

CARACTERIZAÇÃO DE INTERMETÁLICOS NIAL PROCESSADOS *IN-SITU* POR PLASMA POR ARCO TRANSFERIDO (PTA) PARA MANUFATURA ADITIVA¹

Letícia Maria Neves², Danielle Bond³

¹ Vinculado ao projeto “Estudo do Processamento de Ligas Metálicas com Nanopartículas Utilizando Plasma por Arco Transferido (PTA) para Manufatura Aditiva NPP20160002091”

² Acadêmico (a) do Curso de Engenharia Mecânica – CCT – Bolsista PROBIC/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas – CCT – danielle.bond@udesc.br

Um dos processos de manufatura aditiva é o de deposição por energia direta (DED), que abrange o plasma por arco transferido (PTA), em que pós são transportados através de um fluxo de gás até a tocha onde forma o plasma, sendo direcionadas para o arco e fundidos ao substrato. Como o material de adição é em formato de pó, possibilita a mistura de diferentes elementos, como no caso de Ni e Al formando intermetálicos utilizados para o trabalho em condições severas sob temperaturas elevadas. Porém estes materiais possuem comportamento frágil e estudos mostram que com a adição controlada de elementos de liga é possível melhorar sua ductilidade e interferir nos óxidos formados quando expostos às temperaturas elevadas. Resultados da literatura mostram divergências na correlação dos óxidos formados com o comportamento à resistência ao desgaste. Brunetti (2012) afirma que o revestimento de intermetálicos de NiAl depositados em aço AISI 1020 quando expostos a 710°C apresentaram uma camada de óxido de Fe eficiente para diminuição do coeficiente de atrito; já a camada formada de óxido de Fe obtida nos experimentos de Oliveira (2019) elevou o coeficiente de atrito. Oliveira (2019) analisou também revestimento NiAl depositados sobre o aço AISI 1020 e AISI 304 expostos a 1100°C. Ambos identificaram formação alumina, o que conforme a literatura tende a ser uma camada protetora (capacidade de resistir a danos) o que reduziria o coeficiente de atrito (GENTIL, 2011). Porém a redução só foi observada nos revestimentos depositados sob substratos de AISI 1020. Assim, pressupõem-se que a morfologia do óxido formado, a quantidade de elementos de ligas diluídos no revestimento durante a deposição por PTA, cinética de oxidação e as temperaturas de exposição pode ter considerável influência nos resultados obtidos. Neste contexto, o objetivo desse trabalho é avaliar a estabilidade térmica de revestimentos intermetálicos NiAl formados *in situ* por PTA depositados em substratos de aço AISI1020 e AISI304. Para tal análise pós compostos por 80% Ni e 20% Al foram depositados por PTA em substratos AISI 1020 e AISI 304. Após a deposição as amostras foram cortadas (Figura 1) e permaneceram 8 horas expostas a 700°C e 1100°C, em forno mufla, resfriadas no mesmo até 400°C e depois ao ar (Figura 2). As amostras seriam analisadas por microscopia óptica, eletrônica de varredura com emissão de campo e espectroscopia por energia dispersiva (EDS-FEG), espectroscopia Raman, difração de raios-X (DRX), análise termogravimétrica (TGA), medição de diluição do substrato no revestimento (método das áreas) e microdureza Vickers.

Quando a produção dos intermetálicos NiAl é feita *in situ*, como no processo PTA, as ligas misturam-se ao substrato e seus elementos químicos são incorporados de maneira não controlada no material dependendo das variáveis do processo de deposição. No caso do Fe este elemento pode substituir tanto o Al quanto o Ni na rede cristalina que pode atuar tanto como agente endurecedor ou, dependendo da estequiometria resultante, pode causar efeito contrário. Segundo Pike *et al* (1997), as ligas Ni₅₀Al₅₀ e Ni₄₈Al₅₂ apresentaram aumento linear da dureza com o aumento de Fe; e a liga Ni₆₀Al₄₀ sofreu um decréscimo. Portanto, é necessário determinar a composição química

da liga NiAl formada e correlacionar com o teor de Fe incorporado dos substratos de aço AISI 1020 e AISI 304 para avaliação do comportamento da dureza dos revestimentos depositados. Ainda na caracterização destes revestimentos espera-se, conforme a literatura que, as fases formadas em ambas as amostras sejam: Ni_{1,10}Al_{0,9} e as fases austeníticas γ (Fe, Ni); e que a microestrutura apresente estruturas colunares. Para o revestimento depositado sobre o aço AISI 1020, espera-se dureza próxima a 591HV com diluição de 47% e liga com composição de Ni₃₆Al₂₂Fe₄₃. E dureza de 550HV com diluição de 55%, com composição de Ni₃₁Al₁₈Fe₄₀Cr₁₂ para as amostras sobre o AISI 304 conforme citado por Brunetti (2012).

Após a exposição a 700°C, espera-se o aumento da dureza para os revestimentos depositados sobre o aço AISI1020, concordando com os estudos de Pike *et al* (1997), visto que, a reação do Fe com o O, pode diminuir a participação do mesmo no reticulado do Al, o que, junto ao aumento de vacâncias pode levar ao incremento da dureza. Assim, espera-se que a análise Raman e DRX confirme a formação de hematita (Fe₂O₃), havendo oxidação apenas da região interdendrítica (rica em Fe) em relação a matriz. Para os revestimentos depositados sobre o aço inoxidável, espera-se também a diminuição da dureza. Neste caso, acredita-se que redução da presença do Cr devido à oxidação reduz a dureza. Sugere-se que a ausência do Cr e presença do Fe no reticulado no Al se sobressaia ao aumento da dureza causada pela quantidade de vacâncias e que outros defeitos não considerados podem estar relacionados a este comportamento. Para esses revestimentos, espera-se apenas a formação do óxido de Cr (Cr₂O₃), visto que nos aços a preferência de formação do Cr₂O₃ é maior do que a do Fe₂O₃.

Já quando expostos a 1100°C, os revestimentos depositados sobre o AISI1020, além da hematita espera-se a formação de alumina (Al₂O₃); já para o revestimento sobre o AISI304, espera-se apenas formação de alumina. Neste caso, sugere-se que a ausência de Cr₂O₃ ocorre devido a sua volatilização em altas temperaturas (WRIGHT, 1992) e a preferência de formação do Al₂O₃.



Figura 1. Revestimentos NiAl depositados em substrato AISI 1020 e AISI 304.

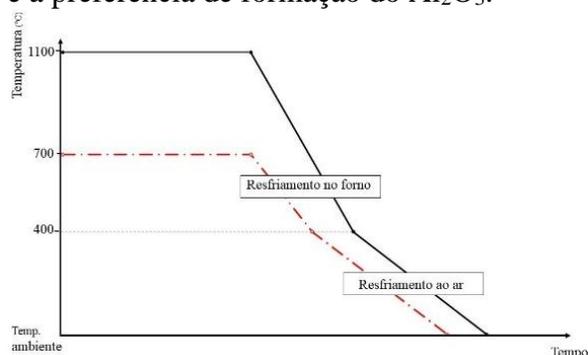


Figura 2. Ensaio de exposição a alta temperatura.

Palavras-chave: Intermetálicos NiAl. Oxidação. Plasma por Arco Transferido.

Referências

BRUNETTI, C. **Intermetálicos NiAl processados in-situ por plasma arco transferido: efeito da diluição nas propriedades mecânicas e no comportamento tribológico.** 2012. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Paraná, 2012.

GENTIL, Vicente. **Corrosão.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 360 p.

OLIVEIRA, M. C.. **Comportamento tribológico do NiAl processado em diferentes substratos.** 2019. Dissertação

(Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) - Universidade Federal do Paraná, 2019.

PIKE, L. M.; CHANG, Y. A.; LIU, C.T. Solid-solution hardening and softening by Fe additions to NiAl. **Intermetallics.** Vol. 5.1997. p. 601-608.

WRIGHT, I. G. High-Temperature Corrosion. In: **Metals Handbook: Corrosion.** ASM International, 1992. v. 13