



EFEITO DO FLUXO INTERMITENTE DE NITROGÊNIO DURANTE A NITRETAÇÃO POR PLASMA NA RESISTÊNCIA À CORROSÃO DO AÇO INOXIDÁVEL AUSTENÍTICO AISI 316L

Vianna, A. M.*; Cabral, E. V. C.; Borges, P. C.; Bernardelli, E. A.; Mafra, M.*

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Curitiba, Paraná, Brasil, CEP 81280-340.

*Correspondência: andreyvianna@alunos.utfpr.edu.br (A. M. V.); mafra@utfpr.edu.br (M. M.)

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do fluxo intermitente de nitrogênio durante a nitretação por plasma na resistência à corrosão do aço inoxidável AISI 316L. As nitretações foram realizadas a 425°C, com duração de 2h e tempos de pulso, em minutos, de nitrogênio (ligado/desligado) de 02/18 (10%), 10/10 (50%) e fluxo contínuo (100%). As amostras foram caracterizadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios-X (DRX), nanodureza e ensaios de corrosão eletroquímica. Os resultados mostraram uma tendência de diminuição da espessura de camada, dureza e de concentração de nitrogênio na camada nitretada com a redução do *duty cycle*. As condições com *duty cycle* de 100% e 50% apresentaram aumento do potencial no ensaio de potencial de circuito aberto e menor corrente anódica durante a polarização linear em relação à amostra em estado de fornecimento, indicando a melhora na resistência à corrosão com estes tratamentos.

Palavras-chave: Resistência à corrosão, Nitretação por plasma, Fluxo intermitente de nitrogênio, 316L, Austenita expandida.

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são amplamente utilizados devido à sua resistência à corrosão, mas apresentam baixa resistência ao desgaste e dureza, necessitando de tratamentos de superfície para estender sua faixa de aplicação (1). A nitretação a plasma é um tratamento de superfície muito utilizado e tem como objetivo aumentar a dureza superficial pela inserção de nitrogênio na estrutura cristalina do material. Este processo é preferível no tratamento de aços inoxidáveis por permitir tratamentos curtos (1 a 4h) e em baixas temperaturas (por volta de 400°C), o que é crucial para evitar a precipitação de nitretos de cromo, que pode reduzir a resistência à corrosão

(2). No entanto, a resistência à corrosão pode ser comprometida por trincas na camada nitretada, causadas pelas elevadas tensões residuais resultantes da supersaturação em nitrogênio, podendo ocorrer a delaminação da camada nitretada em casos mais severos (3).

Sphair (2017) (2) realizou nitretações com fluxo intermitente de nitrogênio no aço inoxidável austenítico 316L com o objetivo de controlar a concentração de nitrogênio na camada nitretada. O fluxo intermitente consistiu de pulsos do gás nitrogênio repetidos até que o tempo de tratamento fosse alcançado. Observou-se por meio de análises de difração de raios-X, que a diminuição do duty cycle levou à diminuição da expansão da austenita e da dureza superficial, resultado da menor concentração de nitrogênio na camada.

Reis et al. (2020) (4) e Vianna et al. (2020) (3) realizaram nitretações utilizando a mesma metodologia que Sphair (2017) (2), mas com temperaturas de tratamento de 450°C e 425°C, respectivamente. Constatou-se que houve uma tendência de redução da espessura de camada e da dureza superficial com a redução do duty cycle, resultado da menor concentração de nitrogênio na camada nitretada. No trabalho de Vianna et al. (2020) (3) ainda foi possível observar a redução da incidência de trincas na camada nitretada com a redução do duty cycle, evidenciada na nitretação com 8h de duração.

A partir desses resultados, concluiu-se que é possível controlar a concentração de nitrogênio utilizando fluxo intermitente de nitrogênio durante a nitretação. Apesar dos resultados promissores obtidos nos trabalhos mencionados, não foram feitos ensaios para avaliar a resistência à corrosão da camada nitretada. Deste modo, o objetivo do presente trabalho é a avaliação da influência do fluxo intermitente de nitrogênio na resistência à corrosão do aço inoxidável austenítico 316L nitretado por plasma.

MATERIAIS E MÉTODOS

O material utilizado foi o aço inoxidável austenítico AISI 316L, que estava inicialmente em formato de barra com diâmetro de 15,8mm, com composição química apresentada na Tabela 1. A barra foi solubilizada a 1100°C por 18min em banho de sal para homogeneizar sua microestrutura e aliviar tensões residuais do processo de fabricação. As amostras foram cortadas com 6mm de espessura e passaram pelas

etapas de lixamento, com as lixas 400 a 1200mesh em todas as faces, e polimento com alumina em suspensão de 1µm apenas nas faces planas. Após o polimento as amostras passaram por banho de ultrassom com álcool e foram secas com corrente de ar forçada.

Tabela 1: Composição química do aço inoxidável austenítico 316L. Fonte: Adaptado de (2)

| C | Cr | Ni | Mo | Si | Mn | P | S | Al | V | Cu | Fe |
|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 0.012 | 17.1 | 10.6 | 1.67 | 0.28 | 1.66 | 0.017 | 0.018 | 0.011 | 0.074 | 0.702 | Bal |

O reator utilizado possui uma fonte de corrente contínua pulsada, cuja montagem foi apresentada por Sphair (2). Os tratamentos foram realizados utilizando os parâmetros da Tabela 2 com fluxo de nitrogênio contínuo e intermitente, pelo controle da vazão de nitrogênio com um fluxímetro. Todas as nitreções foram precedidas por um processo de sputtering a 300°C com duração de 20 minutos, com o objetivo de remover a camada de óxido na superfície do material. Foi utilizado o *duty cycle* para avaliar a influência do fluxo intermitente na nitreção. O *duty cycle* é a relação entre o tempo que o fluxo de nitrogênio permanece ligado durante o ciclo em relação ao tempo total de ciclo.

Tabela 2: Parâmetros de nitreção. Fonte: Autoria própria.

| Parâmetros | Sputtering | Nitreção |
|----------------|--|--|
| Duração | 20min | 2h |
| Temperatura | 300±3°C | 425±3°C |
| Pressão | 3Torr | 4Torr |
| Tensão | 500V | 500V |
| Mistura Gasosa | 50% H2 + 50% Ar Vazão Total: 200 cm ³ /min | Com Fluxo de N₂ 25% N2 + 25% H2 + 50% Ar Vazão Total: 200 cm ³ /min |
| | | Sem Fluxo de N₂ 33,3% H2 + 66,7% Ar Vazão Total: 150 cm ³ /min |

Utilizou-se um ciclo de 20 minutos de duração com duty cycles de 10% e 50%, ou seja, o tempo de fluxo de nitrogênio ligado/desligado foi de 02/18 e 10/10 minutos

respectivamente, repetidos até que o tempo de tratamento de 2h fosse alcançado. As amostras foram identificadas com os códigos 2C (nitretação com fluxo contínuo de nitrogênio), 2P10 e 2P50 (nitretações com duty cycle de 10% e 50%, respectivamente) e a amostra não tratada foi chamada de SO (solubilizada).

As amostras foram caracterizadas por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), difração de raios-X (DRX), nanodureza, potencial de circuito aberto (OCP) e polarização linear (PL).

A análise realizada no MEV exigiu preparação metalográfica para a análise da seção transversal da camada nitretada. As amostras foram cortadas, embutidas e passaram pelo processo de lixamento e polimento descritos anteriormente. Após a secagem, as amostras passaram por ataque químico com o reagente marble (1 g CuSO₄, 5 mL HCl, 5 mL H₂O) por 50s. O equipamento utilizado (Marca Zeiss, modelo EVO MA 15) está situado no Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) da UTFPR-Curitiba.

A análise de DRX foi feita em um difratômetro modelo XRD-7000 da marca Shimadzu, também situado no CMCM. Utilizou-se ângulo de incidência de 3°, com radiação Cu- α ($\lambda = 1,54060\text{\AA}$, tensão de 30kV e corrente de 30mA) e ângulo de varredura 2θ variando entre 30° e 100°.

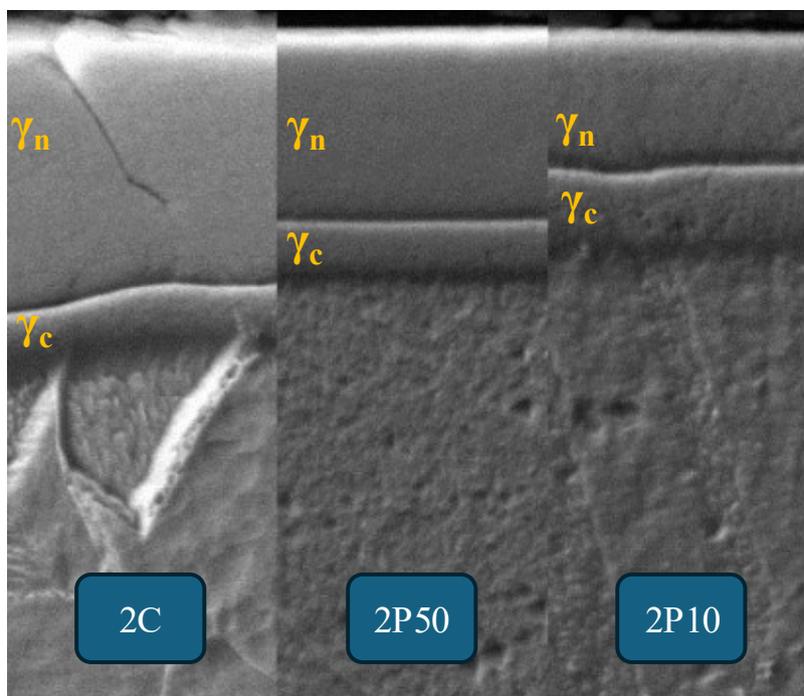
A dureza superficial foi medida utilizando o método de rigidez quasi-contínua em um equipamento de nanoindentação ZHN Zwick Roell, do laboratório de Propriedades Nanomecânicas da UFPR. Foram feitas 30 indentações por amostra, com carga máxima de 500mN.

A resistência à corrosão foi avaliada por meio das técnicas de OCP e PL, realizadas em um sistema de 3 eletrodos: um eletrodo de referência de calomelano saturado (SCE), um contra eletrodo de grafite e a própria amostra como eletrodo de trabalho. As amostras foram embutidas em resina epóxi, deixando apenas uma face exposta (1,96mm²), e foram imersas em 200mL de solução aquosa com 3,56%p NaCl em temperatura ambiente (20 ± 2°C) 24h antes do início do ensaio. As amostras passaram por 1h de OCP antes do início do ensaio de PL, que foi realizada com taxa de varredura de 1mV/s desde -0,2VvsOCP até 1,4VvsSCE. No caso das amostras na condição SO, a face exposta foi lixada até a granulometria 400mesh para que o parâmetro Ra de rugosidade fosse similar ao das amostras nitretadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 mostra as micrografias das camadas nitretadas. É possível notar a presença de duas camadas separadas por uma interface bem delimitada, em que a camada externa é rica em nitrogênio (γ_n) e a interna em carbono (γ_c) (5). A camada da amostra nitretada sob fluxo contínuo de nitrogênio apresenta trincas, as quais parecem estar relacionadas à maior concentração de nitrogênio nas regiões de contorno de grão da austenita. Já as amostras nitretadas sob fluxo pulsado apresentam camadas íntegras, ainda que sejam ligeiramente menos espessas.

Figura 1 - Micrografias feitas por MEV das amostras nitretadas (a) 2C, (b) 2P50 e (c) 2P10. Fonte: Autoria própria.



As espessuras de camada podem ser observadas na Tabela 3, onde estão apresentadas as espessuras interna, externa e total. É possível observar uma tendência de formação de uma camada com menor espessura total da camada e da camada γ_n com a diminuição do duty cycle. O processo difusivo do nitrogênio na austenita expandida está diretamente relacionado à sua concentração, por isso potenciais menores de nitrogênio devido à menor oferta durante o tratamento resultam em espessuras menores de camada, assim como encontrado por de Las Heras et al. (2017) (6) e Vianna et al. (2020)(3)

No entanto, ao observar a espessura da camada γ_c nota-se que essa tendência não foi seguida. A condição 2P50 apresentou espessura de camada similar à condição

2C, enquanto ocorreu um aumento da espessura da camada γ_c na condição 2P10. Pressupõem-se que o tempo de exposição inicial à uma atmosfera com nitrogênio para a condição 2P10 não é suficiente para a formação de uma camada γ_n supersaturada nos primeiros períodos de fluxo de nitrogênio ligado (7). Assim, durante as interrupções do fluxo de nitrogênio, o carbono proveniente das paredes do reator consegue chegar à superfície da amostra e difundir para seu interior (8). Após alguns ciclos de inserção de nitrogênio ocorre a formação da camada γ_n e a difusão do carbono é impedida.

Tabela 3 - Espessura de camada externa, interna e total de todas as condições de nitretação. Fonte: Autoria própria.

| Condição | Espessura da Camada Externa (γ_n) [μm] | Espessura da Camada Interna (γ_c) [μm] | Espessura Total ($\gamma_n + \gamma_c$) [μm] |
|----------|--|--|---|
| 2C | 11,0 \pm 0,9 | 2,5 \pm 0,3 | 13,5 \pm 1,1 |
| 2P50 | 7,5 \pm 0,3 | 2,5 \pm 0,1 | 10,0 \pm 0,7 |
| 2P10 | 5,5 \pm 0,2 | 3,3 \pm 0,2 | 8,8 \pm 0,7 |

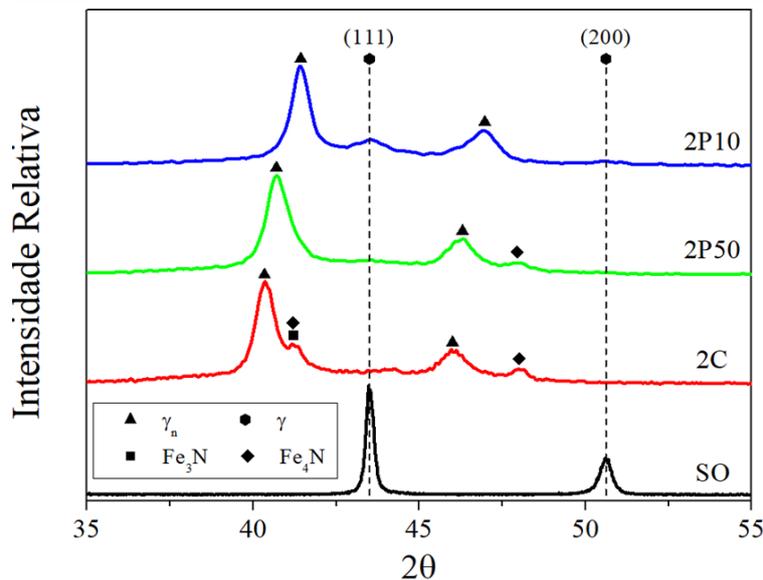
Os resultados de DRX são apresentados na Figura 2, no intervalo de 2θ de 35° à 55° , onde estão os picos de maior intensidade da austenita. Observa-se que os picos correspondentes à austenita nas amostras nitretadas estão deslocados para a esquerda e apresentam maior largura em comparação com os picos originais da austenita (9). Essa mudança indica a formação da austenita expandida (γ_N). O maior deslocamento dos picos foi observado na condição 2C, seguido pelas condições 2P50 e 2P10.

Nas condições 2C e 2P50, observam-se picos de menor intensidade ao lado dos picos principais da austenita expandida. Esses picos secundários são atribuídos à presença de nitretos de ferro, como Fe_3N e Fe_4N , resultantes da decomposição da austenita expandida (6). Não foram identificados picos relacionados ao nitreto de cromo (CrN), o que pode ter sido evitado pela curta duração do tratamento (2).

Além disso, na curva da condição 2P10, nota-se um pico de baixa intensidade na posição do pico original da austenita no plano (111). Esse comportamento pode ser

explicado pela pequena espessura da camada γ_n , sendo então detectada austenita do material de base.

Figura 2 - Difração de raios-X de todas as condições de nitretação e da condição solubilizada. Fonte: Autoria própria.

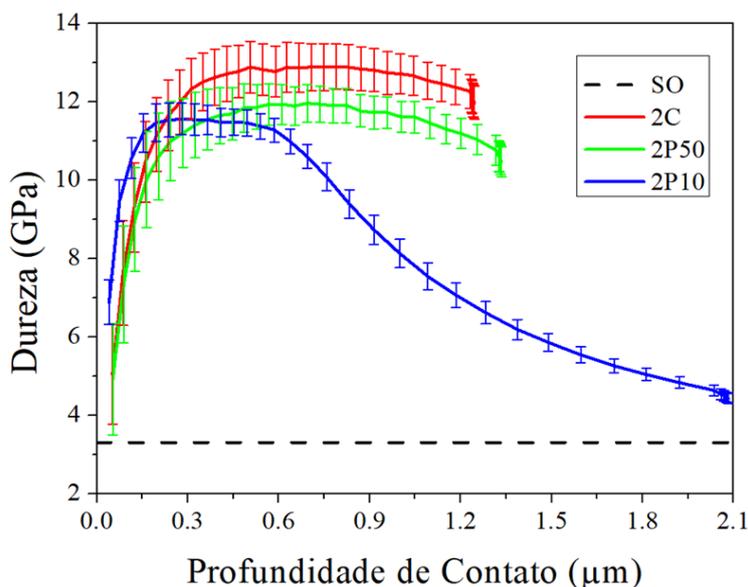


Os resultados da medição de dureza das amostras nitretadas em relação à profundidade de penetração são mostrados na Figura 3. Observa-se um aumento significativo na dureza em relação ao material de base (3,3GPa) para todas as condições, chegando ao valor de 12,9 GPa, 12,0GPa e 11,6GPa para as amostras 2C, 2P50 e 2P10, respectivamente. Os valores elevados de dureza são similares aos encontrados por outros autores (2,3) e ocorrem devido à supersaturação da austenita expandida, podendo chegar a valores próximos de 14GPa (10). Nota-se também uma tendência de menor aumento da dureza com a diminuição do duty cycle nos tratamentos, evidenciando que a redução do tempo de exposição ao nitrogênio levou à redução de sua concentração na camada nitretada (3,6).

A dureza foi influenciada pelo material de base durante a medição, especialmente quando a profundidade de contato se aproxima de 10% da espessura da camada nitretada (4). No entanto, a condição 2P10 apresentou um comportamento distinto: houve uma queda acentuada no valor de dureza antes da profundidade de penetração atingir 10% da espessura total da camada. Esse comportamento pode ser atribuído à fina espessura da camada γ_n e à influência da camada γ_c durante a

medição, que possui baixa concentração de carbono (2) e, portanto, apresenta baixos níveis de tensão residual.

Figura 3 - Dureza superficial em relação a profundidade de penetração. Fonte: Autoria própria.



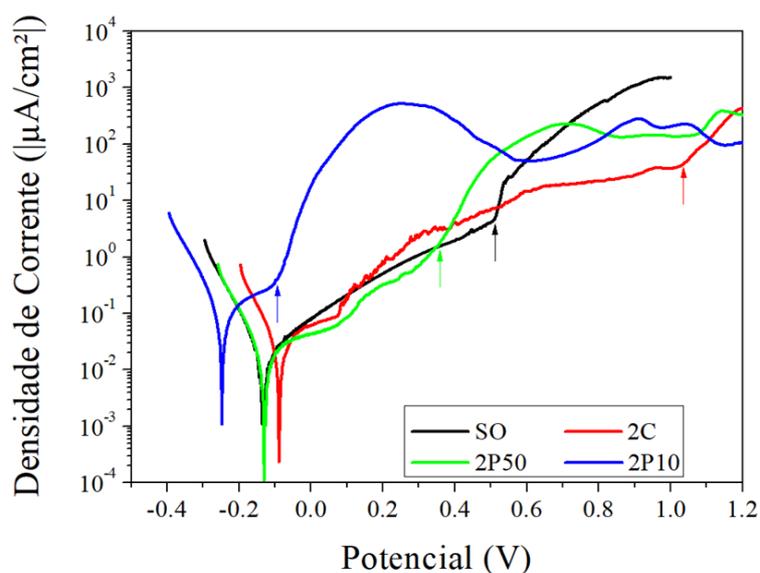
Os valores de potencial de circuito aberto são apresentados na Tabela 4. O valor de OCP indica o potencial de equilíbrio entre o eletrodo de trabalho e o eletrólito em relação ao eletrodo de referência. Potenciais maiores de OCP estão relacionados à um comportamento mais nobre, ou seja, maior resistência à corrosão (5). Verifica-se que para as condições de nitretação com maior tempo de exposição a uma atmosfera com nitrogênio exibiram potenciais de corrosão (E_{cor}) menos negativos, indicando a formação de uma camada de óxido mais protetiva (5,11). O valor de E_{cor} mais negativo foi observado na condição 2P10, sendo ainda mais negativo do que o encontrado para a condição SO. Esse comportamento da amostra 2P10 pode ser resultado da menor concentração de nitrogênio na camada, o que pode ter levado a formação de uma camada menos protetiva (6,12).

Tabela 4 – Potencial de circuito aberto de todas as condições. Fonte: Autoria própria.

| Condição | 2C | 2P50 | 2P10 | SO |
|----------------|-----|------|------|-----|
| Potencial (mV) | -29 | -47 | -146 | -95 |

As curvas de potencial em função da densidade de corrente da polarização linear são apresentadas na Figura 4 e revelam diferentes comportamentos anódicos para todas as condições avaliadas. As setas no gráfico indicam a região em que a corrente aumenta de forma acentuada, associada ao aparecimento de pites.

Figura 4 - Curvas de polarização linear (PL) de todas as condições (1 mV/s, 3.56 wt% NaCl, 20±2 °C). Fonte: Autoria própria.



Na condição SO, a curva demonstra o comportamento típico do aço inoxidável 316L: a corrente aumenta suavemente com o aumento do potencial na região anódica, mas há uma mudança abrupta na inclinação da curva ao atingir o potencial de pite (13). Por outro lado, a condição 2C apresentou menor corrente anódica em comparação com as outras condições testadas. Isso sugere que a camada nitretada ofereceu maior proteção ao material de base. Esse efeito pode ser atribuído à maior concentração de nitrogênio e à pequena precipitação de nitretos (6), bem como à espessura mais significativa da camada nitretada (12).

A condição 2P50 teve comportamento similar ao da condição SO, mas com a menor corrente anódica entre todas as condições até aproximadamente 0,35V, onde houve um aumento mais acentuado da corrente, atribuído à nucleação de pites. Diferentemente das outras condições testadas, a 2P10 apresentou um aumento abrupto da corrente logo após o potencial E_{corr} , que pode ter ocorrido pela formação de uma camada instável de óxidos na superfície devido à menor concentração de nitrogênio (6,12).

CONCLUSÃO

A partir das imagens de MEV e da análise de DRX foi possível constatar que houve a formação da camada nitretada dupla em todas as condições de nitretação avaliadas. Além disso, as imagens de MEV permitiram observar que as condições 2P50 e 2P10 apresentaram uma redução significativa no número de trincas. Os resultados de medição de camada e de DRX mostraram que ao realizar a nitretação com fluxo intermitente de nitrogênio há uma tendência de diminuição da espessura da camada e da expansão do reticulado, resultado do menor tempo de exposição a uma atmosfera com nitrogênio. A dureza superficial das amostras nitretadas foi de aproximadamente 4 vezes o valor da amostra SO (3,3GPa), em que mesmo a condição 2P10 apresentou dureza de 11,6GPa, valor próximo do obtido para as condições 2C e 2P50 de 12,9 GPa e 12,0GPa, respectivamente.

A condição 2C exibiu o melhor comportamento durante os ensaios de polarização linear, com maior potencial de corrosão e de pite. A condição 2P50 apresentou comportamento similar ao da condição 2C, mas com valor de E_{corr} menor e um aumento repentino da corrente anódica, indicando a formação de pites. Por fim, a condição 2P10 apresentou um aumento da corrente anódica próximo ao valor de E_{corr} . Esse comportamento pode ter ocorrido pela menor concentração de nitrogênio na camada, o que resultou em menor proteção na presença de íons de cloro.

Portanto, a nitretação com fluxo intermitente de nitrogênio permitiu o controle da concentração de nitrogênio na camada, resultando em uma tendência de menor aumento da espessura da camada e da dureza superficial com a redução do duty cycle. A resistência à corrosão também foi influenciada, onde a condição 2P50 apresentou comportamento superior ao da condição SO e um pouco inferior a condição 2C. Por outro lado, com a redução do *duty cycle* para 10% ocorreu a formação de uma camada pouco protetiva.

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos são direcionados ao apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Apoio à Educação, Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico da Universidade

Tecnológica Federal do Paraná (FUNTEF). Ao Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e ao Laboratório de Propriedades Nanomecânicas da Universidade Federal do Paraná.

REFERÊNCIAS

- (1) REINDERS, Phillip Marvin; BRÄUER, Günter. A model to predict the s-phase thickness and the change in corrosion behavior toward H₂SO₄ of 316L austenitic stainless steel after plasma nitriding. **Surface and Coatings Technology**, v. 475, p. 130135, 25 dez. 2023. DOI 10.1016/j.surfcoat.2023.130135.
- (2) SPHAIR, Anna Carolina. **Nitreção por Plasma de Aço Inoxidável Austenítico com fluxo pulsado de Nitrogênio**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, 2017.
- (3) VIANNA, Andrey Matheus; BRUNETTI, Cristiano; MAFRA, Marcio; REIS, Ricardo Fernando DOS; VILLANOVA, Rodrigo Luppinaci; BERNARDELLI, Euclides Alexandre. Plasma nitriding of ISO 5832-1 stainless steel at 425 °C with intermittent nitrogen flow. **Materials Research**, v. 23, n. 5, 2020. DOI 10.1590/1980-5373-MR-2020-0249.
- (4) REIS, Ricardo Fernando DOS; MORI DA SILVA, Paulo Gabriel Heity; VILLANOVA, Rodrigo Lupinacci; VIANNA, Andrey Matheus; BERNARDELLI, Euclides Alexandre. Plasma nitriding of ISO 5832-1 stainless steel with intermittent nitrogen flow at 450°C. **Materials Research**, v. 23, n. 1, 2020. DOI 10.1590/1980-5373-MR-2019-0501.
- (5) BORGIOLO, Francesca; GALVANETTO, Emanuele; BACCI, Tiberio. Corrosion behaviour of low temperature nitrided nickel-free, AISI 200 and AISI 300 series austenitic stainless steels in NaCl solution. **Corrosion Science**, v. 136, p. 352–365, 15 maio 2018. DOI 10.1016/j.corsci.2018.03.026.
- (6) DE LAS HERAS, Evangelina; YBARRA, Gabriel; LAMAS, Diego; CABO, Amado; DALIBON, Eugenia Laura; BRÜHL, Sonia P. Plasma nitriding of 316L stainless steel in two different N₂-H₂ atmospheres - Influence on microstructure and corrosion resistance. **Surface and Coatings Technology**, v. 313, p. 47–54, 15 mar. 2017. DOI 10.1016/j.surfcoat.2017.01.037.
- (7) MANOVA, Darina; MÄNDL, Stephan. Initial phase formation during nitriding of austenitic stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 456, p. 129258, mar. 2023. DOI 10.1016/j.surfcoat.2023.129258.
- (8) CZERWIEC, T.; HE, H.; WEBER, S.; DONG, C.; MICHEL, H. On the occurrence of dual diffusion layers during plasma-assisted nitriding of austenitic stainless steel. **Surface and Coatings Technology**, v. 200, n. 18–19, p. 5289–5295, 8 maio 2006. DOI 10.1016/j.surfcoat.2005.06.014.
- (9) BORGIOLO, Francesca. The Corrosion Behavior in Different Environments of Austenitic Stainless Steels Subjected to Thermochemical Surface Treatments at Low Temperatures: An Overview. **Metals**, v. 13, n. 4, 2023. DOI 10.3390/met13040776. Acesso em: 15 maio 2024.

- (10) TSCHIPTSCHIN, André Paulo; PINEDO, Carlos Eduardo. Estrutura e propriedades do aço inoxidável austenítico AISI 316L Grau ASTM F138 nitretado sob plasma à baixa temperatura. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 63, n. 1, p. 137–141, mar. 2010. DOI 10.1590/S0370-44672010000100023.
- (11) LUIZ, Leonardo Augusto; KURELO, Bruna Corina Emanuely Schibicheski; SOUZA, Gelson Biscaia de; ANDRADE, Juliano de; MARINO, Cláudia Eliana Bruno. Effect of nitrogen plasma immersion ion implantation on the corrosion protection mechanisms of different stainless steels. **Materials Today Communications**, v. 28, p. 102655, 1 set. 2021. DOI 10.1016/j.mtcomm.2021.102655.
- (12) FOSSATI, A.; BORGIOLI, F.; GALVANETTO, E.; BACCI, T. Glow-discharge nitriding of AISI 316L austenitic stainless steel: influence of treatment time. **Surface and Coatings Technology**, v. 200, n. 11, p. 3511–3517, 15 mar. 2006. DOI 10.1016/j.surfcoat.2004.10.122.
- (13) ARAÚJO, Elieser de; BANDEIRA, Rafael Marinho; MANFRINATO, Marcos Dorigão; MORETO, Jéferson Aparecido; BORGES, Roger; VALES, Sandra dos Santos; SUZUKI, Paulo Atsushi; ROSSINO, Luciana Sgarbi. Effect of ionic plasma nitriding process on the corrosion and micro-abrasive wear behavior of AISI 316L austenitic and AISI 470 super-ferritic stainless steels. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 8, n. 2, p. 2180–2191, 1 abr. 2019. DOI 10.1016/j.jmrt.2019.02.006.

EFFECT OF PULSED NITROGEN FLOW DURING PLASMA NITRIDING ON 316L AUSTENITIC STAINLESS STEEL CORROSION RESISTANCE

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the influence of intermittent nitrogen flow during plasma nitriding on the corrosion resistance of AISI 316L stainless steel. Nitriding was carried out at 425°C, lasting 2 hours, with nitrogen pulse times (on/off), in minutes, of 02/18 (10%), 10/10 (50%), and continuous flow (100%). Samples were characterized by scanning electron microscopy (SEM), X-ray diffraction (XRD), nano-hardness, and electrochemical corrosion tests. Results showed a downward trend in layer thickness, hardness, and nitrogen concentration in the nitrided layer as the duty cycle was reduced. The conditions with a duty cycle of 100% and 50% showed an increase in potential in the open circuit potential test and a lower anodic current during linear polarization compared to the sample in the supplied state, indicating an improvement in corrosion resistance with these treatments.

Keywords: Corrosion resistance, Plasma nitriding, Intermittent nitrogen flow, 316L, Expanded austenite.