



EFEITO DOS TRATAMENTOS TÉRMICOS DE SOLUBILIZAÇÃO E ENVELHECIMENTO NA TRIBOCORROSÃO DE SUPERLIGAS DE NÍQUEL INCONEL 718

Januario, M. E.^{1,a}, Canestraro, V. M.¹, de Mendonça, L. G.¹, Nuñez de la Rosa, Y.
E.², Calabokis, O. P.², Lepiensi, C. M.¹, Borges, P. C.^{1,a}

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, CEP 81280-340.

² Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, Colômbia, 111221.

^a mjanuario@alunos.utfpr.edu.br (M. E. J); pborges@utfpr.edu.br (P. C. B.)

RESUMO

A superliga Inconel 718 é amplamente utilizada na indústria petrolífera por sua notável resistência à corrosão. No entanto, sua baixa dureza e resistência ao desgaste limitam sua aplicação, fundamento para o uso da solubilização e do envelhecimento para melhoria dessas propriedades. Contudo, é necessário verificar o efeito desses tratamentos na resistência à tribocorrosão da liga. Assim, este trabalho investigou o efeito de cinco condições de tratamentos térmicos na resistência à tribocorrosão do Inconel 718, mediante ensaios de tribocorrosão, desgaste puro e corrosão pura em meio de NaCl 3,56% (m/m). A caracterização foi feita por dureza nanoinstrumentada, interferometria óptica e microscopia eletrônica de varredura. Verificou-se que os tratamentos não impactaram significativamente a resistência à corrosão do material, sendo o desgaste abrasivo responsável pela maior fração de perda de material. Ainda, o efeito sinérgico nos tratamentos de envelhecimento mais longos ocasionou maiores perdas de material, sendo o desgaste mais influenciado pela corrosão.

Palavras-chave: Inconel 718, tratamentos térmicos, tribocorrosão, corrosão, sinergia.

INTRODUÇÃO

A tendência à diminuição gradual da disponibilidade de fontes de petróleo de extração fácil tem impulsionado adaptação dos equipamentos da indústria de gás e óleo *offshore*. Faz-se necessário modificar os materiais na fabricação de seus componentes para que suportem melhor condições agressivas e reduzam o risco de mau funcionamento e acidentes (1).

No contexto da indústria de óleo e gás, as superligas de níquel ganham destaque devido à sua capacidade de atender às rigorosas demandas de resistência à corrosão, destacando-se a liga Inconel 718 (2). No entanto, sua baixa dureza e resistência ao desgaste em estado de fornecimento são fatores limitantes em sua aplicação (3; 4). Desta maneira, é evidenciada a importância de tratamentos para que

as propriedades adequadas sejam alcançadas, dentro os quais destacam-se a solubilização e envelhecimento (5).

Apesar do envelhecimento proporcionar aumento da dureza e resistência ao desgaste, pode prejudicar a resistência à corrosão em função da precipitação de fases com potenciais eletroquímicos diferentes ou mesmo formação de regiões com depleção ou aumento do teor dos elementos de liga (6, 7). Destarte, uma maior compreensão quanto ao comportamento de resistência à tribocorrosão, corrosão e desgaste do material após os processos de endurecimento empregados é crucial para que se atinjam parâmetros seguros de performance e segurança.

Neste trabalho é investigado o efeito de cinco condições de tratamento térmico na resistência à tribocorrosão, corrosão e desgaste do Inconel 718 em meio de cloreto de sódio (3,56%, m/m).

MATERIAIS E MÉTODOS

O Inconel 718 utilizado no estudo foi recebido em barras laminadas de 14,6 cm de diâmetro, dos quais foram obtidos discos de 5 mm de espessura por eletroerosão a fio e realizado o corte com jato d'água para obtenção de amostras nas dimensões aproximadas de com 20 x 20 x 5 mm. Sua composição química foi previamente determinada pela técnica de fluorescência de raios X (FRX) no equipamento *Olympus Vanta series M*. (8), constando na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química percentual da liga Inconel 718 determinada por fluorescência de raios X

Ni	Cr	Fe	Nb	Mo	Ti	Al	Co
53,45	18,28	18,81	4,94	2,93	0,93	0,5	0,23

Os tratamentos térmicos aplicados constam na Tabela 2, depois dos quais as amostras foram lixadas com lixa de SiC até a granulometria de 2500 mesh, e polidas com diamante em suspensão monocristalino de 1 µm e finalizado em suspensão de alumina 0,05 µm. Foram então limpas em banho ultrassônico com água destilada e álcool diluído à 20% por 10 minutos, com posterior secagem por convecção forçada de ar quente.

Tabela 2 - Condições selecionadas para ensaios de desempenho

Condição de tratamento	Denominação
Solubilizada à 1040 °C (1 h)	EF-S
Envelhecida à 720 °C (8 h)	S720-1
Envelhecida à 720 °C (48 h)	S720-2
Envelhecida à 720 °C (8 h) + 620 °C (8 h)	D620-1
Envelhecida à 720 °C (8 h) + 620 °C (96 h)	D620-2

A avaliação da morfologia da superfície e das pistas de corrosão deu-se por microscopia ótica (*Olympus BX51M, Olympus Corporation Shinjuku Monolith*) e microscopia eletrônica de varredura (*Zeiss EVO MA 15, Carl Zeiss*). Utilizou-se a técnica complementar de espectroscopia por energia dispersiva de raios X para análise química semiquantitativa da composição em regiões determinadas das amostras (*EDS X-Max 80*). A análise topográfica da superfície e quantificação do desgaste por corrosão e tribocorrosão foram realizadas por interferometria óptica (*Talysurf CCI lite Non-contact 3D Profilometer, Taylor Hobson*).

A dureza nanoinstrumentada (*Zwick-Roell ZNH nanoindenter®*, GmbH & Co. KG). foi conduzida para obtenção da dureza e módulo de elasticidade em cada amostra pelo o método QSCM (*quase-continuous stiffness measurement*), utilizando um indentador piramidal de diamante com geometria Berkovich e uma matriz 6 x 6 totalizando 36 medições espaçadas em 50 µm e com a carga máxima de 400 mN.

A metodologia para avaliação da tribocorrosão, configuração dos ensaios e seus componentes e equações para cálculo dos parâmetros de interesse se deu de maneira similar a estudos anteriores (9, 10), sendo realizado em três etapas diferentes: ensaios de tribocorrosão, ensaios de corrosão pura (polarização potenciodinâmica) e ensaios de desgaste puro (sob polarização catódica) em meio de cloreto de sódio (NaCl) 3,56% (m/m).

Para simular a condição de abertura e fechamento de uma válvula, nos ensaios de desgaste puro (sob polarização catódica) e de tribocorrosão foi realizado o deslizamento intermitente, empregando esferas de nitreto de silício (Si₃N₄) com 10 mm como contra corpo, com carga de 2 N.

Os ensaios eletroquímicos de potencial de circuito aberto (PCA) e resistência à polarização linear (RPL) (*EmStat3, PalmSens*) foram utilizados para monitorar o potencial e avaliar resistência à polarização sem deslizamento e com deslizamento intermitente ao longo dos ensaios de tribocorrosão, respectivamente. Todos os

potenciais apresentados nos resultados são referentes ao potencial de Ag/AgCl saturado (+209 mV vs. NHE).

Nos ensaios de corrosão pura, após o monitoramento do potencial por uma hora, foi iniciada a varredura em -200 mV E_{PCA} (potencial de circuito aberto), com uma taxa de varredura de 1mV/s.

Os ensaios de desgaste puro foram realizados considerando o potencial de polarização catódica usualmente utilizado nos equipamentos *offshore* (10, 11), sendo de -0,8 V versus o E_{corr} . No início do ensaio foi realizada a medição do E_{PCA} por 10 minutos, sendo então aplicado o potencial catódico até o fim do experimento. Após os ensaios, as amostras foram limpas como descrito anteriormente, sendo armazenadas até o momento das análises das pistas de desgaste.

Para análise estatística dos resultados obtidos foi aplicado o teste-t *student* utilizando o software *Microsoft Excel* com $\alpha = 0,05$ entre as amostras da mesma condição a fim de verificar a significância da diferença entre as médias de seus resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de dureza instrumentada estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados de dureza nanoinstrumentada da liga Inconel 718 com diferentes tratamentos térmicos

Condição	EF-S	S720-1	S720-2	D620-1	D620-2
Dureza (GPa)	3,07 ± 0,06	5,08 ± 0,08	4,95 ± 0,08	5,46 ± 0,07	5,52 ± 0,08

Para as condições de envelhecimento simples o teste estatístico resultou em valores equivalentes, sem diferença significativa entre as médias. Para o duplo envelhecimento as médias não foram equivalentes, sugerindo então que a amostra ainda estava com tendência de endurecimento.

Segundo um estudo quanto aos efeitos da exposição térmica na microestrutura e dureza do Inconel 718 (13), o aumento na dureza observado nos tratamentos de duplo envelhecimento, quando comparado aos do envelhecimento simples, tem relação com a presença de elementos dissolvidos e precipitados na matriz do material, de forma a reduzir a mobilidade de discordâncias, além da precipitação da fase γ'' predominantemente no segundo patamar de temperatura (620 °C) de tratamento.

A Tabela 3 contém alguns dos parâmetros eletroquímicos obtidos, dos quais têm-se que os tratamentos de envelhecimento prejudicam a resistência à corrosão localizada ao promover o deslocamento do potencial de transpassivação (E_{trans}) para potenciais menores. No estudo que avaliou a corrosão por pites da liga Inconel 718 submetida à tratamentos térmicos (14) foi sugerido que esse comportamento ocorre devido a precipitação causada pelo tratamento de envelhecimento.

Considerando a dispersão de resultados da Tabela 3, o E_{corr} e i_{corr} apresentaram valores semelhantes entre as condições estudadas. As curvas de polarização (Figura 1) apresentaram a região de passivação característica de ligas passiváveis para todos os tratamentos. Assim, esta liga de níquel apresenta uma estabilidade dos filmes formados na superfície, algo também observado no estudo do comportamento em tribocorrosão de três superligas de níquel (15).

Figura 1 - Curvas de polarização potenciodinâmica representativas das amostras de Inconel 718 sob diferentes tratamentos térmicos

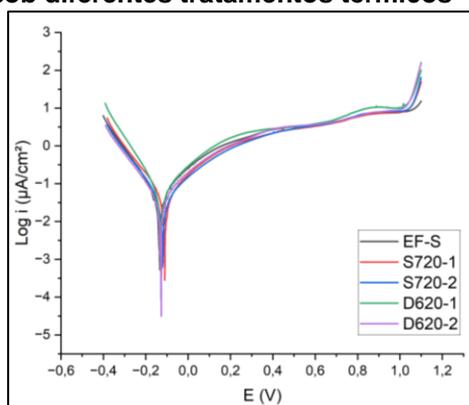


Tabela 3 – Parâmetros de potencial, corrente e densidade de corrente obtidos nos ensaios de polarização potenciodinâmica da liga Inconel 718 com diferentes tratamentos térmicos

Condição	E_{corr} (V)	i_{corr} ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	E_{trans} (V)	Taxa de corrosão ($\times 10^{-2}$ mm/ano)
EF-S	$-0,134 \pm 0,001$	$(3,88 \pm 0,04) \times 10^{-8}$	$1,090 \pm 0,005$	$0,0400 \pm 0,0004$
S720-1	$-0,117 \pm 0,040$	$(2,25 \pm 1,29) \times 10^{-8}$	$1,057 \pm 0,011$	$0,02 \pm 0,01$
S720-2	$-0,136 \pm 0,025$	$(3,24 \pm 1,16) \times 10^{-8}$	$1,042 \pm 0,003$	$0,03 \pm 0,01$
D620-1	$-0,150 \pm 0,030$	$(4,73 \pm 1,29) \times 10^{-8}$	$1,038 \pm 0,011$	$0,05 \pm 0,01$
D620-2	$-0,112 \pm 0,022$	$(2,37 \pm 0,53) \times 10^{-8}$	$1,031 \pm 0,011$	$0,02 \pm 0,01$

As pistas de desgaste dos ensaios sob polarização catódica e em PCA podem ser observadas na Figura 2. Em ambos os casos foi constatada a presença de inúmeros sulcos, indicando a abrasão como tipo de desgaste predominante. Além disso, foram observados indícios do mecanismo *stick-slip* em diversos pontos das trilhas de desgaste, onde ocorreu a adesão (Figura 3.b) seguida de deslizamento

relativo entre as superfícies de forma cíclica, levando ao arrancamento do tribofilme e do substrato (Figura 3.a e Figura 4), consequentemente acelerando o desgaste.

Figura 2 – Pistas de desgaste após o ensaio sob polarização catódica em -0,8 V vs PCA (a – e) e em potencial de circuito aberto (f – j), sendo a e f) EF-S, b e g) S720-1, c e h) S720-2, d e i) D620-1 e e j) D620-2

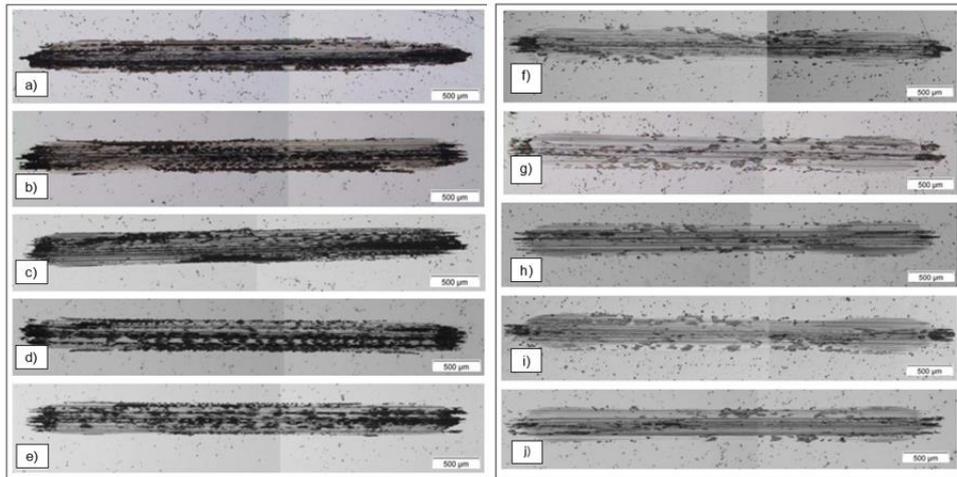


Figura 3 - Micrografias da pista de deslizamento sob polarização catódica (-0,8V vs PCA) de uma amostra de Inconel 718 envelhecida à 720 °C por 8 h, sendo a) no modo elétrons retroespalhados e b) no modo elétrons secundários

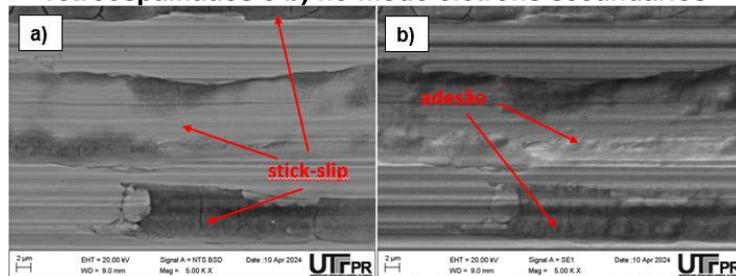
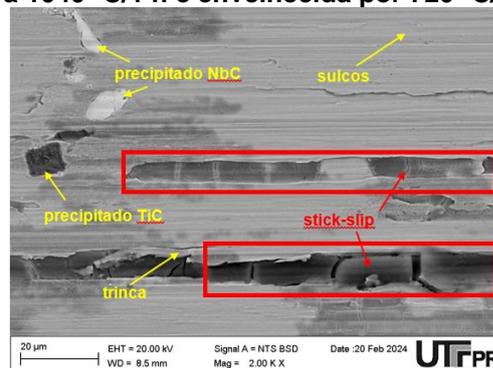


Figura 4 - Micrografia da pista de deslizamento sob polarização catódica de uma amostra de Inconel 718 solubilizada à 1040 °C/1 h e envelhecida por 720 °C/8 h e 620 °C/96 h



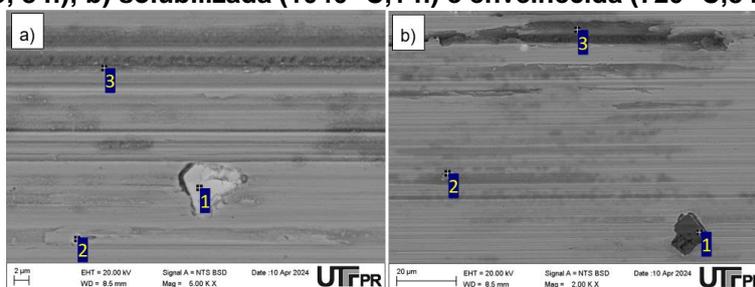
Além disso, a formação de um tribofilme em todas as condições em ambos os ensaios (sob polarização catódica e em PCA) foi evidenciada pela presença de oxigênio na análise EDS. Na Tabela 4 se apresentam os resultados de EDS para as pistas da Figura 5 sob polarização catódica das condições de duplo envelhecimento.

Nas pistas em PCA (não apresentadas) houve menor conteúdo de oxigênio comparadas com as de polarização catódica.

Tabela 4 – Relação da composição dos pontos demarcados nas amostras de Inconel 718 relacionadas na Figura 3 obtidas por EDS

Fig. 3	C	O	Mg	Al	Si	Ti	Cr	Fe	Ni	Nb
a) ponto 1	20.26	-	-	-	-	4.18	0.53	0.49	1.32	73.21
a) ponto 2	17.87	2.38	-	-	-	6.96	1.33	1.15	2.55	67.76
a) ponto 3	7.67	11.97	0.38	0.34	0.61	0.83	15.08	15.58	44.38	3.15
b) ponto 1	-	10.76	-	-	-	56.39	0.82	0.51	1.30	15.94
b) ponto 2	-	31.42	0.22	-	0.75	5.45	2.43	2.29	5.45	51.98
b) ponto 3	6.64	21.53	0.48	0.30	1.81	0.73	14.10	13.76	37.10	3.29

Figura 5 – Micrografias da pista de deslizamento sob polarização catódica de amostras de Inconel 718 sob duplo envelhecimento sendo: a) solubilizada (1040 °C,1 h) e envelhecida (720 °C,8 h + 620 °C, 8 h); b) solubilizada (1040 °C,1 h) e envelhecida (720 °C,8 h + 620 °C, 96 h)

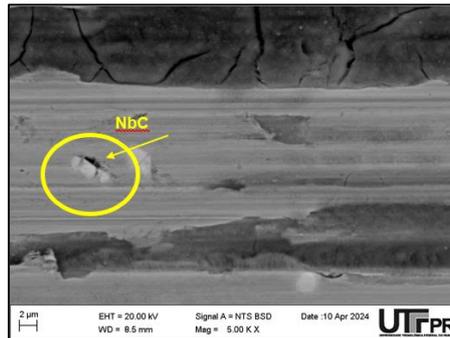


Uma composição similar (no interior das pistas) foi observada no mesmo estudo citado previamente (15) que monitorou a participação desses elementos no filme formado durante os ensaios de polarização catódica, em PCA e em potencial anódico, sendo estes valores significativos para o mecanismo e taxa de perda de material.

A Figura 6 ilustra um comportamento observado em todas as amostras sob tribocorrosão, onde trincas foram formadas na periferia dos precipitados, sugerindo que a corrosão pode facilitar seu destacamento, aumentando o desgaste no material ao induzir desgaste de 3 corpos.

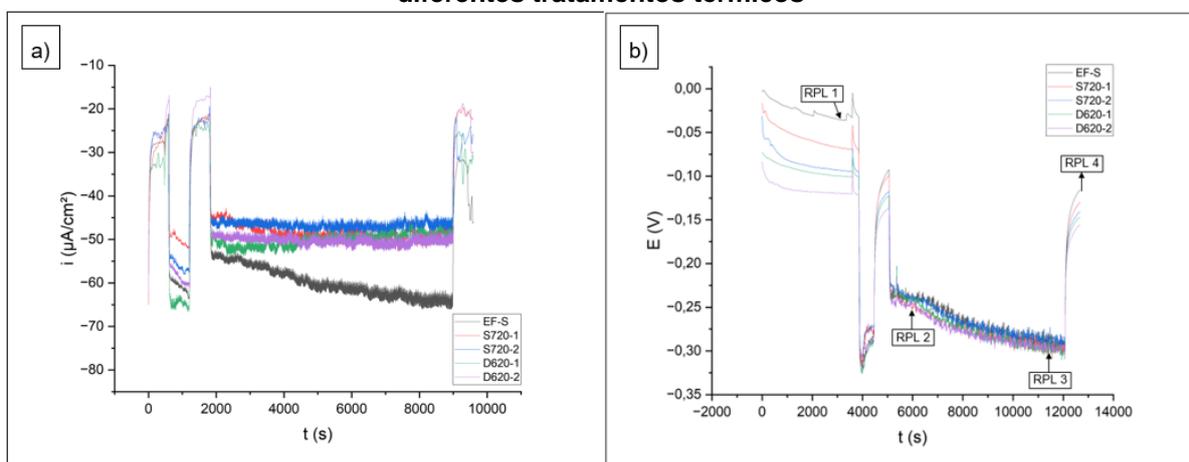
Averiguou-se que os valores de coeficiente de atrito no ensaio de tribocorrosão e polarização catódica ficaram no intervalo 0,6 – 0,7 para todas as condições testadas, confirmado pelo teste estatístico, revelando relativa consistência no desempenho tribológico do material independente do tratamento térmico. Esse resultado é análogo ao encontrado em outros trabalhos (16, 17) onde o comportamento tribológico da liga Inconel 718 após diferentes tratamentos térmicos foi avaliado, indicando que os tratamentos térmicos não causam grandes diferenças no quesito coeficiente de atrito.

Figura 6 – Evidências do a) destacamento e b) deposição de precipitado de TiN na superfície da liga Inconel 718 solubilizada à 1040 °C/1 h e envelhecida à 720 °C/8 h e 620 °C/96 h



Quanto à densidade de corrente observada no ensaio de desgaste puro, da Figura 7.a constata-se que durante todo o ensaio os valores observados se mantêm dentro da região catódica, indicando a inibição da corrosão. Já nos ensaios PCA (Figura 7.b), verifica-se que diferente do comportamento observado nos ensaios de desgaste puro nos quais os parâmetros eletroquímicos tendem a retornar ao patamar inicial após cessado o deslizamento, todas as amostras encontram-se em patamares menores em relação ao potencial em que iniciaram, indicando mudanças na superfície do material.

Figura 7 – Gráficos dos ensaios de densidade de corrente em função do tempo e potencial em função do tempo dos ensaios de a) desgaste puro e b) tribocorrosão da liga Inconel 718 com diferentes tratamentos térmicos

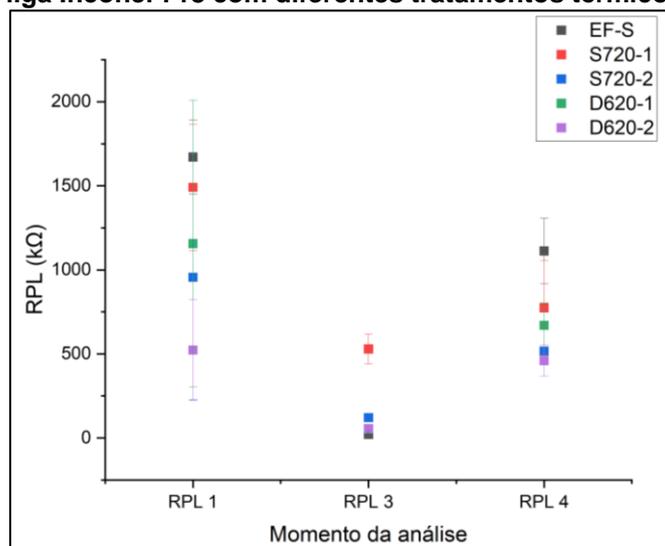


No primeiro deslizamento, após a queda brusca devido ao rompimento da camada passiva, todas as condições apresentaram um aumento no potencial monitorado, indicando a tentativa de recuperação do material. Já no segundo deslizamento, ocorreu uma queda constante no potencial até o fim da sollicitação mecânica. Esse fenômeno foi caracterizado como deslocamento catódico decorrente do aumento das áreas de remoção do filme passivo (área ativa) e do subsequente estabelecimento de um acoplamento galvânico entre as áreas despassivadas e

passivadas, que correspondem, respectivamente, à pista de deslizamento e à região circundante (22).

Os resultados de resistência à polarização do ensaio de tribocorrosão podem ser observados na Figura 8. O aumento na taxa de corrosão (queda da resistência a polarização) advindo do dano ao filme passivo pela ação mecânica do contracorpo durante o deslizamento pode ser evidenciado pela redução da resistência a polarização entre o ensaio realizado sem deslizamento (RPL 1) e com deslizamento (RPL 3). Nota-se também pelo RPL 3 que a condição S720-1 obteve menor queda da resistência à polarização do que as demais condições durante o deslizamento. A sobreposição das barras de erros no RPL 4 entre S720-2 e D620-2 e entre EF-S, S720-1 e D620-1, indica que os materiais apresentaram valores semelhantes em termos de recuperação da resistência à polarização após o deslizamento, sendo menor para as amostras tratadas por maiores períodos.

Figura 8 – Parâmetros de resistência à polarização ($k\Omega$) durante o ensaio de tribocorrosão da liga Inconel 718 com diferentes tratamentos térmicos

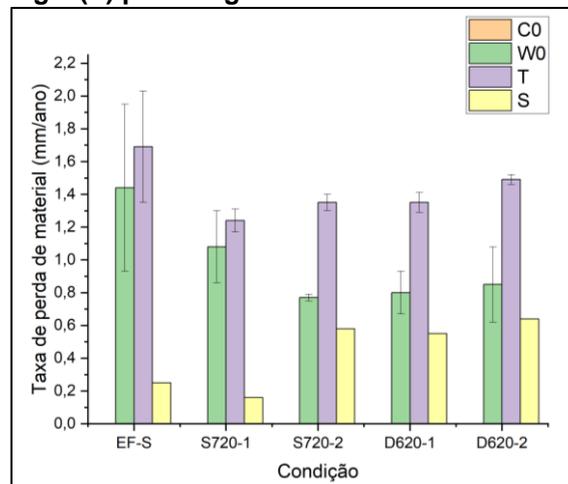


Uma análise abrangente dos resultados evidencia um acréscimo na taxa global de perda de material devido ao efeito sinérgico entre a corrosão e o desgaste, sendo o sinergismo maior quanto mais prolongado o tratamento térmico aplicado à amostra (Figura 9).

O desgaste foi responsável pela maior fração na perda de material, sendo ainda acelerado pela corrosão. O mesmo efeito sinérgico foi observado no trabalho que analisou o efeito dos tratamentos térmicos na resistência à tribocorrosão da liga Inconel 718 fabricada por diferentes técnicas (18), onde houve evidências de que há

uma maior influência da corrosão sobre o desgaste, do que o desgaste sobre a corrosão.

Figura 9 – Resumo dos resultados de desgaste tribocorrosivo (T), desgaste puro (W₀), corrosão pura (C₀) e sinergia (S) para a liga Inconel 718 com diferentes tratamentos térmicos



CONCLUSÕES

Este trabalho investigou o efeito de tratamentos térmicos de envelhecimento e solubilização na resistência à tribocorrosão da liga Inconel 718.

Verificou-se que maiores períodos de tratamento térmico reduziram o potencial de quebra da camada passiva do material, de modo que mais investigações são necessárias para verificar se há influência na resistência à corrosão localizada. No entanto não foram observadas diferenças significativas nos potenciais e densidades de corrosão entre as condições.

Nos ensaios de desgaste, constatou-se que tanto no ensaio sob polarização catódica (desgaste mecânico sem corrosão), quanto no ensaio de tribocorrosão, o tipo de desgaste predominante foi o abrasivo, contando também com a contribuição da adesão. O coeficiente de atrito em ambas as condições permaneceu constante, sugerindo estabilidade da resistência ao atrito da liga mesmo com diferentes tratamentos térmicos.

Por fim, verificou-se tempos de tratamento de envelhecimento mais longos aumentam a perda de material por tribocorrosão devido ao efeito combinado de desgaste e corrosão, sendo o desgaste mais afetado pela corrosão. A condição S720-1 apresentou a melhor resistência à tribocorrosão, com menor perda de material, boa resistência à corrosão e tempo de tratamento mais curto, apesar da maior propensão ao desgaste puro.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). Também ao Centro Multiusuário de Caracterização de Materiais (CMCM) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

REFERÊNCIAS

- (1) MARCHEBOIS, H., LEYER, J., ORLANS-JOLIET, B., DELETOMBE, P., LANGRILL, C., DE MONTLEBER, D. **SSC Performance of a Super 13% Cr Martensitic Stainless Steel: Influence of PH₂S, pH, and Chloride Content**. *SPE International Oilfield Corrosion Symposium*, Aberdeen, UK, Maio, 2006.
- (2) ACKA, E., GURSEL, A. **A Review on Superalloys and IN718 Nickel-Based INCONEL Superalloy**. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, v. 3 (1), p. 15-27, 2013.
- (3) KAHRAMAN, G., KARADENIZ, S., **Characterization and wear behavior of plasma nitrided nickel based dental alloy**. *Plasma Chem Plasma Process*, v. 31, p. 595-604, 2011.
- (4) AMANOV, A. **Improvement in mechanical properties and fretting wear of Inconel 718 superalloy by ultrasonic nanocrystal surface modification**. *Wear*, v. 446 – 447, 2020.
- (5) GONÇALVES, F. A. R. **Estudo do comportamento mecânico e microestrutural da superliga inconel 718 após tratamento térmico de duplo envelhecimento**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2015.
- (6) BAIN, E. C. **Functions of the alloying elements in steel (4th edition)**. Pittsburgh: ASM, 1945.
- (7) ALANO, J. H. **Efeito da precipitação de fase secundária na resistência à corrosão da superliga UNS N6455**. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.
- (8) NUÑEZ DE LA ROSA, Y. E., CALABOKIS, O. P., BALLESTEROS-BALLESTEROS, V., TAFUR, C. L., BORGES, P. C. **Assessment of the Pitting, Crevice Corrosion, and Mechanical Properties of Low-Temperature Plasma-Nitrided Inconel Alloy 718**. *Metals*, v. 13 (7), p. 1172, 2023.
- (9) POSSOLI, F. A. A. **Tribocorrosão em meio salino do aço superduplex UNS S32750 nitretado por plasma em baixas temperaturas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Curitiba, 2020.
- (10) RIBEIRO, J. J. K. **Efeito de tratamentos isotérmicos no comportamento em corrosão, tribologia e tribocorrosão do aço inoxidável duplex UNS S32205**. Tese (doutorado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023.
- (11) AMIN, M. A., EL-BAGOURY, N., SARACOGLY, M., RAMADAN, M. **Electrochemical and Corrosion Behavior of cast Re-containing Inconel 718 Alloys in Sulphuric Acid Solutions and the Effect of CL⁻**. *International Journal of Electrochemical Science*, v. 9, p. 5352 – 5374, 2014.

- (12) LI, J., LU, Y. H., TU, X. H., LI, W. **The effect of subsurface degradation on tribocorrosion behaviors of Inconel 690 in 3.5% sodium chloride.** *Wear*, v. 414 – 415, p. 289-295, 2018.
- (13) CHEN, Z., PENG, R., AVDOVIC, P., ZHOU, J., MOVERARE, J., KARLSSON, F., JOHANSSON, S. **Effect of thermal exposure on microstructure and nano-hardness of broached Inconel 718**, 2014, *MATEC Web of Conferences Vol. 14 (2014) EUROSUPERALLOYS 2014 – 2nd European Symposium on Superalloys and their Applications: Session 8: Recrystallization and Grain Growth*, 08002-p.1-08002-p.6.
- (14) CALIARI, F. R., DA ROSA, E. F., DA SILVA, M. A., REIS, D. A. P. **ANALYSIS OF PITTING CORROSION ON AN INCONEL 718 ALLOY SUBMITTED TO AGING HEAT TREATMENT.** *Tecnol. Metal. Mater. Miner., São Paulo*, v. 11, n. 3, p. 189-194, 2014.
- (15) WANG, X.Z., JIANG, Y., WANG, Y., YE, C., DU, C.F. **Probing the tribocorrosion behaviors of three nickel-based superalloys in sodium chloride solution.** *Tribology International*, 172, 107581, 2022.
- (16) STRZELCZAK, K., DUDEK, A. **The structure and coefficient of friction of welded nickel alloys inconel 625 and inconel 718.** *Tribologia*, v. 285 (5), p. 109 – 115, 2018.
- (17) XU, Z., LU, Z., ZHANG, J., LI, D., LIU, J., LIN, C. **The Friction and Wear Behaviours of Inconel 718 Superalloys at Elevated Temperature.** *Frontiers in Materials*, v. 8, p. 1 – 11, 2021.
- (18) SIDDAIAH, A., KASAR, A., KUMAR, P., AKRAM, J., MISRA, M., MENEZES, P. L. **Tribocorrosion behavior of inconel 718 fabricated by laser powder bed fusion-based additive manufacturing.** *Coatings*, v. 11(2), p. 195 - 204, 2021.

EFFECT OF SOLUBILIZATION AND AGING HEAT TREATMENTS ON THE TRIBOCORROSION OF INCONEL 718 NICKEL SUPERALLOYS

ABSTRACT

The super Inconel 718 superalloy is widely used in the oil industry due to its remarkable corrosion resistance. However, its low hardness and wear resistance limit its application, which is the basis for the use of solution treatment and aging to improve these properties. However, it is necessary to verify the effect of these treatments on the alloy's tribocorrosion resistance. Thus, this study investigated the effect of five heat treatment conditions on the tribocorrosion resistance of Inconel 718, through tribocorrosion, pure wear and pure corrosion tests in 3.56% (w/w) NaCl medium. The characterization was performed by nanoinstrumented hardness, optical interferometry and scanning electron microscopy. It was found that the treatments did not significantly impact the corrosion resistance of the material, with abrasive wear being responsible for the largest fraction of material loss. Furthermore, the synergistic effect in longer treatments caused greater material losses, with wear being more influenced by corrosion.

Keywords: Inconel 718, heat treatments, tribocorrosion, corrosion, synergy.