

INFLUÊNCIA DE ADIÇÕES DE PRATA NA DUREZA DA LIGA Cu-13%Al

Gilberto José de ARRUDA*
Antonio Tallarico ADORNO**
Carlos Roberto Sobreira BEATRICE**
Mário CILENSE**

- RESUMO: Estudou-se a influência de adições de prata, no intervalo de 0% a 16% em massa, na dureza da liga Cu-13% Al. Os resultados indicaram um aumento acentuado da dureza com o conteúdo de prata e sua dependência com a temperatura de têmpera. Os dados obtidos por microscopia eletrônica de varredura indicaram que as variações na dureza devem estar relacionadas com a formação de precipitados ricos em prata, cuja forma e distribuição mudam com a temperatura.
- PALAVRAS-CHAVE: Microdureza; ligas à base de cobre; adições de prata; microscopia eletrônica de varredura.

Introdução

As ligas de Cu-Al apresentam boa estabilidade química e, dependendo da concentração de Al, boas propriedades mecânicas. Adições de pequenas quantidades de prata a essas ligas melhoram a sua resistência à corrosão sob tensão,⁵ dureza² e introduzem algumas mudanças na sua microestrutura e na cinética da decomposição eutetóide.⁶

A liga Cu-Al-Ag apresenta, em um largo intervalo de composições, as mesmas fases existentes na liga binária Cu-Al, não tendo sido nela observada nenhuma fase ternária.^{3, 4} Entretanto, as fases da liga ternária mostram algumas características e intervalos de estabilidade diferentes daqueles observados nas fases binárias.¹

* Aluno de Pós-Graduação - Bolsista do CNPq.

** Departamento de Físico-Química - Instituto de Química - UNESP - 14801-970 - Araraquara - SP - Brasil.

Neste trabalho, estudou-se a influência de adições de prata na dureza de ligas de Cu-Al com teor de alumínio fixo em torno de 13% em massa e teor de prata igual a 0%, 2%, 4%, 6%, 8%, 10%, 12%, 14% e 16% em massa. As medidas de microdureza foram obtidas em diversas temperaturas de têmpera e a distribuição da prata, nessas temperaturas, foi analisada por microscopia eletrônica de varredura.

Material e métodos

As ligas foram fundidas em um forno de indução, sob atmosfera de argônio, usando-se um cadinho de grafite e os materiais com o seguinte grau de pureza: cobre 99,97%, alumínio 99,95% e prata 99,98%. As amostras obtidas foram submetidas a análise química e recozidas durante 120 horas a 850°C, para homogeneização e em seguida submetidas a têmperas, em água gelada, a partir de 250, 300, 550, 600 e 850°C. As medidas de microdureza foram efetuadas em amostras no estado recozido e submetidas a têmperas nessas temperaturas, utilizando-se um microdurímetro digital Buehler MICROMET 2003. A distribuição da prata, nas diversas temperaturas, foi observada por retroespalhamento de elétrons (BEI), em um microscópio eletrônico de varredura JEOL JSM T330A.

Resultados e discussão

As Figuras 1, 2 e 3 mostram os gráficos de variação da microdureza das ligas em função do seu conteúdo de prata, para amostras no estado recozido e submetidas a têmpera nas temperaturas consideradas. Essas medidas foram obtidas com um erro percentual em torno de 3%. Na Figura 1(a), correspondente às ligas no estado recozido, pode-se observar que a dureza das ligas cresce com o aumento do teor de prata até 12%, quando então ocorre uma ligeira queda e o valor da dureza fica praticamente o mesmo para as duas últimas ligas, que contêm, respectivamente, 14% e 16% de prata em massa. Na Figura 1(b), os resultados obtidos para as ligas submetidas a têmpera a partir de 250°C indicam uma situação semelhante àquela verificada para as ligas recozidas, com uma ligeira queda no valor da dureza para a terceira liga, que contém 4% de prata.

Na Figura 2(a), correspondente às ligas submetidas a têmpera a partir de 300°C, ocorre uma queda acentuada na dureza das ligas contendo 6% e 8% de prata, e em seguida a dureza volta a aumentar até atingir um máximo, para as ligas contendo 14% e 16% de prata.

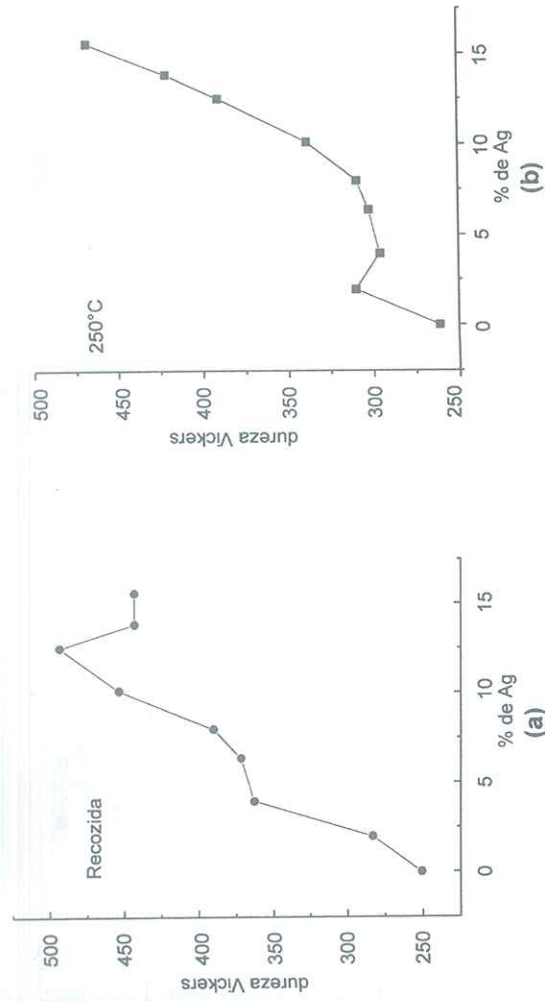


FIGURA 1 - Variação da microdureza com a composição para as ligas: (a) no estado recozido e (b) submetidas a têmpera a partir de 250°C.

Os resultados mostrados na Figura 2(b), obtidos para as ligas submetidas a têmpera a partir de 550°C, indicam uma diminuição na dureza da terceira liga e em seguida um aumento na dureza das demais ligas, até a sétima e oitava, que contêm 12% e 14% de prata, respectivamente, e, finalmente, ocorre uma ligeira queda no valor da dureza obtido para a liga contendo 16% de prata.

Para as ligas submetidas a têmpera a partir de 600°C (Figura 3(a)), ocorre uma diminuição da dureza para a terceira liga, um máximo para a liga contendo 14% de prata e a seguir uma nova diminuição no valor da dureza para a última liga. Finalmente, na Figura 3(b), correspondente às ligas submetidas a têmpera a partir de 850°C, o valor da dureza aumenta até 6% de prata, mostra uma pequena diminuição para a liga contendo 10% de prata e em seguida aumenta até um valor aproximadamente igual para as três últimas ligas.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram, respectivamente, as micrografias obtidas para as ligas contendo 4% de prata (terceira liga), 8% de prata (quinta liga) e 12% de prata (sétima liga), todas submetidas a têmpera a partir de 300°C, obtidas por microscopia eletrônica de varredura e usando elétrons retroespalhados (BEI). Nessas figuras, as partes mais claras correspondem à prata, uma vez que ela possui densidade eletrônica maior que o cobre e o alumínio e aparece brilhante quando essa técnica é utilizada.

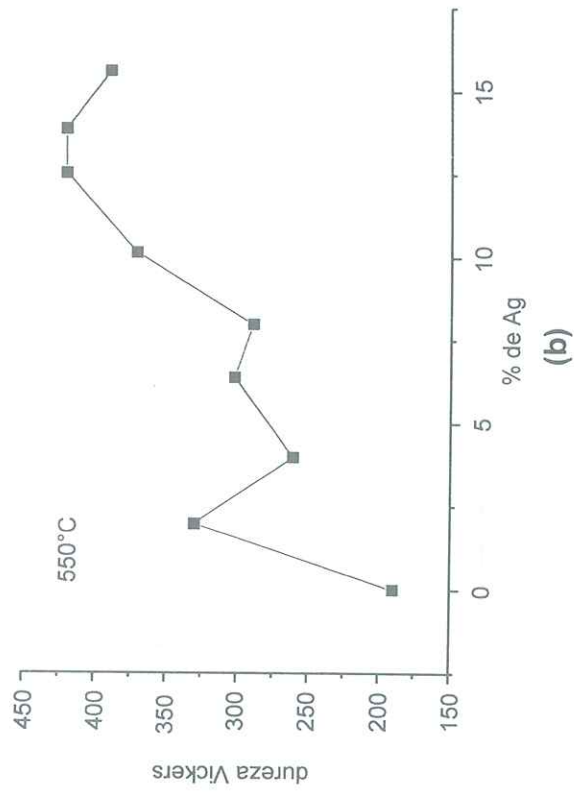
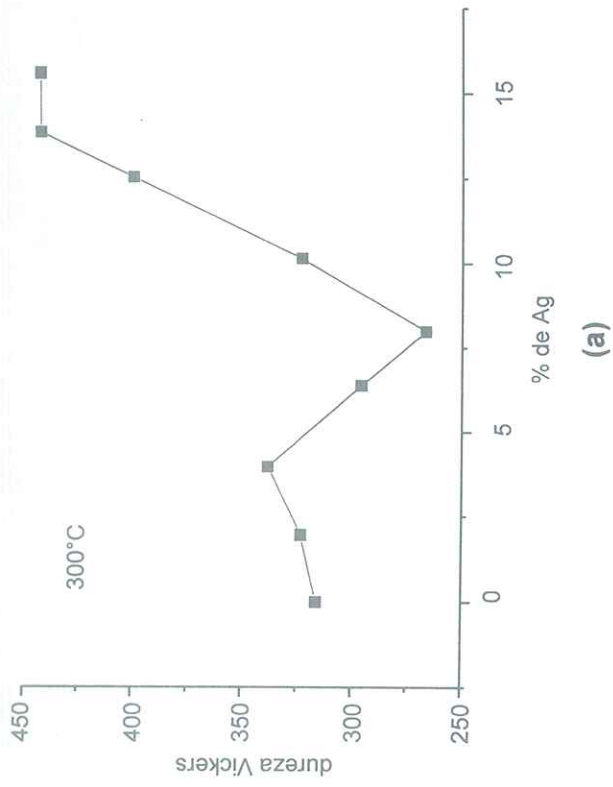


FIGURA 2 - Variação da microdureza com a composição para as ligas submetidas a temperatura a partir de: (a) 300°C e (b) 550°C.

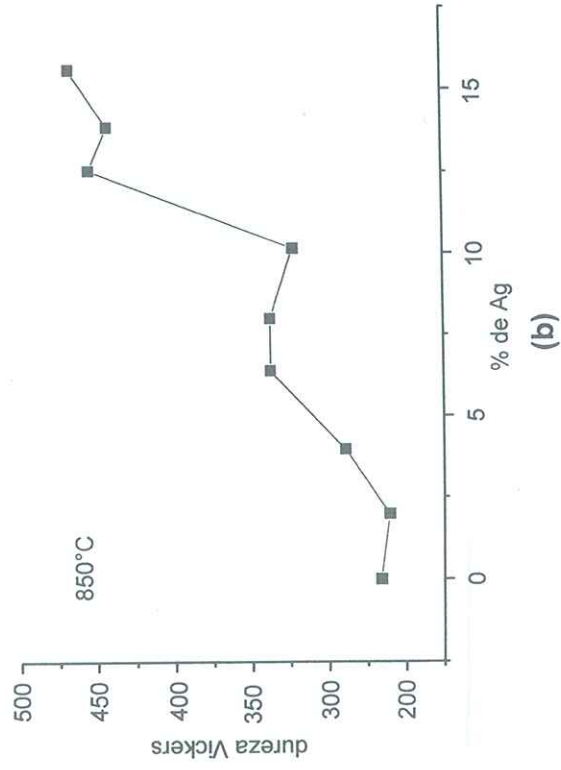
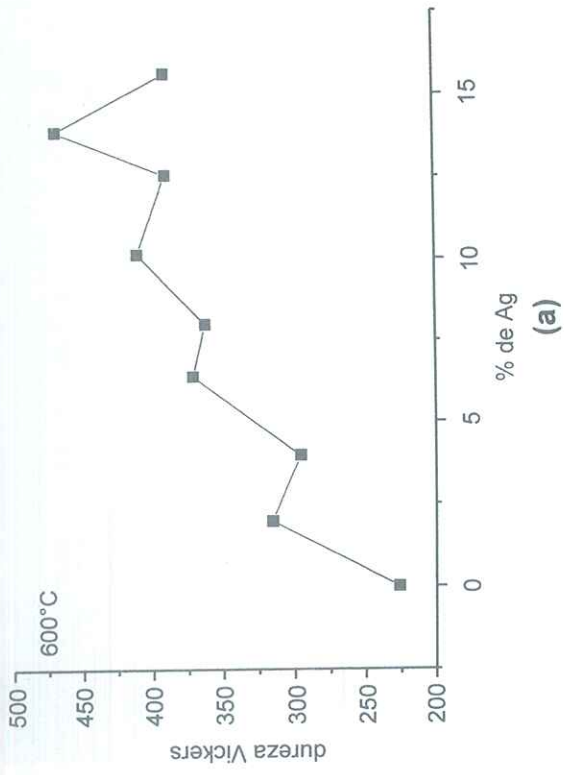


FIGURA 3 - Variação da microdureza com a composição para as ligas submetidas a temperatura a partir de: (a) 600°C e (b) 850°C.

Pode-se observar que, na Figura 4, a prata aparece como pontos brancos, enquanto na Figura 5, como pequenos traços. Na Figura 6, pode-se observar a diminuição da quantidade dos traços brancos já existentes e o aparecimento de traços menores e finamente subdivididos. Conforme observado na Figura 2(a), a dureza diminui a partir da terceira liga até a quinta, voltando a subir e atingindo um máximo para a oitava liga. As micrografias obtidas parecem indicar que a presença de precipitados ricos em prata deve ser responsável pelas variações de dureza verificadas nas ligas. Esses precipitados, inicialmente pequenos e quase uniformemente dispersos, parecem aumentar com o conteúdo de prata, até um ponto em que tornam a se subdividir. Quando são pequenos, esses precipitados devem aumentar a dureza da liga, mas à medida que eles crescem, a dureza começa a diminuir. Quando eles se subdividem e novamente diminuem de tamanho, aumentam outra vez a dureza das ligas.

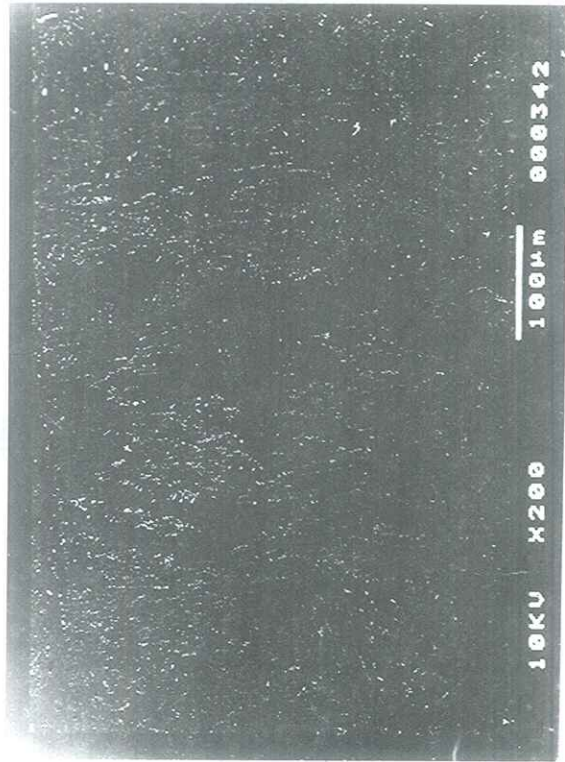


FIGURA 4 - Micrografia obtida para a liga contendo 4% Ag, submetida a temperatura a partir de 300°C (BEI).

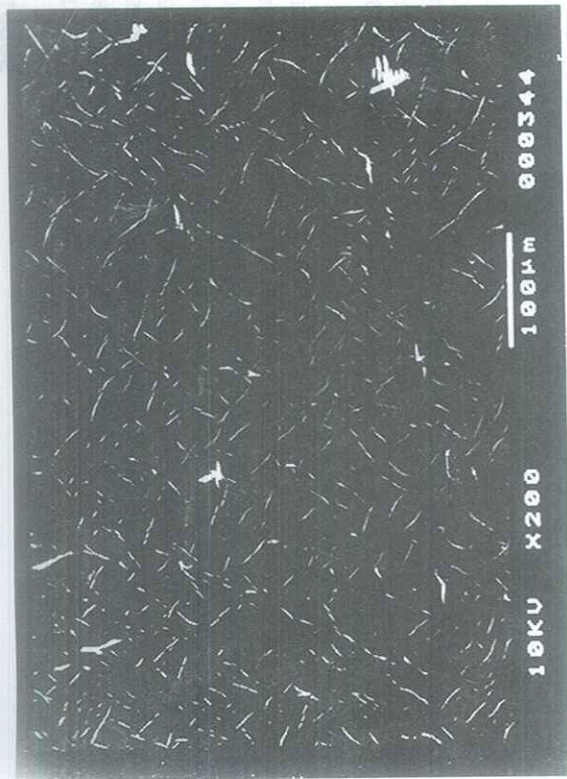


FIGURA 5 - Micrografia obtida para a liga contendo 8% Ag, submetida a temperatura a partir de 300°C (BEI).

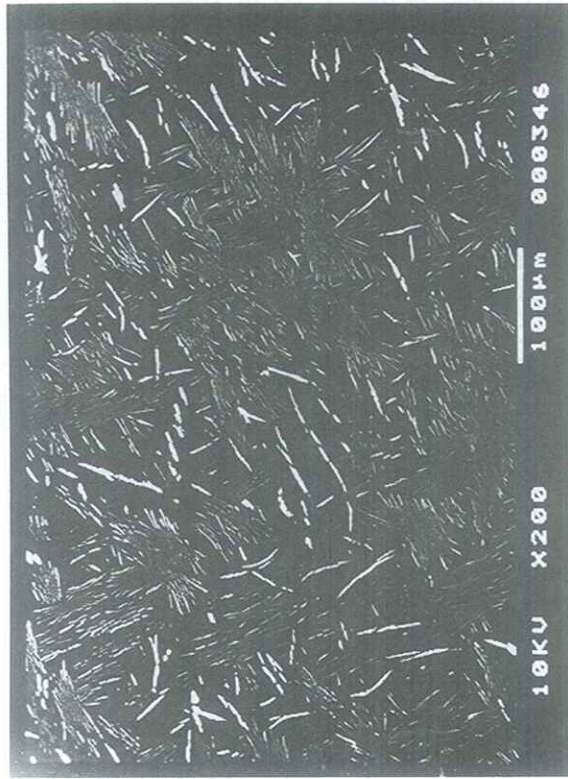


FIGURA 6 - Micrografia obtida para a liga contendo 12% Ag, submetida a temperatura a partir de 300°C (BEI).

Conclusões

As adições de prata à liga Cu-13%Al, em teores variando de 2% a 16% em massa, aumentam de forma acentuada a dureza dessa liga. Esse aumento na dureza parece ser causado pela presença de precipitados ricos em prata, que crescem conforme aumenta o teor de prata na amostra, até um ponto em que tomam a se subdividir e a diminuir de tamanho. Esse crescimento e posterior diminuição devem ser responsáveis por variações nos valores da dureza, em cada temperatura. A variação da temperatura de tempera parece alterar a ocorrência dessas subdivisões, deslocando os máximos e mínimos de dureza para diferentes teores de prata.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP e ao CNPq, pelo auxílio recebido.

ARRUDA, G. J. de et al. Influence of silver additions on the Cu-13 wt. pct. Al alloy hardness. *Ecl. Quím. (São Paulo)*, v.21, p.103-110, 1996

■ **ABSTRACT:** The influence of silver additions on the Cu-13 wt. pct. Al alloy hardness was studied for additions in the range 0 to 16 wt. pct. Ag. The results indicated a pronounced hardness increase with the silver content and an influence of the quenching temperature. Data obtained from scanning electron microscopy indicated that the formation of silver-rich precipitates, which change with the quenching temperature, seems to produce the changes on alloys hardness.

■ **KEYWORDS:** Microhardness; Cu-based alloys; Ag additions; scanning electron microscopy.

Referências bibliográficas

- 1 ADORNO, A. T. *Diagrama de equilíbrio da liga Cu-Al-Ag*. São Carlos, 1987. 135p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo.
- 2 ADORNO, A. T., CILENSE, M., GARLIPP, W. Mechanical properties and precipitation energy of the Cu-Al-Ag (5.4%Al-5.2%Ag) alloy. *J. Mat. Sci. Lett.*, v.6, p.163-4, 1987.
- 3 ———. Phase transformations in the copper-silver-aluminum ternary system, near the copper-rich corner. *J. Mat. Sci. Lett.*, v.8, p.1294-7, 1989.
- 4 MASSALSKI, T. B., PEREPEZKO, J. H. Constitution and phase relationships in copper-silver-aluminum ternary system. *Z. Metallkde.*, v.64, n.3, p.176-81, 1963.
- 5 PANSERI, C., LEONI, M. Il diagramma di stato ternario rame-alluminio-argento nella zona ad elevata percentuale di rame. *Alluminio*, v.30, n.6, p.289-98, 1961.
- 6 PHILLIP, T. V., MACK, D. J. Effect of ternary elements on the eutectoid transformation in aluminum bronze. *Transactions of the Metall. Soc. AIME*, v.224, n.1, p.34-42, 1962.

Recebido em 6.2.1996.
Aceito em 18.3.1996.