COMPORTAMENTO TRIBOCORROSIVO DE MÁTERIAS METÁLICOS-ENSAIO EM TRIBÔMETRO TIPO PINO SOBRE DISCO

João Victor Machado Gonçalves, Silviane Caroline Fiorani Gorski, Julio Cesar Giubilei Milan

INTRODUÇÃO

Os aços inoxidáveis são materiais amplamente utilizados na indústria médico-odontológica devido às suas propriedades de resistência à corrosão e biocompatibilidade. Os martensíticos são os mais indicados para instrumentação cirúrgica devido às propriedades mecânicas, resistência ao desgaste mas são menos eficientes em relação a resistência à corrosão. Este trabalho teve como propósito a aplicação e avaliação de um filme fino de aço inoxidável AISI 316 em um substrato de um aço martensítico 42010 como processo alternativo aos aços inoxidáveis com altos teores elementos de liga, visando um material com elevada capacidade protetiva sem prejuízo a resistência ao desgaste do substrato revestido. O filme fino foi depositado utilizando a técnica de deposição por magnetron sputtering.

Nesse sentido, diversos autores destacam em seus estudos melhorias significativas, como a redução do atrito, o aumento da dureza de superfície e a obtenção de uma adesão satisfatória de filmes austeníticos depositados sobre substratos variados (Cusensa et al., 2007; Schroeder et al., 2018; Garzón et al., 2020; Peña et al., 2022; Gorski et. al, 2024).

Embora investigações sobre a resistência à corrosão de materiais revestidos com aços inoxidáveis autênticos (como o 304 e o 316), aços com alto teor de níquel e aços inoxidáveis nano cristalinos tenham demonstrado benefícios expressivos na capacidade protetiva de substratos de baixo e médio carbono, o efeito dos filmes de aços inoxidáveis aplicados especificamente sobre substratos de aços inoxidáveis martensíticos, como o S42010, ainda permanece pouco explorado na literatura (Yoo et al., 2002; Seelam; Surynarayana, 2013; Pan; Liu; Wang, 2013; Hug et al., 2017; Gupta et al., 2021; Serna-Manrique et al., 2022).

DESENVOLVIMENTO

Para avaliação do material revestido foram realizados ensaios de desgaste por deslizamento do tipo pino sobre disco, que foram realizados a temperatura ambiente e sem lubrificação, em conformidade com a norma ASTM G99-05. Foram avaliadas três condições de materiais, sendo três amostras ensaiadas para cada condição: aço inoxidável 316, aço inoxidável S42010 e aço inoxidável S42010 revestido com filme de 316. Os ensaios utilizaram uma esfera de alumina polida com diâmetro de 6,0 mm como contra corpo, sob uma carga aplicada de 2 N, velocidade de deslizamento de 0,05 m/s e distância de deslizamento total de 10 m. Durante os ensaios, o coeficiente de atrito foi monitorado. Após os ensaios, o desgaste quantificado, por meio da área da pista de desgaste obtida em microscópio confocal.

Paralelamente, a resistência à corrosão foi avaliada por meio de ensaios eletroquímicos realizados em um potenciostato Gamry, modelo IFC1010-E, acoplado aos softwares Gamry Instruments Framework e Echem Analyst. A sequência experimental iniciou-se com o ensaio de potencial de circuito aberto (OCP) por 3600 segundos para a estabilização do sistema. Posteriormente realizou-se o ensaio de polarização potenciodinâmica anódica em solução de 3,5% de NaCl, com varredura desde o potencial catódico.

RESULTADOS

A figura 1 apresenta os gráficos de coeficiente de atrito e profundidade de desgaste em função da distância de deslizamento para as condições avaliadas, aço 316, aço S42010 e aço S42010 revestido em duas condições de deposição do filme, DC e 150 KHz. Nota-se que as amostras revestidas apresentaram um coeficiente de atrito significativamente inferior aos das amostras sem revestimento, permanecendo desta forma por todo período dos ensaios. Já as amostras sem revestimento apresentaram dois regimes distintos, inicialmente o coeficiente de atrito apresentou valores baixos, semelhantes as amostras revestidas, porém, no decorrer dos ensaios o coeficiente de atrito aumentou consideravelmente chegando a valores 5 vezes maiores. Por meio de medições via microscopia confocal, foi possível determinar a profundidade de desgaste das amostras com camada de 3,50 µm. Observou-se que a condição 150 kHz apresentou a maior profundidade de desgaste (média de 3,19 µm), aproximando-se da espessura total do filme, enquanto a condição DC registrou um desgaste médio inferior (2,26 µm), porém com maior dispersão. Em contrapartida, os aços base AISI 420 e AISI 316 apresentaram valores médios de profundidade de -0,96 µm e -0,90 µm, respectivamente. Esses resultados evidenciam que os revestimentos mantiveram boa integridade superficial e protegeram eficientemente os substratos (figura 01). A Figura 2 apresenta as curvas de polarização potenciodinâmica, que avaliam a resistência à corrosão. Em termos práticos, quanto mais para a esquerda (menor corrente) e mais para cima (maior potencial) a curva estiver, melhor é a resistência do material contra a corrosão.

Analisando o gráfico, destaca-se o filme fino - condição DC (curva vermelha), que apresentou o melhor desempenho geral, com o maior potencial de corrosão e a menor densidade de corrente. Isso significa que esse revestimento funcionou como uma barreira efetiva, dificultando o início e o avanço da corrosão em comparação aos outros materiais.

Por outro lado, os materiais sem revestimento (Substrato 316 e Substrato S42010) e a amostra com filme fino – 150 kHz (curva azul) apresentaram curvas mais deslocadas para a direita e para baixo. Isso indica que eles são mais suscetíveis à degradação e corroem de forma mais rápida.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os ensaios tribológicos evidenciaram que as amostras com aplicação do filme apresentaram uma redução significativa no coeficiente de atrito e menor severidade de desgaste nas condições revestidas em comparação aos substratos sem revestimento. Já os testes eletroquímicos demonstraram que o revestimento obtido na condição DC exerceu excelente proteção de barreira, elevando a resistência à corrosão do sistema. Desse modo, a técnica apresentou-se como uma alternativa viável para conferir alta capacidade protetiva e resistência mecânica a aços de menor liga.

Palavras-chave: Resistência ao desgaste; Magnetron sputtering; Aço inoxidável; Resistência à corrosão.

ANEXOS

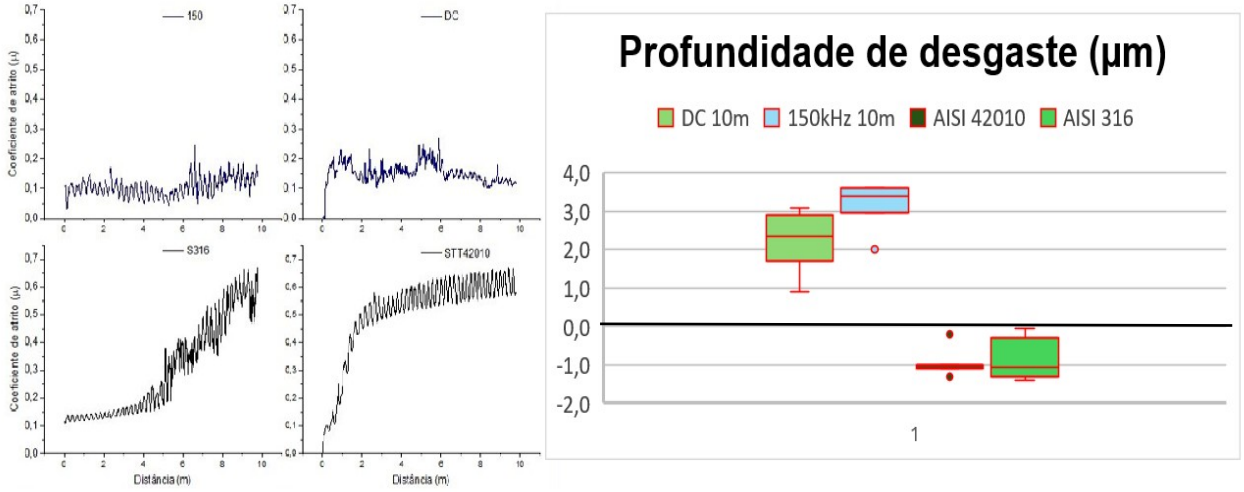


***Figura 1**- Coeficiente de atrito e profundidade de desgaste das amostras analisadas.*

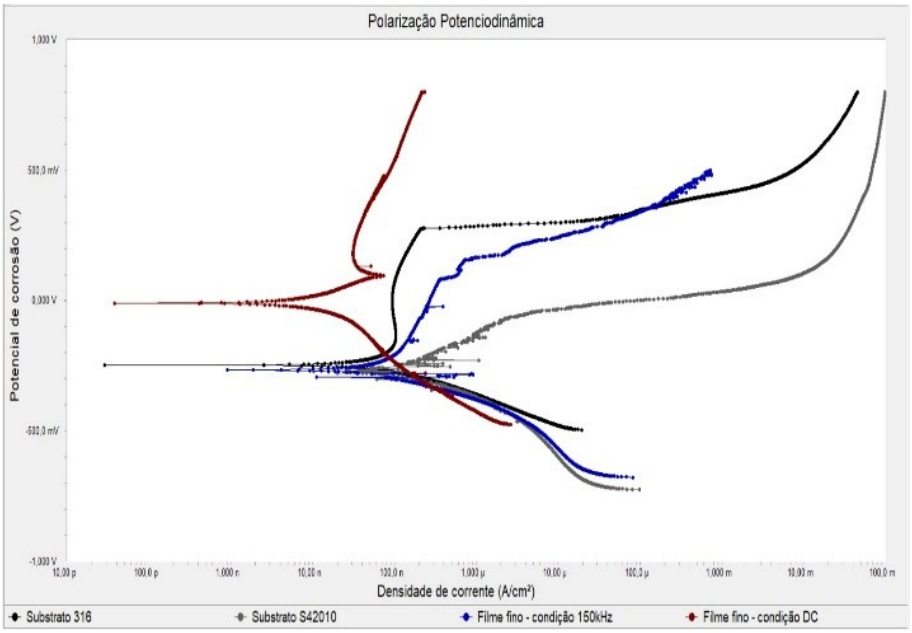


***Figura 2**- Curva de polarização potenciodinâmica*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Schroeder MV, Recco AA, Garzón CM. Tailoring the phase fractions by tuning the pulse frequency in stainless steel films obtained from an 316L target by pulsed-DC magnetron sputtering. *Mater Lett.* 2018;230:20-3.

Garzón CM, Vergara GA, Recco AA. The effect of nitrogen flow rate on the loadbearing capacity from nano-to macro-hardness of austenitic stainless steels magnetron sputtering-coated with stainless steel films. *Mater Res.* 2020;23(3):e20190453.

ESPAÑA PEÑA, C. L.; RECCO, A. A.; OLAYA FLÓREZ, J. J. Tribological evaluation of ferritic-austenitic stainless steel coatings with different percentages of silver. **Materials Research**, v. 25, e20220078, 2022.

ASTM INTERNATIONAL. ASTM G99-05: Standard Test Method for Wear Testing with a Pin-on-Disk Apparatus. West Conshohocken, PA, 2005.

GORSKI, Silviane CF et al. Tribological and corrosion behavior of AISI 1045 coated with AISI 316 film produced by Triode Magnetron Sputtering. **Materials Research**, v. 27, p. e20230359, 2024.