

## **FUSÃO DE SUPERLIGA A BASE DE Co COM NANOPARTÍCULAS CERÂMICAS ( $ZrO_2$ ) UTILIZANDO PTA**

Laura Stephane Moratti<sup>1</sup>, Danielle Bond<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Acadêmico(a) do Curso de Engenharia de Produção e Sistemas - CCT - bolsista PIPES/UDESC

<sup>2</sup> Orientador, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – CCT - danielle.bond@udesc.br

Palavras-chave: Nanopartículas Cerâmicas. Zircônia ( $ZrO_2$ ). Plasma por Arco Transferido (PTA).

A nanotecnologia é um domínio multidisciplinar, que engloba áreas da engenharia, física, química, eletrônica e biologia, no estudo, desenvolvimento tecnológico e aplicação de materiais que têm, em pelo menos uma de suas dimensões, medidas de 1 a 100 nanômetros [1, 2]. Na área das engenharias, há diversas áreas de aplicação das nanopartículas, entre estas, o desenvolvimento de nanocompósitos, em que materiais reforçados por nanopartículas podem ser obtidos por diversos processos, como os processos de soldagem (TIG, eletrodos revestidos, arames tubulares, PTA e laser). Como materiais em escala nanométrica possuem uma área de superfície maior quando comparados com a mesma massa de material em escalas maiores, eles apresentam maior reatividade química e, conseqüentemente, oferecem propriedades elétricas e propriedades de resistência mecânica diferenciadas. Portanto, a inserção de nanopartículas é realizada objetivando melhorar as propriedades mecânicas e a microestrutura dos materiais soldados [3]. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é analisar o efeito da incorporação de nanopartículas cerâmicas ( $ZrO_2$ ) no evento de solidificação em superligas a base de Co.

Para analisar a influência das nanopartículas na estrutura de solidificação em soldagem, foram inseridas nanopartículas de zircônia, por meio de portadores de Fe, em pó de Co (Stellite 6) para posterior fusão com PTA (plasma por arco transferido). Para a realização dos experimentos, foram utilizados portadores de Fe (de tamanho 1,63  $\mu m$ ) com nanopartículas de zircônia (de tamanho 50 nm) preparados segundo a técnica de processamento coloidal [4]. Para homogeneizar os portadores de Fe- $ZrO_2$  em pó de Stellite 6, foi utilizado um misturador de pó modelo Y por um período de 45 minutos. O pó apresenta-se de forma esférica com granulometria entre 60 e 120 $\mu$  predominantemente. Foram produzidos 04 materiais de adição: Stellite 6 com adição de 1% de portador Fe- $ZrO_2$ , com teores crescentes de zircônia (1, 2,5 e 7,5%, em volume) e Stellite 6 sem adição de portador.

A partir de cada material de adição, foram compactadas na forma cilíndrica 03 amostras com 5g cada e posteriormente fundidas, por uma fonte de soldagem plasma por arco transferido (PTA). Para não haver diluição utilizou-se uma base de cobre (100 x 75 x 12,5mm). Após a solidificação, as amostras fundidas foram cortadas no sentido transversal, embutidas, passaram por preparação metalográfica incluindo desbaste em lixas de carbetto de silício com granulometria de 120 a 600 mesh e seguido de polimento com pasta de diamante de 1 e 3 $\mu m$ . A microestrutura revelada com uma solução de ácido clorídrico concentrado+ $Cr_2O_3$ , submetidas ao ataque eletrolítico (1,5V). As amostras foram analisadas em suas seções transversais com microscopia óptica e eletrônica de varredura com emissão de campo (MEV-FEG) e microdureza Vickers

(HV0,25). O espaçamento interdendrítico ( $\lambda$ ) foi medido utilizando o método D das interseções. Por fim, para avaliar a existência de diferenças significativas nas medidas, foi utilizada a análise de variância (ANOVA), seguido do teste Tukey, ambos com nível de significância 0,05 [5].

Para um melhor entendimento do efeito das nanopartículas adicionadas nas diferentes misturas de pós utilizadas, foi feita a análise das microestruturas das amostras fundidas. Observou-se uma estrutura refinada, sem porosidades, devido à elevada taxa de resfriamento imposta pelo processo de fusão por meio do PTA, aliado à elevada retirada de calor pelo substrato de Cu para todas as amostras. A análise estatística dos dados por meio da análise de variância comprovou que há diferenças significativas entre os espaçamentos interdendríticos dos 04 tipos de materiais, pois o valor-P é inferior ao  $\alpha$  (nível de significância) 5% adotado. O resultado confirma que a adição de nanopartículas impacta no refino da estrutura. Após a análise estatística, foi realizado o teste de comparação múltipla Tukey, o qual revelou que a diferença significativa se encontra na comparação entre a amostra de Stellite 6 e Stellite 6 com adição de 1% ZrO<sub>2</sub>.

Observa-se que os valores de microdureza do Stellite 6 sem adição de nanopartículas encontra-se na faixa de 500HV, resultado consistente com aquele obtido por Gomes et al. [6] que avaliaram o Stellite 6 depositado por PTA em substrato de Cu. No entanto, apesar do maior refino da estrutura observado, com a adição de nanopartículas houve uma tendência a diminuição nos níveis de microdureza. Com o aumento da quantidade de nanopartículas a dureza tende a aumentar mais ainda, se mantendo inferior aquela medida para a liga de Co sem adição de portadores de nanopartículas.

Portanto, concluiu-se que é possível inserir nanopartículas cerâmicas (zircônia) em superliga atomizada a base de Co (Stellite 6), por meio de misturador Y, quando utilizados portadores de Fe-ZrO<sub>2</sub> preparados segundo a técnica de processamento coloidal. As amostras fundidas apresentaram região dendrítica de solução sólida rica em cobalto ( $\alpha$ ), e na região interdendrítica pode se encontrar o eutético ( $\alpha$  e carbonetos). Para as condições utilizadas houve diminuição significativa no espaçamento interdendrítico com a adição de portadores de Fe com 1% de ZrO<sub>2</sub> no Stellite 6; o mesmo não ocorrendo com a inserção de teores superiores de zircônia. Ao contrário do esperado, este refinamento não aumentou a dureza da estrutura fundida, o que sugere que o teor de Fe adicionado pelos portadores tenha sido responsável pela diminuição nos níveis desta propriedade.

## Referências

- [1] MORRIS, J.; WILLIS, J. U.S. **Environmental protection agency nanotechnology white paper**. Washington: U.S. Environmental Protection Agency, 2007.
- [2] AITKEN, R.; CHAUDHRY, M. Q.; BOXALL, A. B. A.; HULL, M. Manufacture and use of nanomaterials: current status in the UK and global trends. **Occupational Medicine**, v. 56, n. 5, p. 300-306, 2006.
- [3] Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. Cardiff, UK, 2004. ROYAL SOCIETY AND ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING.
- [4] LUSSOLI, R. J.; NETO RODRIGUES, J. B.; KLEIN, A. N.; HOTZA, D.; MORENO, R. Aqueous colloidal processing of carriers for delivering silica nanoparticles in iron matrix nanocomposites. **Materials Research Bulletin**, v. 48, p. 2430-2436, 2013.
- [5] DEVORE, J. L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- [6] GOMES, R. J. N.; HENKE, S.; D'OLIVEIRA, A. S. C. M. Microstructural control of Co-based PTA coatings. **Materials Research**, v. 15, n. 5, p. 796-800, 2012.