

## DESENVOLVIMENTO, CARACTERIZAÇÃO E BRASAGEM DE COMPÓSITOS DE COBRE ENDURECIDOS COM NANOPARTÍCULAS DE $Al_2O_3$

Grupo de Materiais

### 1. Introdução:

Um dos metais mais utilizados atualmente, seja puro ou através de suas ligas, em aplicações que exigem elevada condutividade térmica e elétrica, aliada a uma resistência a corrosão apreciável, é o cobre. Embora sua resistência mecânica seja relativamente baixa, se comparado a outros metais, suas ligas são amplamente utilizadas em aplicações tecnológicas que vão desde componentes elétricos em reles convencionais até absorvedores de elétrons e fótons em aceleradores síncrotrons [1,2].

A utilização do cobre é limitada para aplicações estruturais, pois para isso é necessário que o material possua elevada resistência mecânica. No caso do cobre, esta propriedade fica ainda mais comprometida quando este é submetido a processos de união a outros materiais em altas temperaturas, pois a recristalização e crescimento de grãos do cobre ocorrem em temperaturas relativamente baixas, isto é, abaixo da temperatura de fusão das ligas de adição [3]. Desta forma, sua resistência mecânica fica ainda mais comprometida.

Em razão disto, tem-se estudado uma série de alternativas para o problema. Uma solução é o endurecimento do cobre por elementos de liga, porém este processo pode causar uma significativa perda de condutividade elétrica [3]. Outra possibilidade é o endurecimento pela incorporação de partículas finas de uma segunda fase, resultando somente numa diminuição relativamente pequena da condutividade elétrica [3]. Esta segunda fase pode ser um metal, um composto intermetálico, precipitados de uma solução sólida por um tratamento de envelhecimento, ou ainda por partículas não metálicas, adicionadas ou formadas com a matriz de cobre [3,4], como por exemplo, alumina ( $Al_2O_3$ ).

Compósitos de cobre endurecidos através da adição de partículas de óxidos estáveis, como a alumina, não promovem o crescimento ou dissolução de tais partículas na matriz metálica, desta forma é possível manter as características iniciais do material mesmo após ciclos de aquecimento [5].

O ESRF (*European Synchrotron Radiation Facility*), APS (*Argonne Nacional Laboratory*) e o *Illinois Institute of Technology* realizaram estudos comparativos da vida em fadiga térmica do compósito e do cobre OFHC (*Oxygen Free High Conductivity*). Os resultados mostraram que além do compósito possuir um significativo limite de escoamento, excelente limite de tração, resistência a fadiga e resistência a ruptura a elevadas temperaturas, se comparado ao cobre OFHC; ainda possui uma resistência a ciclos térmicos muito superior e por isso é amplamente empregado na fabricação de componentes para aceleradores síncrotrons [6].

No LNLS será possível fabricar componentes para o anel de luz síncrotron e linhas de luz como *photon shutters*, espelhos para raios-x, máscaras refrigeradas, resfriadores de espelhos, guias de ondas, cavidades de radiofrequência, entre outros. Tais componentes já são fabricados com o referido material, por exemplo, no *Argonne Nacional Laboratory*, Illinois – EUA [7] e *European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)*– França [8] e *European Organization for Nuclear Research (CERN)* – Suíça [9].

## 2. Objetivo:

O projeto tem como principal objetivo desenvolver, qualificar corpos de prova de um compósito de matriz metálica (cobre) endurecidos com nanopartículas de alumina.

## 3. Metodologia

Dentro desta atividade, caberá ao aluno:

- Pesquisa sobre o tema e revisão bibliográfica;
- Montagem do forno de H<sub>2</sub> para obtenção de pó de cobre reduzido;
- Testes de obtenção de Cu+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> a partir de CuO e Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, por rota química, e redução em forno de H<sub>2</sub>;
- Ensaios de sinterização para obtenção de corpos de prova sem porosidade. Testes de carga, temperatura e tempo;
- Análise microestrutural e ensaios mecânicos dos corpos de prova obtidos;
- Análise de FEG para verificar a dispersão das nanopartículas de alumina na matriz de cobre;
- Definição dos parâmetros para obtenção do compósito;
- Elaboração de relatórios e participação em artigos.

## 4. Referências:

[1] Bagnato O. R., Francisco F. R., Gabos C. B., Pardine C., Brasagem Metal/Metal e Metal/Cerâmica para Fabricação dos Guias de Onda e Monitores de Potência do LINAC do Anel no LnlS. XXVII Congresso de Aplicações de Vácuo na Ciência e na Indústria, Itatiba SP, julho 2006.

[2] O.R.Bagnato, J.E.Valente, F.R.Francisco, Efeito da Temperatura de Brasagem na Difusão de Ag em Cu. XV CBECIMAT, Natal, RN, outubro 2002.

[3] Bagnato, O. R., Projeto sobre compósito Cu/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Documentação Interna, LNLS, 2006.

[4] Yamazaki, M. and Grant, N. J. Alumina Dispersion – Strengthened Copper Nickel Alloys, Trans. Of the Metall. Society of AIME, vol. 233, Aug. 1965, 1573 –1580.

[5] Chen, S. Cin, and B. A.Low Activation braze joint of dispersion strengthened copper. Journal of Nuclear Materials, 225 (1995) 132 – 136.

[6] Viswanath Ravindranath, Sushil Sharma, Brian Rusthoven, APS, Argonne National Laboratory; Michael Gosz, Illinois Institute of Technology; Lin Zhang, Jean-Claude Biasci, ESRF, Thermal Fatigue Life Prediction of Glidcop® AL-15, *International Workshop on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation*, may 24 – 26, Egret Himeji, Hyogo, Japan, 2006.

[7] Toter, W., Sharma, S.; Analysis of Gold-Copper Braze Joints in Glidcop® for UHV Components at the Advanced Photon Source, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA, 2000.

[8] P. Marion, Y. Dabin, P. Theveneau, L. Zhang. New High Load Beamline Components for the ESRF, 2<sup>nd</sup> *International Workshop on Mechanical Engineering Design of Synchrotron Radiation Equipment and Instrumentation*, Advanced Photon Source, Argonne National Laboratory, Argonne, Illinois, USA, September 5-6, 2002.

[9] Alessandro Berterelli, Oliver Aberle, Ralph Assman, Enrico Chiaveri, Tadeusz Kurtyka, Manfred Mayer, Roger Perret, Peter Sievers, THE MECHANICAL DESIGN FOR THE LHC COLLIMATORS, *Proceedings of EPAC 2004*, CERN, Geneva, Switzerland, 2004.



