

## **RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO SECO NO SUBSTRATO AÇO 4130 REVESTIDO INCONEL 625 DEPOSITADO PELO PROCESSO TIG**

*Élida M., A. Alves; Ana Carolina R. de Sá Silva; Peterson Luiz Ferrandini; Roberto Zenhei Nakazato; Eduardo Norberto Codaro*

*e-mail: elida.alves@unesp.br*

### **RESUMO**

Este trabalho tem como objetivo avaliar o revestimento de soldagem em resistência ao desgaste abrasivo na deposição Inconel 625 no aço AISI 4130. Avaliou-se 3 amostras com duas diferenças de revestimento de Inconel 625 depositado pelo processo de soldagem TIG no aço AISI 41130 e outra como referência no ensaio de desgaste aço ferramenta H13. O teste do ensaio de desgaste abrasivo em roda de borracha de acordo com o procedimento C da norma ASTM G-65. Os resultados apresentados perda de massa das amostras de Inconel 625 e aço ferramenta H13 foram pequenas devido as condições mais severas do ensaio de desgaste abrasivo. Ambos materiais possuem altas resistência abrasão devido o Inconel 625 e o aço ferramenta H13 respectivo a presença de carbonetos. Concluir-se que para estudos de que o comportamento ao desgaste abrasivo por roda de borracha na deposição do Inconel 625 no aço 4130 é próximo ao do aço ferramenta H13. Para ser ter mais referencias de estudos de desgaste abrasivo em revestimento de Inconel 625 ainda precisa-se desenvolver mais estudos comparativos.

**Palavras-chave:** Inconel 625; Aço Ferramenta H13; Desgaste abrasivo;

---

## INTRODUÇÃO

O desempenho e a vida útil dos componentes de engenharia dependem das propriedades do material de sua superfície, pois a corrosão e desgaste abrasivo iniciam na superfície (NEMEEK; FIDLER; FIEROV, 2014). O processo de soldagem (soldas dissimilares) entre dois materiais diferentes (metal de base: AISI 4130) tem como objetivo melhorar a propriedade da superfície do material ao desgaste abrasivo.

Muitos processos de soldagem comumente induzem tensões residuais de tração, proporcionando assim um estado de tensão indesejável na superfície do componente. Durante a deposição de uma liga diferente em um substrato, utilizando um processo de soldagem, devido a diferentes expansões e mudanças de fases associadas, surgem tensões residuais, que podem variar dependendo das características dos materiais dissimilares e do processo envolvido (Benghalia & Wood, 2015).

Inconel 625 é uma superliga a base Níquel, na qual apresenta uma boa soldabilidade, que tem uma matriz Ni-Cr reforçada por uma solução de molibdênio e nióbio. Devido às suas propriedades físicas e químicas superiores, o inconel 625 possui alta resistência a oxidação, tração e deformação, fadiga, e em alta temperatura nos ambientes abrasivo, é amplamente utilizado em vários setores de revestimentos tais como; aeroespaciais, indústria química, petroquímica, marítimas, caldeiras industriais e geração de energia (Sandhu & Shahi, 2016; Shakil et al., 2014; Tian et al., 2017). No entanto, a produção de componentes de inconel 625 ainda é um desafio para outras aplicações devido seu custo de produção global (Wang et al., 2016). Os dutos utilizados na indústria petróleo e gás geralmente realizam revestimento de soldagem com inconel, por exemplo quando revestem um aço carbono de baixa liga.

Os dados de resistência ao desgaste abrasivo para ligas de inconel são difíceis de encontrar uma vez que essas ligas são geralmente associadas a corrosão e não a resistência ao desgaste (Yao et al., 2008). Portanto o objetivo deste trabalho é avaliar o revestimento de soldagem em resistência ao desgaste abrasivo na deposição de inconel 625.

---

## METODOLOGIA

O Inconel 625 foi utilizado como o metal de adição pelo processo TIG (GTAW) com 1,2mm de diâmetro, foi depositado em uma chapa AISI 4130 (130mm x 30mm x 15mm). Inicialmente o metal de base (MB) foi pré-aquecido com o maçarico até atingir a temperatura 130°C. A soldagem foi realizada, na posição plana e um ângulo de 45° com a superfície do substrato, foi executado um único revestimento lado a lado de uma única camada, no substrato de 133mm, com a corrente de soldagem 185 A, tensão de soldagem 13V, velocidade de soldagem 18mm/s e aporte térmico 0,8kJ/mm e a gás de proteção foi o Argônio (Ar) com vazão de 15l/min. O revestimento de solda foi de 2,13mm de profundidade e 15,862mm de largura, foram medidas utilizando o projetor de perfil.

Parâmetros para a realização do ensaio de desgaste abrasivo em roda de borracha de acordo com o procedimento C da norma ASTM G 65, para a realização desse teste foi utilizado dois materiais tais como; o revestimento de Inconel 625 no aço AISI 4130 e o aço ferramenta H13 como referência para a realização do ensaio. Esse teste foi realizado em três corpos de prova de Inconel 625 e corpo de referência no aço ferramenta H13 de acordo com norma (ASTM INTERNATIONAL. ASTM G 65-10, 2010). Os corpos de provas de Inconel e do aço ferramenta H13, foram retangulares de 25mm por 76mm e espessura variando entre 3,2 e 12,7mm. Os principais parâmetros do ensaio de abrasão foram: carga normal 130 N aplicada na roda de borracha com 225mm de diâmetro; a velocidade de rotação 200rpm; tipo de abrasivo foi sílica sub angular (areia) de tamanho 500µm e lançada entre a amostra e a roda de borracha a uma taxa de fluxo de areia 300-400g/min. O teste abrasivo foi realizado entre as distâncias totais de deslizamento de 112,5 e 225m. O tempo de operação para cada corpos de provas foram de 5 minutos para o Inconel 625 e 10 minutos para o aço ferramenta H13. As amostras foram pesadas em uma balança antes e depois de cada teste com objetivo de verificar perda de massa no revestimento.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

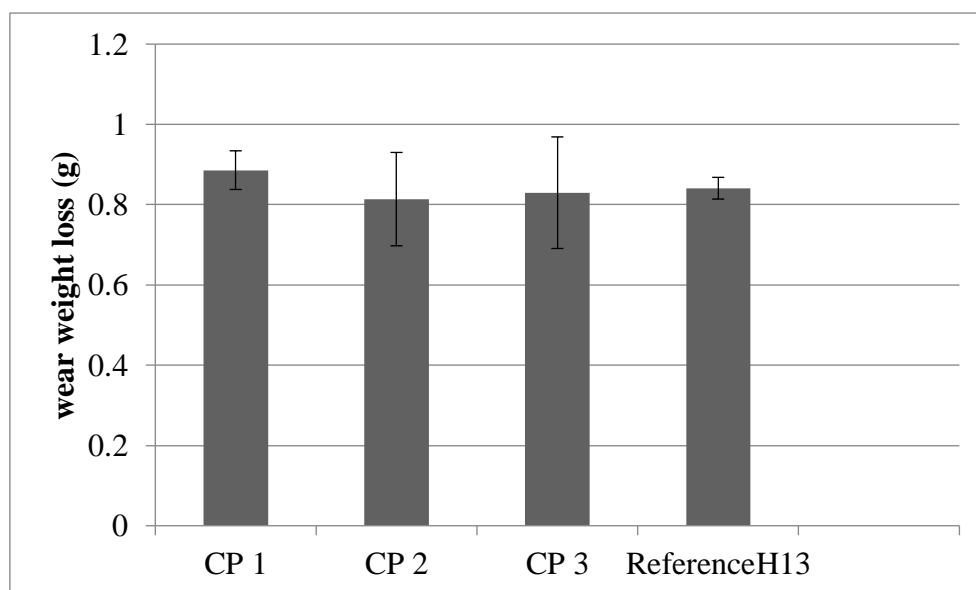
A variação de perda de massa nos três corpos de provas de inonel 625 e do aço ferramenta H13 (para comparação da perda de massa) estão na Figura 1. O desgaste do primeiro corpo de prova (CP) de inonel 625 foi de  $0,886 \pm 0,0481$  g com coeficiente de variação de 5,4%; do segundo foi de  $0,814 \pm 0,116$  g com coeficiente de variação de 14,3%; do último,  $0,830 \pm 0,139$  g com variação de 16,7%; o corpo de referência do aço H13 teve desgaste de  $0,841 \pm 0,027$  com coeficiente de variação de 3,2% (Figura 1).

A diferença entre as perdas de massa dos materiais foi pequena (Figura 1), devido as condições mais severas do ensaio de desgaste abrasão, que gera maior energia de atrito e o abrasivo sílica sub angular (areia) são abrasivos mais agressivos. Vite et al. (2005) relataram que o desgaste em condições secas são mais severos, pois o material está em contato com o revestimento. Kurzynowski et al. (2017) afirmam quando o material suporta uma alta resistência ao desgaste abrasão, também possui uma excelente ductilidade e tenacidade.

A média dos desgastes dos corpos de prova foi de inonel 625 (0,843g) foi superior ao corpo de aço ferramenta referência H13 (0,841g). Para as amostras revestida de inonel 625 obtivera uma taxa de desgaste significativa menor do que o aço ferramenta H13. Nurminen, Näkki e Vuoristo (2009) relatam que o material de Ni fundido duro resistente ao desgaste. O referência H13 é um aço liga, que possui uma boa resistência ao desgaste abrasão devido a presença de partículas de carbonetos que são muito mais finas e distribuídas uniforme na microestrutura (Koshy et al., 2002).

Os dados de resistência ao desgaste abrasivo para ligas de inonel são difíceis de encontrar, pois essas ligas são, geralmente, resistentes à corrosão e não são resistentes ao desgaste (Yao et al., 2008). Com isso, para a realização deste ensaio faltou dados comparativo para os materiais de liga de inonel 625, e foi realizado o aço ferramenta H13 como referência para comparar o comportamento do ensaio abrasivo por roda de borracha.

Figura 1: Desgaste dos três corpos de provas (CP) de Inconel 625, do substrato e do aço H13 com o, desvio padrão (linha vertical). Tempo de ensaio dos corpos de prova e do substrato foi de 5 min e do aço, 10 min



### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observar-se que a resistência no revestimento de Inconel 625 no aço AISI 4130 e no aço ferramenta H13 como referência são em função dos carbonetos. Os materiais obtiveram poucas diferenças na perda de massa das amostras de revestimento Inconel 625 e aço ferramenta H13 nas condições mais severas do ensaio de desgaste abrasão, que gera maior energia de atrito e o abrasivo sílica sub angular(areia) e diferenças de tempo de ensaio (5 e 10 minutos). Notar se que a porcentagem de a taxa de desgaste das amostras (revestidas de Inconel 625 e aço ferramenta H13) foram relativamente significativas. No entanto, pode-se concluir que o comportamento ao desgaste abrasivo por roda de borracha no revestimento Inconel 625 no aço AISI 4130 é próximo ao do aço ferramenta H13. Pois não possui ainda muitos estudos de ensaios abrasivos a seco em revestimento de Inconel 625.

**REFERÊNCIAS**

ASTM INTERNATIONAL. ASTM G 65-10. (2010). Standard test method for measuring abrasion using the dry sand/rubber wheel. i, 1–14. <https://doi.org/10.1520/G0065-04R10.2>

Benghalia, G., & Wood, J. (2015). Autofrettage of Weld Clad Components. *Procedia Engineering*, 130, 453–465. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.239>

Koshy, P., Dewes, R. C., & Aspinwall, D. K. (2002). High speed end milling of hardened AISI D2 tool steel (~58 HRC). *Journal of Materials Processing Technology*, 127(2), 266–273. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)00155-3)

Kurzynowski, T., Smolina, I., Kobiela, K., Kuźnicka, B., & Chlebus, E. (2017). Wear and corrosion behaviour of Inconel 718 laser surface alloyed with rhenium. *Materials and Design*, 132, 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.07.024>

Nemeek, S., Fidler, L., & Fierov??, P. (2014). Corrosion resistance of laser clads of Inconel 625 and Metco 41C. *Physics Procedia*, 56(C), 294–300. <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.08.174>

Nurminen, J., Näkki, J., & Vuoristo, P. (2009). Microstructure and properties of hard and wear resistant MMC coatings deposited by laser cladding. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 27(2), 472–478. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2008.10.008>

Sandhu, S. S., & Shahi, A. S. (2016). Metallurgical, wear and fatigue performance of Inconel 625 weld claddings. *Journal of Materials Processing Technology*, 233, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2016.02.010>

Shakil, M., Ahmad, M., Tariq, N. H., Hasan, B. A., Akhter, J. I., Ahmed, E., Mehmood, M., Choudhry, M. A., & Iqbal, M. (2014). Microstructure and hardness studies of electron beam welded Inconel 625 and stainless steel 304L. *Vaccum*, 110, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2014.08.016>

---

Tian, Y., Ouyang, B., Gontcharov, A., Gauvin, R., Lowden, P., & Brochu, M. (2017). Microstructure evolution of Inconel 625 with 0.4 wt% boron modification during gas tungsten arc deposition. *Journal of Alloys and Compounds*, 694, 429–438. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.10.019>

Vite, M., Castillo, M., Hernández, L. H., Villa, G., Cruz, I. H., & Stéphane, D. (2005). Dry and wet abrasive resistance of Inconel 600 and stellite. *Wear*, 258(1-4 SPEC. ISS.), 70–76. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2003.12.018>

Wang, J. F., Sun, Q. J., Wang, H., Liu, J. P., & Feng, J. C. (2016). Effect of location on microstructure and mechanical properties of additive layer manufactured Inconel 625 using gas tungsten arc welding. *Materials Science and Engineering A*, 676, 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2016.09.015>

Yao, M. X., McKee, W. B., Murray, I. D., & Davies, J. (2008). Comments on “Dry and wet abrasive resistance of Inconel 600 and stellite” by M. Vite et al. [*Wear* 258 (2005) 70-76]. *Wear*, 265(1–2), 266–268. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2007.06.007>