

## **COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DE FILMES DE AÇO INOXIDÁVEL 316L DEPOSITADO POR PLASMA EM AÇO 1045 E AÇO INOXIDÁVEL 316L**

Bruno Nunes <sup>2</sup>, Júlio César Giubilei Milan <sup>3</sup>, Silviane Caroline Fiorani Gorski <sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Vinculado ao projeto “Comportamento tribológico de aços ferramenta obtidos por rotas de fabricação distintas – desgaste por deslizamento”

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Engenharia Mecânica – CCT - bolsista PIBIC/CNPq

<sup>3</sup> Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica, CCT – julio.milan@udesc.br

<sup>4</sup> Doutoranda em Ciência e Engenharia dos Materiais – PGCEM/CCT

Na necessidade de se produzir máquinas e componentes com maior vida útil e melhor desempenho, uma solução utilizada é a aplicação de revestimentos que propiciam proteção a superfície e evitam falhas devido ao desgaste. A corrosão, juntamente com os diversos mecanismos de desgaste existentes, afeta grande parte dos aços utilizados na indústria, deteriorando o material gradativamente. Na tentativa de fornecer uma alternativa eficiente e economicamente viável para contornar este problema, uma solução é aplicação de filmes finos resistentes à corrosão, pois não modificam o substrato e permitem fornecer as propriedades adicionais desejadas.

Neste trabalho foram estudados o comportamento tribológico do revestimento do aço inoxidável 316L, aplicado sobre os substratos de aço 1045 e aço inoxidável 316L. A escolha do aço 1045 ocorreu por se tratar de um material de baixo custo, boa conformabilidade, baixa resistência à corrosão e ampla utilização na indústria. Já o aço inoxidável 316L como substrato, permitiu avaliar as diferentes propriedades mecânicas ocasionadas pelo método de deposição do filme fino, além de verificar se a utilização do revestimento seria útil em situações onde materiais resistentes à corrosão são empregados.

Para realizar a deposição do filme fino, foi utilizado do método *Triode Magnetron Sputtering*, uma variação do método *Magnetron Sputtering* que proporciona maior homogeneidade a densidade do plasma, além da utilização de sistemas com menor pressão. O método foi aplicado através de quatro condições distintas, variando a densidade de potência e o tempo de deposição, o que permitiu analisar as influências destes parâmetros de deposição no comportamento do filme. Todos os parâmetros controlados são mostrados na tabela 1. Desta forma, foram produzidas para cada um dos substratos cinco amostras, sendo quatro com o filme e uma avaliada sem filme.

Para avaliação das amostras quanto a resistência ao desgaste e o coeficiente de atrito, foram realizados ensaios de desgaste por deslizamento do tipo pino sobre disco, sem lubrificação, empregando esferas de alumina com diâmetro de 6 mm como contra corpo, aplicado sobre a amostra por uma distância de deslizamento de 50 m e velocidade linear de 0,05 m/s. As cargas utilizadas foram de 1 N para os raios de 2 e 4 mm, e carga de 2 N, para os raios de 3 e 5 mm.

Após as amostras ensaiadas, utilizou-se das técnicas de microscopia óptica, microscopia confocal e microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo para realizar a análise e comparação dos resultados obtidos.

Quanto ao coeficiente de atrito, a média obtida em todas as condições quando submetidas a carga de 1 N, foi em torno de 15% maior que a média obtida com 2 N. Tal comportamento é justificável em materiais com a presença de filmes finos pois, no aumento de carga, ocorre maior taxa de remoção de material, propiciando maior quantidade de detritos entre as superfícies em

deslizamento, e que acabam servindo como lubrificante sólido, reduzindo o atrito. Já comparando o comportamento entre condições sob mesma carga, não houve diferenças significativas entre as condições de deposição ou entre os substratos.

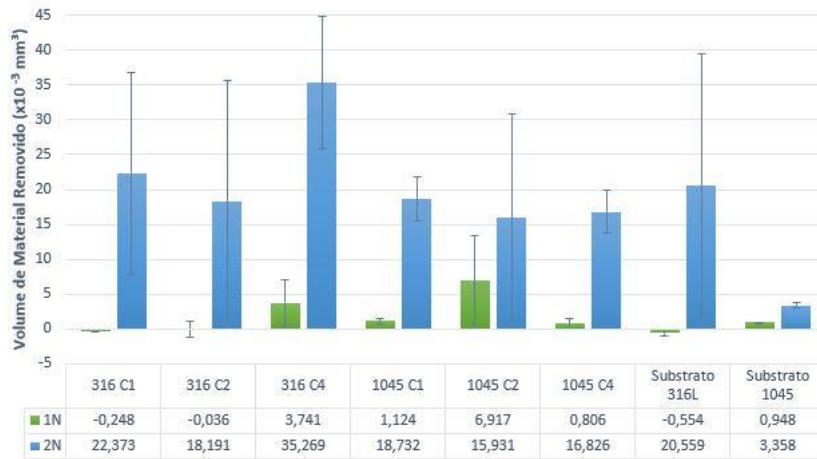
Na quantificação do volume de material removido, utilizou-se de um microscópio confocal para realizar as medições do perfil na trilha desgastada. A trilha foi avaliada através de quatro pontos, calculando a partir de cada ponto o volume removido na trilha, e utilizando a média dos quatro pontos para obter o valor de material removido aproximado. Os resultados podem ser observados na figura 1. Para a carga aplicada de 1N, todas as amostras apresentaram bom comportamento com valores próximos a zero. Já para a carga de 2N, verificou-se o aumento do volume de material removido em todas as condições, contudo, menor variação nas amostras com substrato de aço 1045, exceto pela condição de deposição 2, onde suspeita-se que os danos causados à superfície nas trilhas de raio adjacentes tenham influenciado no comportamento da amostra. Ainda, a condição de deposição 3 apresentou deslocamento do filme para ambos os substratos, indicando não ser adequada para aplicação do revestimento.

Quanto a análise dos mecanismos de desgaste envolvidos, utilizando da técnica de microscopia eletrônica de varredura foi possível fazer uma avaliação química qualitativa e pontual através da técnica de EDS, onde verificou-se que para os ensaios de 1 N o filme forneceu proteção ao desgaste triboquímico, enquanto que para os ensaios de 2 N, onde foram encontrados picos de oxigênio, não houve proteção adequada, possibilitando a formação de óxidos sobre a superfície, caracterizando desgaste triboquímico.

Portanto, pode se afirmar que o filme é adequado e fornece proteção contra o desgaste triboquímico em aplicações menos severas, com baixas cargas, para o substrato de aço 1045. Para o substrato de 316L não houve ganho significativo que justifique o uso do revestimento.

**Tabela 1.** Parâmetros do processo de deposição do revestimento de aço inoxidável 316L.

Condição	Densidade de Potência ( $\times 10^4$ W/m <sup>2</sup> )	Tempo ( $10^3$ s)	Atmosfera	Temperatura (°C)	Frequência de Pulso (kHz)
1	3,08	5,4	100% Argônio	Ambiente	0 (CC)
2	7,26	3,0			
3	11,3	2,1			
4	15,8	1,2			



**Figura 1.** Volume de material removido ( $\times 10^{-3} \text{mm}^3$ )

Palavras-chave: Aço inoxidável. Desgaste por Deslizamento. *Triode Magnetron Sputtering*.