cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Electrochemical Detection of the Sigma Phase in UNS S31803 Duplex Stainless Steel: Influence of Surface Preparation and Scanning Speed

Lucas de Brito[1]; Elan Gabriel Forteski[2]; Haroldo de Araújo Ponte[3]
1.Universidade Federal do Paraná; 2. Universidade Federal de Santa Catarina

Introdução

Aços inoxidáveis duplex, como o UNS-S31803, são amplamente utilizados na indústria de Óleo e Gás, devido à sua excelente aplicação em condições extremas, como altas pressões e temperaturas, além da sua resistência à meios corrosivos. O grande desafio destes materiais surge durante processos termomecânicos, como na soldagem, em que o aquecimento na faixa dos 700 °C aos 900 °C promove a precipitação da fase sigma (**σ**), uma fase deletéria que reduz drasticamente a tenacidade e a resistência à corrosão do material. Diante disso, há uma demanda crescente por técnicas não destrutivas que permitam a detecção eficaz de fases intermetálicas. Deste modo, a Voltametria de Varredura Linear (LSV) surge como uma ferramenta promissora para essa finalidade (Girão et al., 2014; Magnabosco, 2009; Connor et al., 2018).

Objetivos

Avaliar a eficácia da técnica de LSV para a detecção de fase sigma em aços duplex. Além disso, serão discutidas a influência da rugosidade superficial e da velocidade de varredura na detecção eletroquímica da fase deletéria.

Metodologia

Foram preparadas duas condições do aço UNS-S31803: uma amostra solubilizada a 1000 °C, que serve de referência, e uma amostra envelhecida termicamente a 870 °C durante 30 minutos, com o objetivo de induzir a precipitação da fase sigma. Para os ensaios eletroquímicos, foi utilizada uma microcélula capilar do tipo Luggin–Haber com área de contato constante de 0,0033 cm². O sistema de três eletrodos foi composto por: o aço duplex como eletrodo de trabalho, molibdênio como o de referência e platina como contra-eletrodo, conectados a um potenciostato PalmSens 2. O eletrólito utilizado foi uma solução alcalina de KOH 4 mol.L^{-1} com aumento de viscosidade obtido com 1,5% de ágar-ágar. Os parâmetros essenciais avaliados foram a rugosidade superficial (lixas de mesh: 100, 180, 320, 400, 600 e 1200) e a velocidade de varredura (2, 4, 6, 8 e 10 mV.s^{-1}). O potencial foi aplicado de 1,0 a 1,5 V, correspondente ao intervalo que ocorre a passivação do cromo (Cr_2O_3).

Resultados e Discussão

Em relação à amostra envelhecida, foi quantificada, através da análise microestrutural, uma fração volumétrica de 1,14% de fase sigma, um número dentro do intervalo de 1 a 2%, considerado o limite da faixa crítica. Quanto aos resultados dos ensaios, os voltamogramas gerados (corrente em mA x potencial em V) apresentam uma tendência de aumento, não só do pico, mas da curva toda de corrente com o aumento da velocidade de varredura. Outro ponto importante é a definição das curvas, em que, apesar dela ser maior em velocidades menores, é apenas nas mais altas que foi possível observar o pico de corrente intermediário, ligado à fase sigma. Além disso, entre as rugosidades avaliadas, as intermediárias, especialmente a 600 mesh, foram as que apresentaram os melhores resultados para a identificação do pico secundário.

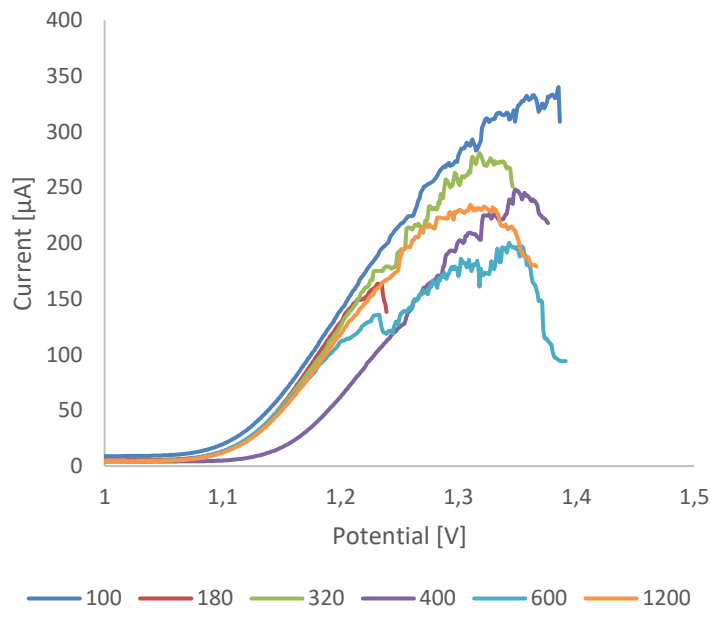


Figura 1. Curva de Voltametria de Varredura Linear com velocidade de 8 mV.s^{-1} (avaliada como a mais favorável) e diferentes condições de superfície.

Conclusões

O estudo mostrou que a cinética da técnica influenciou diretamente a leitura: maiores taxas de varredura resultam no aumento da curva e do pico de corrente. As condições mais extremas de rugosidade superficial podem causar uma baixa qualidade de resultados, sem a definição de um pico secundário. Com isso, foi determinado que a condição mais favorável reside nas rugosidades próximas às lixadas a 600 mesh, além do uso de velocidades mais altas, para a observação do pico secundário relacionado à fase sigma. Por último, por ser capaz de detectar uma fração de 1,14% de fase sigma, a técnica de Voltametria Linear se mostrou eficaz.

Referências

Connor, L. D., Mignanelli, P. M., Christofidou, K. A., Jones, N. G., Baker, A. R., Tang, C. C., Guérin, S., & Stone, H. J. (2018). In situ study of sigma phase formation in Cr–Co–Ni ternary alloys at 800°C using the long duration experiment facility at Diamond Light Source. Journal of Synchrotron Radiation, 25(5), 1371–1378. https://doi.org/10.1107/S1600577518009475

Girão, Daniel, et al. “Influência da fase sigma na resistência à corrosão do aço inoxidável ASTM A890 grau 1C após tratamento isotérmico”. [Fortaleza], 2014, INTERCORR.

Magnabosco, Rodrigo. “Kinetics of sigma phase formation in a Duplex Stainless Steel”. Materials Research, v. 12, n. 3, setembro de 2009, p. 321–27. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1590/S1516-14392009000300012.