torno de 320°C ($\beta_1 \rightarrow \beta_2$) e dados da literatura indicam que a decomposição dessa fase na estrutura de menor energia de Gibbs² ($\alpha + \beta_1$) acontece em torno de 380°C e é um evento endotérmico. Na curva DTA é possível verificar que a decomposição da fase martensítica (evento endotérmico) e a precipitação da Ag (evento exotérmico) estão ocorrendo no mesmo intervalo de temperaturas, de tal forma que a soma dos efeitos entálpicos resulta na ausência do pico relacionado à reação de decomposição da fase martensítica. Uma das curvas sigmoidais de variação da microdureza com o tempo, obtidas no intervalo temperaturas entre 200 e 450°C, é mostrada na fig. 1-c. As micrografias eletrônicas de varredura e difratogramas de raios X obtidos no início e no final do processo mostraram a presença da fase martensítica em ambos os pontos. Isso sugere que a liga deve passar por uma modificação estrutural de curto alcance durante o envelhecimento dessa fase, que é responsável pela mudança na microdureza, enquanto a reação de decomposição da fase martensítica dando a fase complexa ($\alpha + \beta_1$) não foi observada para essa liga. Para estudar a cinética de estabilização da fase

martensítica foram obtidas curvas de variação da fração transformada em função do tempo de envelhecimento em diferentes temperaturas.

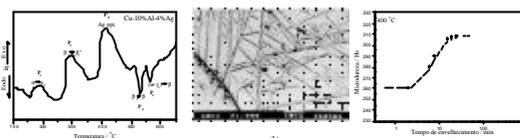


Figura 1. (a) Curva DTA, (b) Micrografia eletrônica de varredura obtida para a liga envelhecida a 200°C (c) Curva de variação da microdureza vs. tempo.

A partir das curvas de fração transformada foram obtidos os tempos necessários para que metade da fase produto fosse formada. A variação do tempo necessário para a formação de metade da fase produto ($t_{1/2}$) em função da temperatura de envelhecimento mostrou que a reação ocorre seguindo um processo termicamente ativado. Portanto, o gráfico $\ln t_{1/2}$ em função $1000/T$, deve fornecer uma reta, cujo coeficiente angular deve estar relacionado à energia de ativação para o processo analisado. O valor da energia de ativação encontrado ficou em torno de 44,52 kJmol⁻¹ e bem próximo daquele verificado para a migração de vacâncias formadas durante a têmpera², indicando que a estabilização da fase martensítica é um processo termicamente ativado e que a migração de vacâncias retidas na têmpera é a etapa dominante do processo. Dessa forma, o efeito da estabilização da martensita pode ser atribuído à redistribuições dos átomos de prata como defeitos de estrutura e dos átomos de Al ao redor de um átomo de Cu assistidas por vacâncias e ao aumento do número de pares Cu-Al devido à interação Ag-Al.

Conclusões

A partir dos resultados obtidos indicaram que a adição de prata retarda a reação de decomposição e aumenta a estabilidade da fase martensítica na liga Cu-10%Al-4%Ag. O efeito da estabilização pode ser atribuído à redistribuição dos átomos de prata e alumínio na liga assistido por migração de vacâncias.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq

¹ Ahlers, M. *Materials Science and Engineering*. 2003, A349, 120.

Sociedade Brasileira de Química (SBQ)

² *Adorno, A. T. ; Silva, R. A. G. J. Alloys and Comp. 2005, 402, 105.*