

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DO CROMO NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADE DE LIGAS Cu-Al-Ni COM EFEITO MEMÓRIA DE FORMA

C. A. Teixeira, R. E. Coelho, P. C. De Lima, C. O. De Carvalho, L. C. Conrado
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA
camilateixeira93@hotmail.com

RESUMO

As ligas à base de Cobre com adição de um quarto elemento vem sendo estudadas a pouco mais de 20 anos. Essas ligas, dependendo da composição apresentam estruturas com efeito memória de forma e atualmente possuem diversas aplicações. Considerando a importância desses materiais, foi desenvolvido neste trabalho ligas de Cu-Al-Ni com adição Cr em diferentes porcentagens (0.2, 0.4, 0.7 e 2.26wt.%). Para obtenção das ligas foi utilizado um forno de fundição a plasma, de marca EDG modelo Discovery, com controle de vácuo e injeção de gás inerte. Após a obtenção das amostras, cada uma foi submetida a tratamento térmico de solubilização. Esse tratamento consistiu em aquecimento da amostra a 900°C durante 1 hora, seguido de resfriamento brusco em uma solução de água, gelo, sal e álcool à -10°C. As amostras foram preparadas passando pelo processo de lixamento, polimento e ataque químico por Cloreto Férrico. Posteriormente, foram caracterizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios-X (DRX). O DRX foi realizado a uma tensão de 30kV com varredura de 2°/min de 25° a 100°. Com as imagens obtidas no MEV foi possível verificar que o Cr tem um papel fundamental na evolução da estrutura martensítica e pelas análises de DRX foi observado que com o aumento desse elemento na composição, ocorre a formação das fases 18R e 2H com a respectiva diminuição da fase γ_2 , sendo esta última indesejável a este sistema de liga.

Palavras-chave: Cu-Al-Ni, Efeito Memória de Forma, Influência do Cromo.

INTRODUÇÃO

As ligas de memória de forma têm sido objeto de interesse em diversos estudos na área de Engenharia, devido ao seu vasto campo de aplicação, tanto na área biomédica, na fabricação de próteses modernas e ferramentas cirúrgicas, quanto na área espacial e aeronáutica, em atuadores e conexões mecânicas ^(1,2). Tais ligas possuem a habilidade de voltar a sua forma original, após serem deformadas, devido às transformações martensíticas reversíveis.

As ligas de efeito memória de forma de CuAlNi, por serem de relativo baixo custo

quando comparado a ligas de Ni-Ti, causou grande interesse científico e tecnológico. Porém, apresentam problemas relacionados a resistência à fadiga mecânica, devido a baixa resistência de seus contornos de grãos grosseiros. Para obter um refinamento de grão, portanto uma liga com melhores propriedades mecânicas, adiciona-se um quarto elemento como Ti, Zn, Mn, dentre outros. ^(3,4)

No intuito de melhorar as propriedades da liga Cu-Al-Ni, foi utilizado o Cromo como elemento refinador. O presente trabalho tem como objetivo verificar a influência do Cromo nas propriedades e na microestrutura da liga.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para obtenção das amostras foi utilizado a liga de Cu-Al-Ni disponibilizada, adicionando o Cromo em forma de pó compactado. Foram feitas quatro amostras com diferentes porcentagens de Cromo 0,2%, 0,4%, 0,7% e 2,26%, composição nominal mostrada na Tabela 1. Para tanto, cada corpo de prova foi pesado e, posteriormente, levados ao forno a plasma, de marca EDG modelo Discovery, para fundição com controle à vácuo e injeção de gás argônio. Cada corpo de foi processado duas vezes para evitar uma microestrutura heterogênea.

Tabela 1 – Composição nominal dos corpos de prova.

Nome das amostras	Cu	Al	Ni	Cr
0,2%Cr	81,8	14	4	0,2
0,4%Cr	81,6	14	4	0,4
0,7%Cr	81,3	14	4	0,7
2,26%Cr	79,74	14	4	2,26

Subsequentemente as amostras foram submetidas ao tratamento térmico de solubilização. Tal tratamento consistiu no aquecimento das amostras a 900°C, no forno tubular, durante 1 hora, seguido de resfriamento brusco em uma solução de água, sal, gelo e álcool, a uma temperatura de -10°C medido por um termômetro de mercúrio, com faixa de medição de -20 a 110°C.

Posteriormente, os corpos de prova foram devidamente preparados para análise microscópica no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV), de marca TESCAN

modelo LMU VEGA 3, passando pelo processo de embutimento, lixamento, polimento e ataque químico. Esse lixamento foi feito gradativamente com lixas de 220, 320, 400, 600 e 1200, e finalizado pelo polimento com alumina. Para melhor visualização da microestrutura, foram submetidos a ataque químico por uma solução de Cloreto Férrico (5g FeCl₃ + 100 H₂O + 50ml HCl) com imersão durante 35 segundos. Para identificação das fases presentes e dos respectivos planos, os quatro corpos de prova foram analisados por Difratomia de Raios-X (DRX), com equipamento de marca Shimadzu modelo XRD-7000, radiação CuK α , tensão de 30kV, com ângulo de varredura de 2°/min e 2 Theta variando de 25° até 100°.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 1 e 2 mostram as imagens obtidas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) das ligas bruta de fusão 0,2%Cr, 0,4%Cr, 0,7%Cr e 2,26%Cr. Figura 1(a) e 1(b), assim como a Figura 2(a) e 2(b), mostram a microestrutura de todas as ligas com a presença de dendritos, estrutura típica de ligas bruta de fusão.

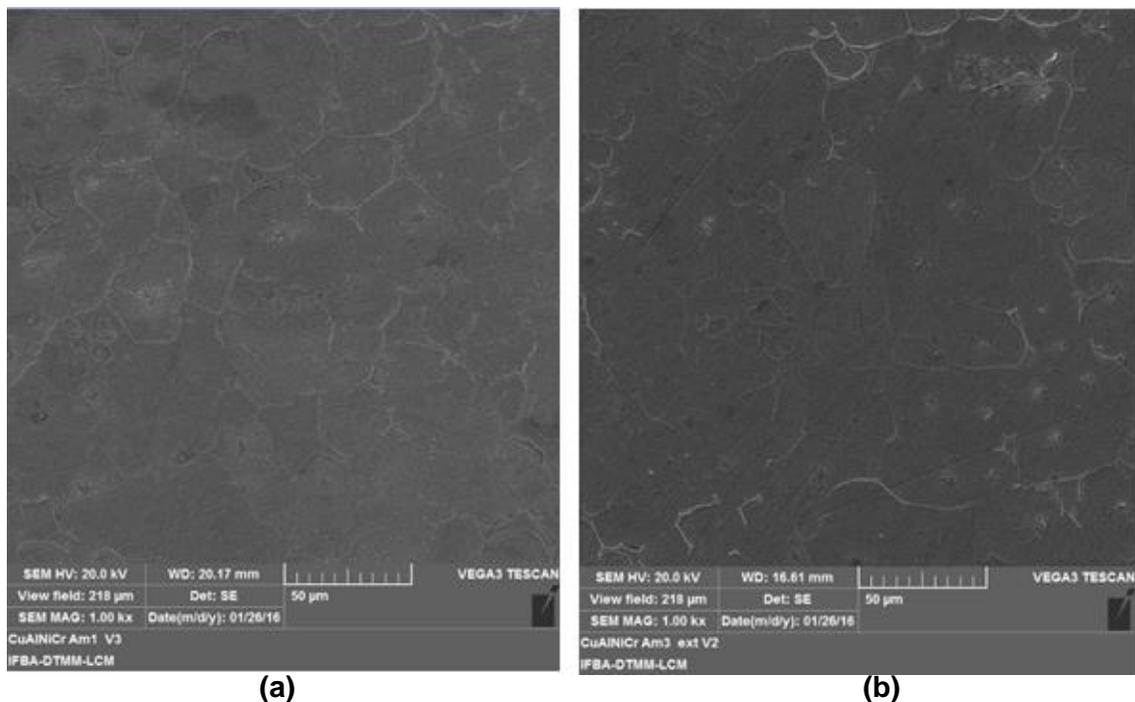


Figura 1 – MEV das amostras 0,2%Cr(a) e 2: 0,4%Cr (b) bruta de fusão com ampliação de 1000x (Cloreto Férrico).

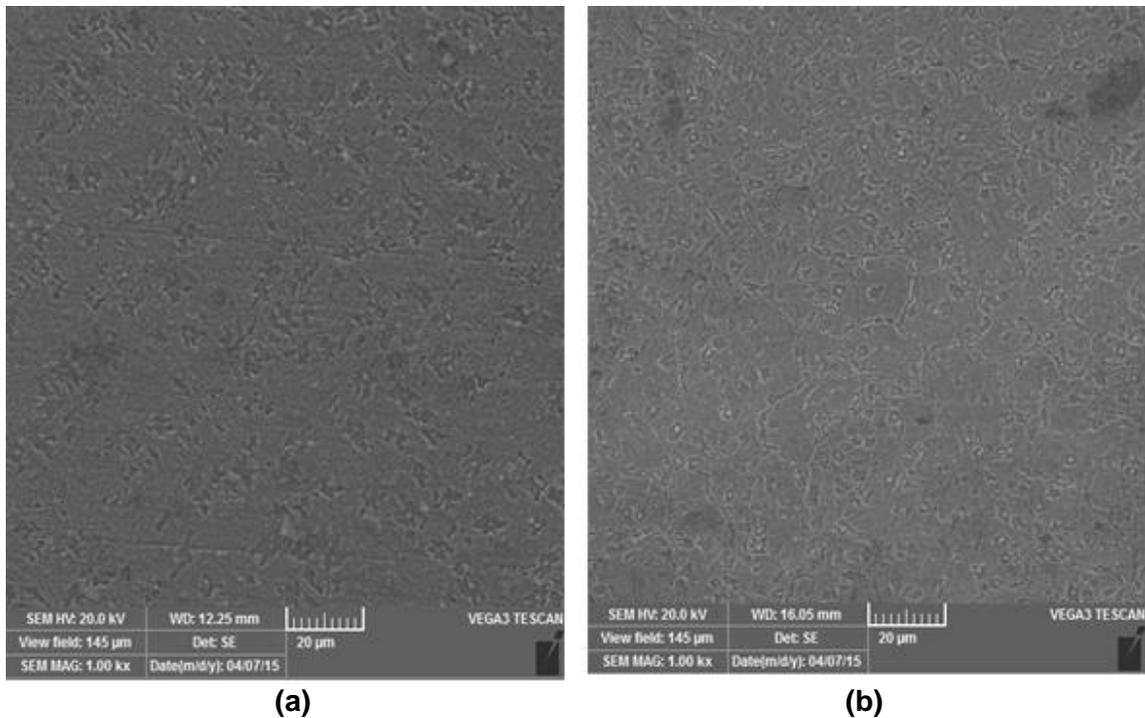
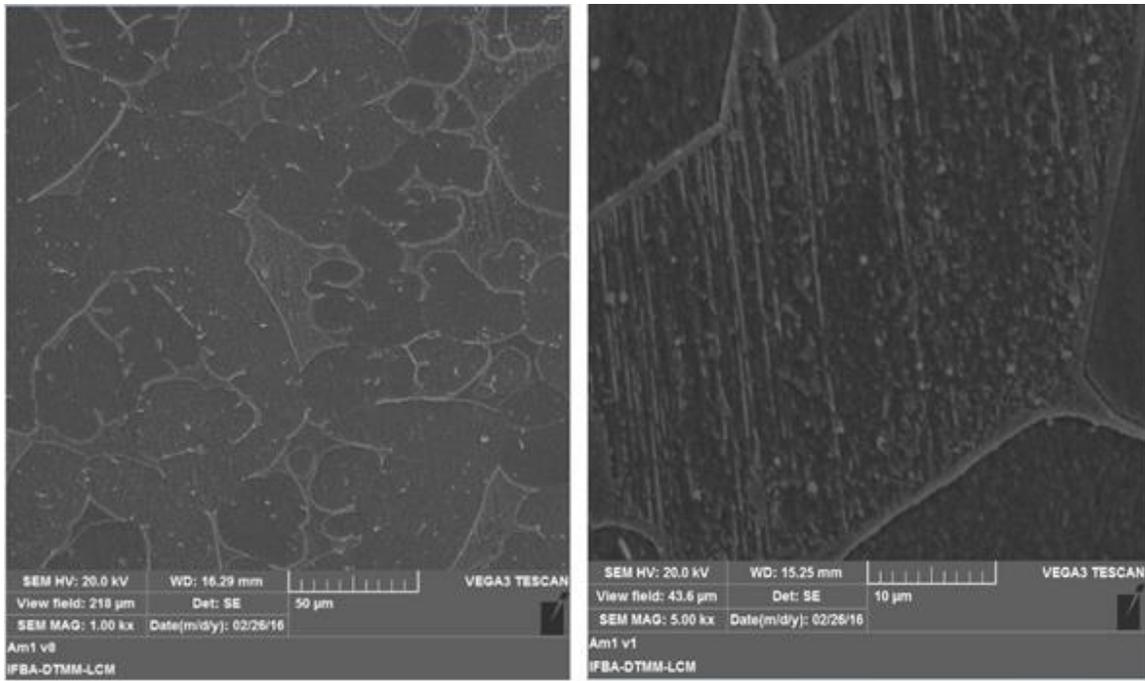
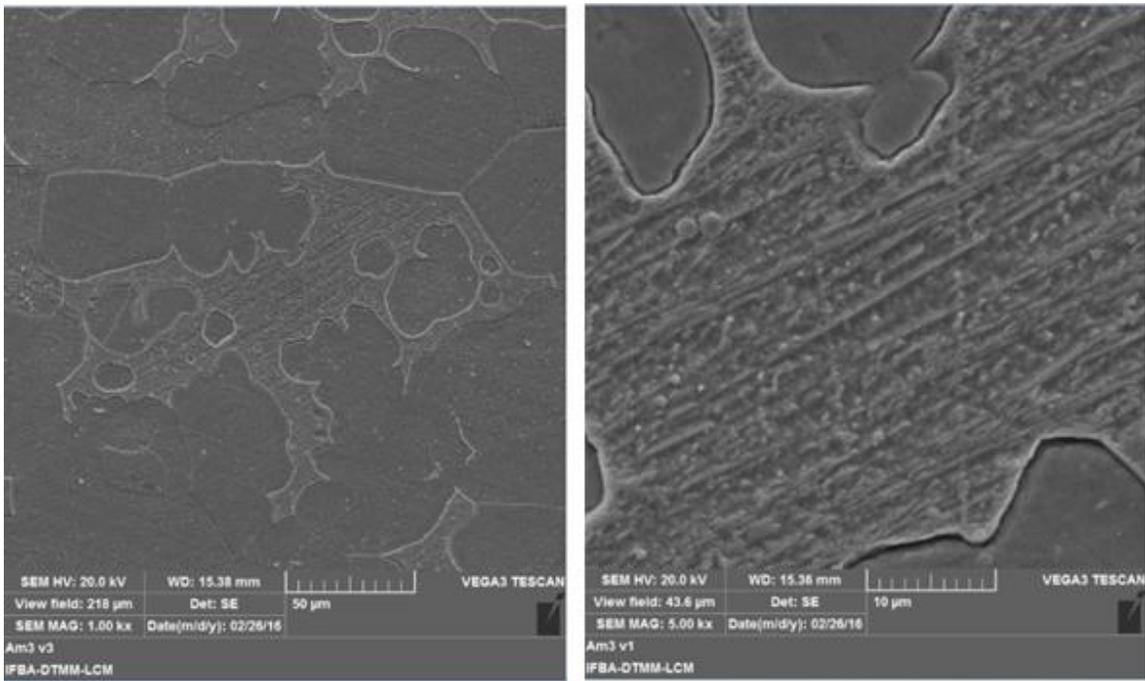


Figura 2 - MEV das amostras 0,7%Cr(a) e 2,26%Cr(b) bruta de fusão com ampliação de 1000x (Cloreto Férrico).

As Figuras 3, 4, 5 e 6 mostram as imagens obtidas no MEV das ligas solubilizadas durante 1 hora com 0,2%Cr, 0,4%Cr, 0,7%Cr e 2,26%Cr, com suas respectivas ampliações de 1,0kx e 5,0kx. É possível observar que à medida que se aumenta a porcentagem de Cromo, a estrutura martensítica evolui acentuadamente. As ligas com menor teor de Cromo (0,2%Cr e 0,4%Cr), Figura 3 e 4, apresentaram uma estrutura dendrítica com a presença de agulhas martensíticas, correspondente a mistura das fase γ_2 e β_1 . Já as ligas com maior percentual (0,7%Cr e 2,26%Cr), Figura 5 e 6, apresentaram uma estrutura predominantemente martensítica, fase β_1 , com agulhas bem definidas. Tais fases foram resultantes da solubilização da liga e resfriamento brusco em água (betatização), no intuito de obter a fase β metaestável.



(a) (b)
Figura 3 - MEV das amostras 0,2%Cr com ampliação de 1,0kx(a) e 5,0kx(b) solubilizada por 1 hora (Cloroeto Férrico).



(a) (b)
Figura 4 - MEV das amostras 0,4%Cr com ampliação de 1,0kx(a) e 5,0kx(b) solubilizada por 1 hora (Cloroeto Férrico).

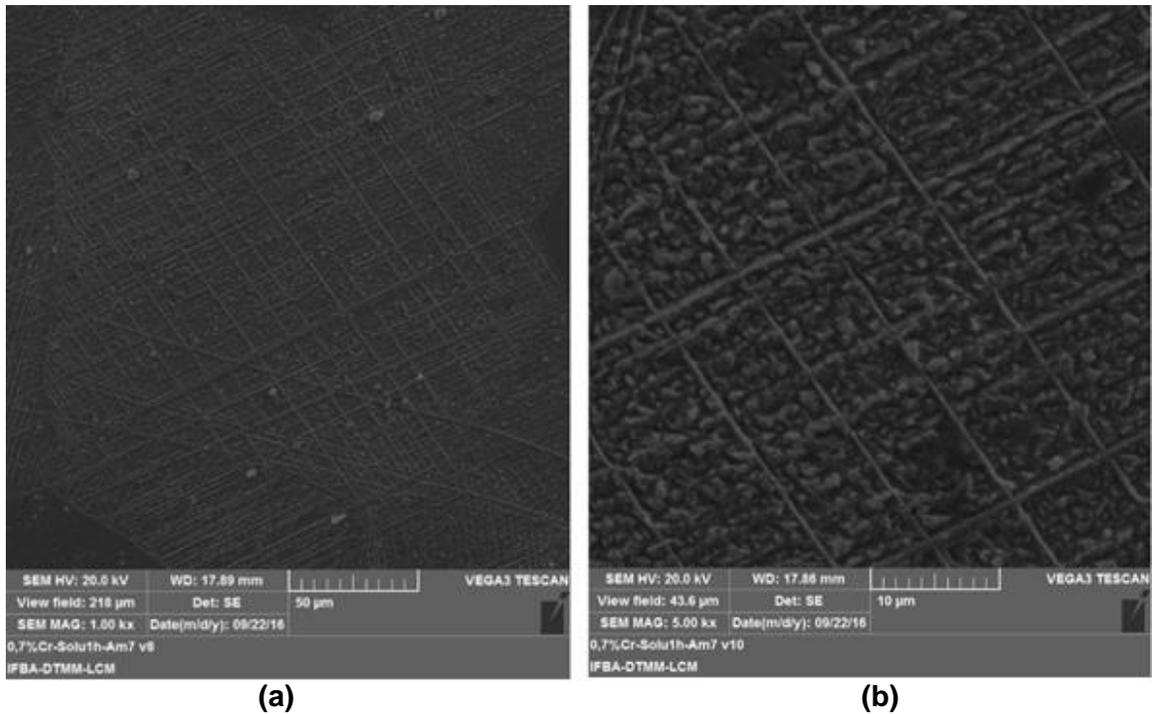


Figura 5 - MEV da amostra 0,7%Cr com ampliação 1,0kx(a) e 5,0kx(b) solubilizada por 1 hora (Cloreto Férrico).

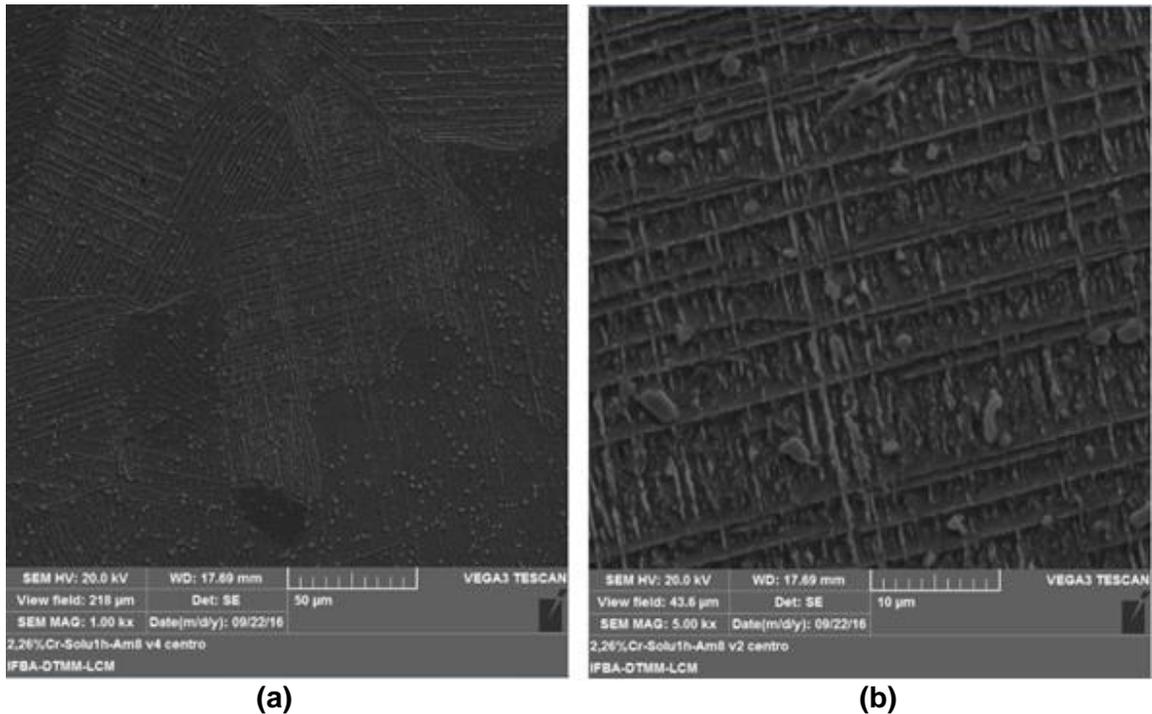


Figura 6 - MEV das amostras 2,26%Cr com ampliação de 1,0kx (a) e 5,0kx(b) solubilizada por 1 hora (Cloreto Férrico).

Apresenta-se na Figura 7 os Difratoograma de Raios-X (DRX) das ligas Cu-14Al-4Ni com adição de 0,2%Cr, 0,4%Cr, 0,7%Cr e 2,26%Cr. Os difratogramas são típicos

desse tipo de ligas onde ocorreu a formação das fases γ_2 e β_1 e em intensidade reduzida a fase 18R. As ligas com menor percentual de cromo, 0,2%Cr e 0,4%Cr, apresentaram tanto a fase β_1 como a fase γ_2 , confirmando a microestrutura apresentada no MEV nas Figuras 3 e 4, sendo a última fase em maior intensidade. A fase γ_2 é indesejável para a ocorrência das propriedades com efeito memória de forma da liga, pois a mesma é responsável pelo comportamento frágil do material. Para as ligas com maiores percentuais de Cromo, 0,7%Cr e 2,26%Cr, observa-se a presença predominante da fase β_1 , como apresentado no MEV nas Figuras 5 e 6.

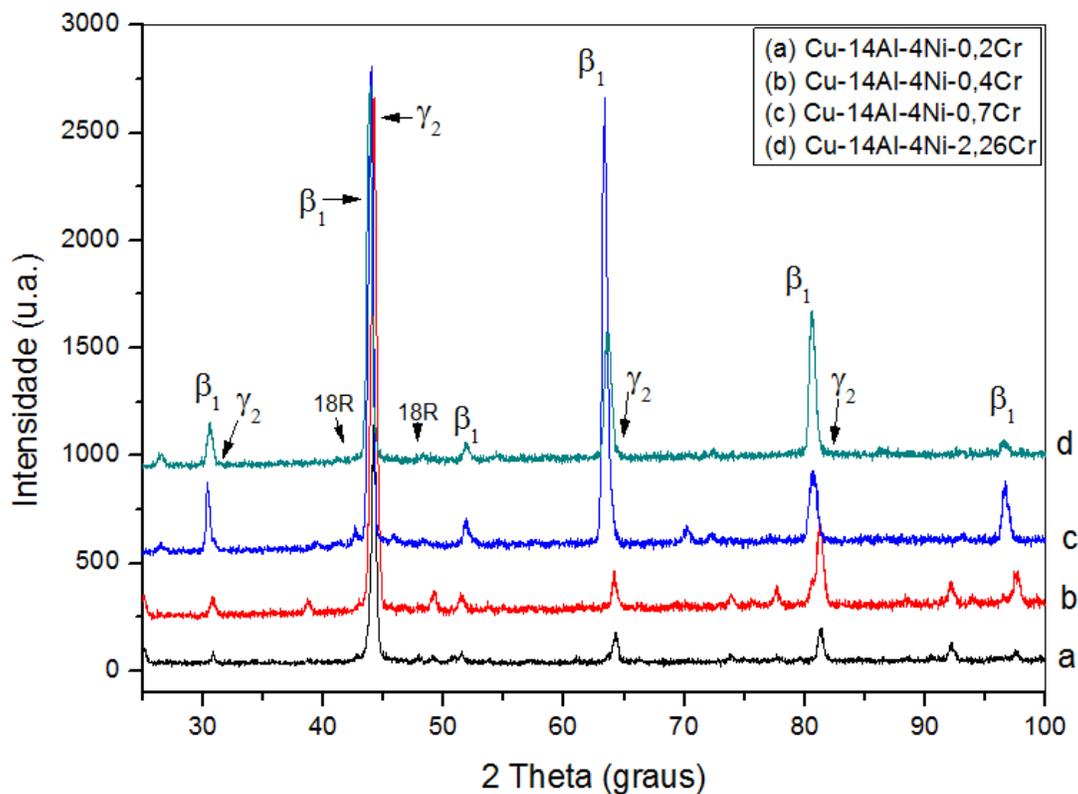


Figura 7 - DRX das amostras 0,2%Cr (a), 0,4%Cr (b), 0,7%Cr (c) e 2,26%Cr (d).

Na Figura 8, apresenta-se um corte parcial ampliado do posicionamento dos picos de difração, onde é possível observar com clareza o afastamento para a esquerda desses, conforme aumenta-se o percentual de Cromo nas ligas. Esses resultados de DRX foram fundamentais, vindo comprovar a estrutura martensítica formada com o crescimento do cromo, constatando assim aqueles resultados que foram apresentados nas imagens obtidas no MEV.

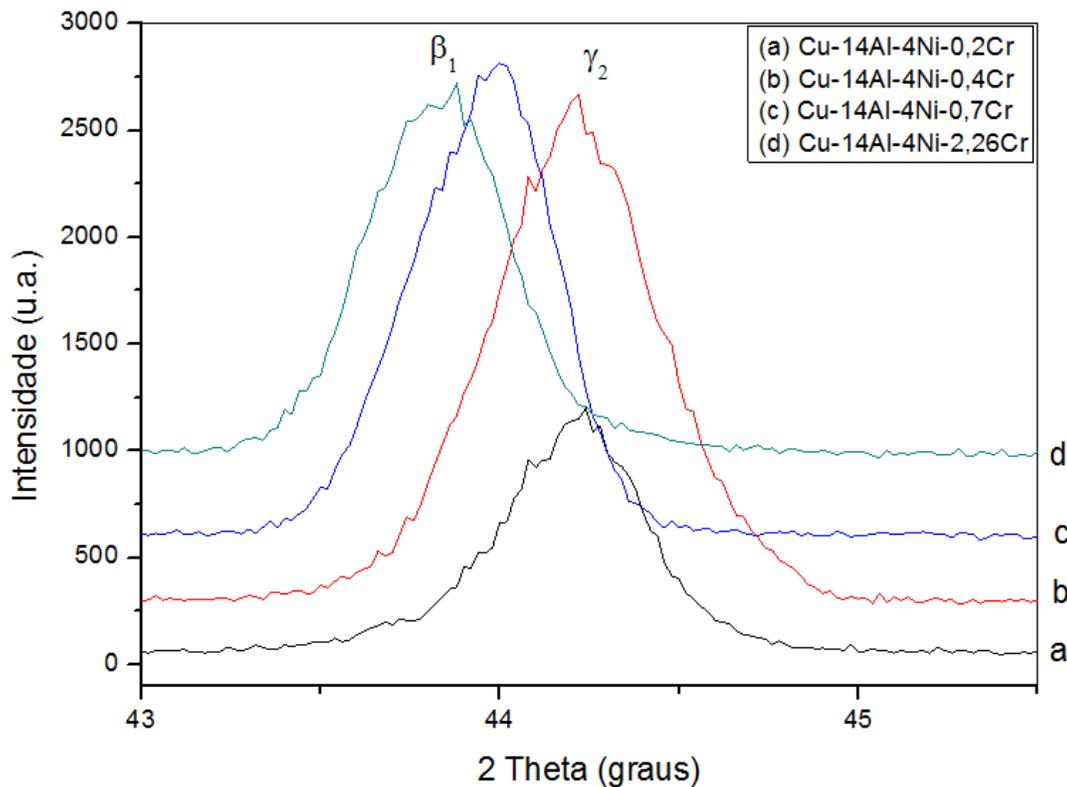


Figura 8 - Corte parcial ampliado do DRX destacando a posicionamento dos picos de difração das amostras: 0,2%Cr (a), 0,4%Cr (b), 0,7%Cr (c) e 2,26%Cr (d).

CONCLUSÕES

A partir dos experimentos e das análises realizados nessa pesquisa, foi possível verificar a influência da adição do Cromo no crescimento da estrutura martensítica, na liga Cu-Al-Ni. Os resultados da microscopia eletrônica de varredura e juntamente com as análises realizadas por difratometria de raios-X, comprovaram que o Cromo adicionado a liga Cu-Al-Ni, em conjunto com tratamento de solubilização, influenciaram na formação das fases β_1 e γ_2 . Sendo a fase γ_2 , mais presente nas amostras 0,2%Cr e 0,4%Cr. Porém, observou-se que com o aumento do percentual do Cromo ocorre a formação mais acentuada da fase β_1 com a respectiva diminuição da fase γ_2 como visto para as amostras 0,7%Cr e 2,26%Cr.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Instituto Federal da Bahia – IFBA pelo apoio financeiro e suporte técnico durante o desenvolvimento do trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] OTSUKA K., WAYMAN C. M. Shape Memory Materials. Cambridge University Press: Cambridge, 1998.
- [2] SAUD S. N., HAMZAH E., ABUBAKAR T., BAKHSHESHI-RAD H. R., Microstruture and corrosion behavior of CuAlNi shape memory alloys with Ag nanoparticles, Materials and Corrosion 2015, 66, No.6, 2015.
- [3] SATHISH S., MALLIK U. S., RAJU T. N. Microstructure and Shape Memory Effect of CuZnNi Shape Memory Alloy, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 2, p.71-77, 2014.
- [4] VAJPAI S.K., DUBE R.K., SANGALS. Microstructure and properties of Cu–Al–Ni shape memory alloy strips prepared via hot densification rolling of argon atomized powder preforms.

INFLUENCE OF THE ADDITION OF CHROMIUM IN THE MICROSTRUCTURE AND PROPERTY OF Cu-Al-Ni SHAPE MEMORY ALLOY

ABSTRACT

The Copper based alloys with addition of a fourth element have been studied for 20 years. These alloys, depending on their composition present shape memory effect structure and now a day possess a diversity of applications. Considering the importance of these materials, it was developed in this research alloys of Cu-Al-Ni with addition of Cr in different percentages (0.2, 0.4, 0.7 and 2.26wt.%). A plasma furnace (Company-EDG, model-Discovery), with vacuum control and argon gas injection, was utilized. Posteriorly, the samples underwent heat treatment of solubilization. This treatment consisted in submitting all samples to a temperature of 900°C for 1 hour and followed by water solution (salt, water, ice and alcohol) quenching at a temperature of -10°C. The samples were polished and etched with Ferric Chloride. All samples were analyzed X-ray Fluorescence, Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-ray Diffraction (XRD). XRD was carried out with a tension 30kV from 25° to 100°. It was possible to verify, through the obtained SEM images, that Cr has a fundamental role in the martensite structure evolution and with XRD analyses it was observed that with the increase of Cr, results in the formation of phases 18R and 2H with a decrease of phase γ_2 , the last one unwanted to this type of alloy.

Key-words: Cu-Al-Ni, Shape Memory Alloy, Influence of Chromium