

## **INFLUÊNCIA DE NANOPARTÍCULAS DE TiO<sub>2</sub> NA SOLDAGEM DE AÇO CARBONO COM O PROCESSO ARCO SUBMERSO<sup>1</sup>**

Maria Fernanda Coimbra Forcellini<sup>2</sup>, Danielle Bond<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Estudo do Processamento de Ligas Metálicas com Nanopartículas Utilizando Plasma por Arco Transferido (PTA) para Manufatura Aditiva – PARTE 02”

<sup>2</sup> Acadêmica do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROIP/UDESC

<sup>3</sup> Orientadora, Departamento de Engenharia Mecânica – CCT – danielle.bond@udesc.br

A soldagem a arco submerso (SAW) consiste em um processo de união de metais que utiliza um arco elétrico entre o metal de base e o arame consumível, sob uma camada de fluxo granular. É um processo amplamente utilizado na união de chapas de grande espessura, além de poder ser aplicado na deposição de grandes áreas de revestimento, devido a possibilidade do uso de arames múltiplos e inserção de outros materiais, até mesmo em escala nanométrica, que proporcionam características elétricas e mecânicas diferenciadas ao cordão de solda (ASM, 1995). A nanotecnologia é uma área de pesquisa ampla e interdisciplinar, a qual envolve diversos tipos de materiais (polímeros, cerâmicas, metais e compósitos) estruturados em forma de nanopartículas, nanotubos e nanofibras. Devido ao seu tamanho reduzido, as nanopartículas tendem a apresentar propriedades diferenciadas do material em escala padrão, como as propriedades morfológicas, estruturais, térmicas, eletromagnéticas, ópticas e mecânicas, as quais proporcionam um grande destaque para sua aplicação em diferentes indústrias (NAITO *et al*, 2018). Na engenharia, se destaca o uso da nanotecnologia no processo de soldagem. No processo de soldagem a arco submerso de aços, a adição de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> aumenta os teores de Ti no cordão, aumentando a quantidade e diâmetro médio de inclusões não metálicas. Tais inclusões colaboram com a formação de ferrita acicular no cordão, o que melhora a resistência mecânica, tenacidade e diminui a dureza do material, pois não possui orientação cristalográfica direcionada, que restringe a propagação de trincas de clivagem na peça (JIMÉNEZ *et al*, 2019). Neste contexto, o presente estudo tem como objetivo investigar a influência da adição de nanopartículas (NPs) cerâmicas em cordões de solda depositados pelo processo de soldagem a arco submerso. O metal de adição utilizado foi o arame de aço carbono AWS A5.17 classe EM12K, diâmetro de 2,4 mm com o conjunto arame-fluxo AWS F48A2-EM12K. Nanopartículas cerâmicas de TiO<sub>2</sub> foram misturadas com álcool isopropílico em uma solução, a qual foi depositada em metade de uma placa de aço ASTM A36 de 250 x 75 x 16 mm<sup>3</sup>, permitindo a fusão do cordão de solda em regiões com e sem nanopartículas usando os mesmos parâmetros de soldagem. Os sinais elétricos do processo de soldagem foram capturados e tratados pelo SAP (Sistema Portátil de Aquisição de Dados) e os cordões de solda e escória foram caracterizados por estereoscopia, fluorescência de raios X (XRF) e microdureza Vickers (HV0,3). Os sinais elétricos durante o processo de soldagem se mostraram semelhantes em todo o cordão, ou seja, as nanopartículas de TiO<sub>2</sub> não influenciaram a estabilidade do processo. Em relação a composição química das escórias obtidas após a soldagem, o FRX mostrou que houve um aumento de 2,18% no teor de Ti com a inserção das nanopartículas, o que indica que houve uma certa perda de nanopartículas em direção a escória, mas, como as NPs foram completamente cobertas pelo fluxo durante o processo de soldagem e foram observadas diferenças na geometria e na dureza do cordão, pode-se afirmar que as mesmas foram depositadas no cordão

durante a fusão do material assim como em Jiménez *et al*, 2019. As características geométricas dos cordões de solda apresentam diferenças significativas apenas na largura, sendo o cordão de solda com adição de NPs 7 % mais largo, o que pode ser explicada pela menor condutividade térmica das nanopartículas de TiO<sub>2</sub>, o que reduz a velocidade de solidificação do cordão e consequentemente, aumenta sua largura (AGHAKHANI *et al*, 2013). A porção do cordão de solda com nanopartículas apresentou dureza inferior em relação a parte sem nanopartícula de 9 % na zona termicamente afetada e 8 % na zona fundida.

**Palavras-chave:** Nanotecnologia na Soldagem, Nanopartículas Cerâmicas, Poça de Fusão, Inclusões Não Metálicas, Escória, Dióxido de Titânio

#### **Referências:**

- Aghakhani, M., Ghaderi, M. R., Jalilian, M. M. and Derakhsan, A. A., 2013. “Predicting the combined effect of TiO<sub>2</sub> nanoparticles and welding input parameters on the hardness of melted zone in submerged arc welding by fuzzy logic”. *Journal of Mechanical Science and Technology*. Vol, 7, p. 2107-13.
- ASM International Handbook Committee. *ASM Handbook: Welding, Brazing and Soldering*, 1995, ASM International.
- Jiménez, A. J., Mercado, A. M. P., Hirata, V. M. L., Bórquez, A. G., Torre, A. S., García, C. M., Muñoz, M. L. S. and Díaz, E. M., 2019. “Improvement of the toughness and ductility of the weld beads by inducing growth of acicular ferrite with TiO<sub>2</sub>-nanoparticles during submerged arc welding”. *Materials Research Express*, V. 6, n. 106534.
- Naito, M., Yokoyama, T., Hosokawa, K. and Nogi, K. 2018. *Nanoparticle Technology Handbook*. Elsevier, Amsterdam.
- Xing, Z., Liu, S., Wang, X., Shang, C., Li, X. and Misra, R., D., K., 2015. “The contribution of intragranular acicular ferrite microstructural constituent on impact toughness and impeding crack initiation and propagation in the heat affected zone (HAZ) of low-carbon steels”. *Journal of Materials Science and Engineering A*, Vol. 636, p. 117-23.