

Reação de decomposição da fase martensítica em ligas de Cu-9%Al com adições de Ag

*Aroldo G. Magdalena¹ (IC), Antonio T. Adorno¹ (PQ), Ricardo A. G. Silva¹ (PG), Thaisa M. Carvalho¹ (PG), Alan C. Pilon¹ (IC). aroldgm@uol.com.br

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

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

Introdução

As ligas nas quais a fase β bcc de altas temperaturas passa para a fase martensítica durante a têmpera têm sido objeto de várias pesquisas, devido ao fato destas ligas possuírem propriedades mecânicas associadas com o efeito memória de forma. As ligas do sistema Cu-Al com concentração de Al entre 9 e 14% (m/m) estão entre aquelas que apresentam as transformações martensíticas no resfriamento rápido a partir de altas temperaturas. As adições crescentes de Ag às ligas do sistema Cu-Al aumentam a dureza e alteram a taxa de nucleação e crescimento da fase perlitica ($\alpha + \gamma_1$)¹. Neste trabalho, a reação de decomposição da fase martensítica nas ligas Cu-9%Al, Cu-9%Al-2%Ag e Cu-9%Al-6%Ag foi estudada utilizando-se medidas de variação da microdureza com o tempo de envelhecimento, microscopia eletrônica de varredura e difratometria de raios X.

Resultados e Discussão

Para o envelhecimento das amostras foram selecionadas cinco temperaturas em torno do máximo (300°C) da curva de variação da microdureza em função da temperatura de têmpera. Nessas curvas sigmoidais de envelhecimento o aumento na variação da microdureza foi sempre precedido de um período de incubação, que diminui com o aumento da temperatura, e os valores iniciais e finais da variação da microdureza são praticamente os mesmos para as diferentes temperaturas estudadas. Isso indica a ocorrência do mesmo processo em todas as curvas nas temperaturas consideradas.

A análise dos difratogramas de raios X e as micrografias eletrônicas de varredura para as três ligas estudadas mostraram que a fase produto da reação de decomposição ($\alpha + \gamma_1$) não foi observada no intervalo de tempo e temperaturas considerados neste trabalho. Isto indica que o produto final das reações nas ligas Cu-9%Al-2%Ag e Cu-9%Al-6%Ag deve corresponder à fase martensítica ordenada.

Para analisar a cinética do processo de ordenamento da fase martensítica, foram obtidas curvas de variação da fração transformada em função do tempo de envelhecimento em diferentes temperaturas, como mostrado na figura 1.

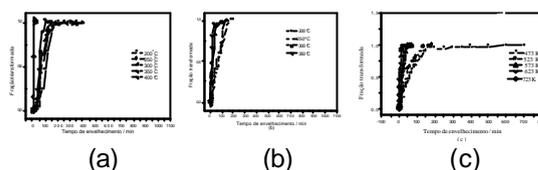


Figura 1. Curvas de variação da fração transformada em função do tempo de envelhecimento, para as ligas: a) Cu-9%Al, b) Cu-9%Al-2%Ag e c) Cu-9%Al-6%Ag.

O tempo necessário para que metade da fase produto seja formada foi obtido e associado com uma equação do tipo de Arrhenius. O gráfico de $\ln t_{1/2}$ vs. $1000/T$ forneceu uma reta, cujo coeficiente angular está relacionado com a energia de ativação para o processo de ordenamento da fase martensítica (figura 2). Os valores da energia de ativação para as amostras da liga Cu-9%Al com adições de 0, 2 e 6 %Ag ficaram próximos daqueles associados com a migração de vacância na fase martensítica.

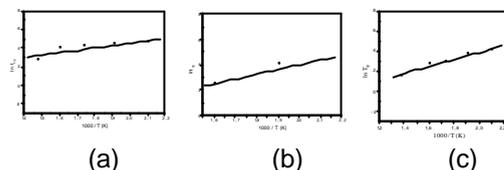


Figura 2. Gráficos de $\ln t_{1/2}$ em função de $1000/T$, utilizados para o cálculo das energias de ativação para as ligas: a) Cu-9%Al, b) Cu-9%Al-2%Ag e c) Cu-9%Al-6%Ag.

Conclusões

Os resultados obtidos mostraram que a reação de decomposição da fase martensítica não foi observada no intervalo de tempos e temperaturas de envelhecimento considerados. Os valores das energias de ativação encontrados para as ligas estudadas foram associados ao processo de ordenamento da fase martensítica, sugerindo que este processo é termicamente ativado e assistido por migração de vacâncias retidas na têmpera.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP.

¹ Adorno, A. T. ; Silva, R. A. G. *J. Alloys and Comp.* **2005**, *402*, 105.