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

AVALIAÇÃO DA ADESÃO DE CAMADA DE ÓXIDO EM FIXADORES EM ENSAIOS DE RISCAMENTO LINEAR

Wanilto dos Santos[a,b]; Guilherme Assumpção Eckel[a]; André Collares[c]; Roberto Garcia[b]; Giuseppe Pintaude[a]
[a] Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais (PPGEM), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Curitiba; [b] Metaltork; [c] CFT
*Autor correspondente: giuseppepintaude@gmail.com

Introdução

O tratamento superficial de parafusos de alta resistência é fundamental para o desempenho tribológico e a proteção contra a corrosão. A formação de camadas de óxidos por meio de emulsões água–óleo mineral constitui uma alternativa industrial para o enegrecimento desses componentes. Entretanto, a concentração de óleo e a dureza do substrato podem influenciar a integridade e a adesão da camada formada.

Objetivo

Avaliar a influência da concentração de óleo mineral em emulsões água–óleo (3%, 5% e 7% Vol.) e da dureza do substrato na adesão da camada de óxidos formada em parafusos de alta resistência, por meio de ensaios de riscamento com carga progressiva, visando à otimização do processo de enegrecimento.

Metodologia

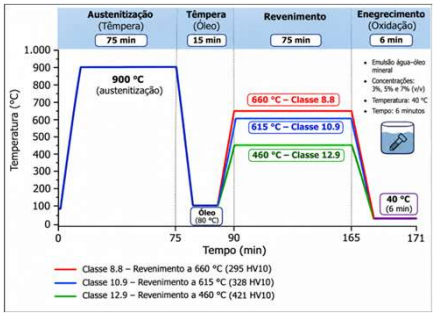


Figura 1 – Ciclo esquemático de tratamento térmico e enegrecimento dos parafusos das classes 8.8, 10.9 e 12.9

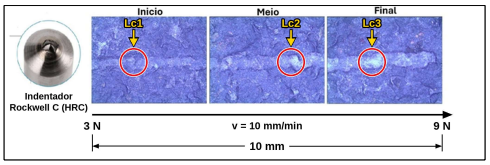


Figura 2 – Pista da superfície após riscamento, imagem esquemática para representação de parâmetros e analises.

Resultados e Discussão

As Figuras 3(a,b,c) apresentam a evolução do coeficiente de atrito (COF) para as emulsões de 3%, 5% e 7% (v/v), com três regiões distintas (LC_1, LC_2 e LC_3).

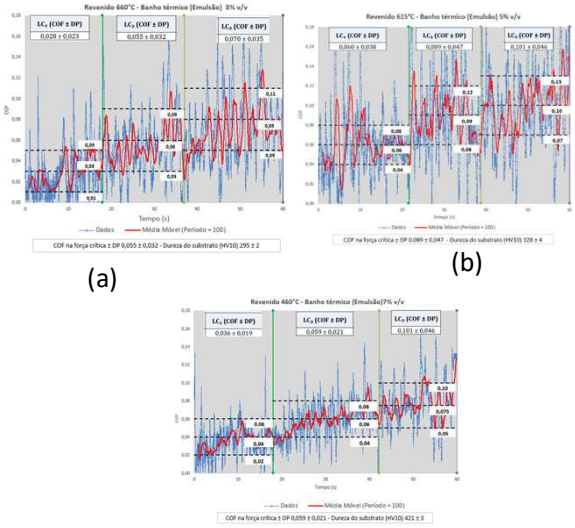


Figura 3 – Variação do COF ao longo do riscamento linear: a) revenido 660 °C / 3%v/v, b) revenido 615 °C / 5%v/v, e c) revenido 460 °C / 7%v/v.

Nota: Cada gráfico apresenta os resultados médios de três trilhas de riscamento por amostra. As curvas de COF foram suavizadas por média móvel de 100 pontos, facilitando a identificação das regiões LC_1, LC_2 e LC_3. Linha azul: dados originais; linha vermelha: dados suavizados.

Condição experimental	LC_3 (N)
Revenido 660 °C – 3% v/v	0,07 ± 0,03
Revenido 615 °C – 5% v/v	0,10 ± 0,05
Revenido 460 °C – 7% v/v	0,10 ± 0,05

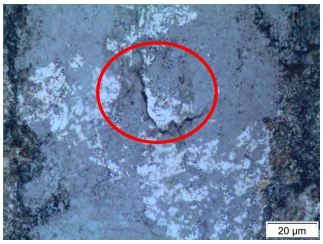


Figura 4 – Superfície riscada da condição revenido 615 °C / 5%v/v, identificando LC_3

Conclusões

A combinação entre dureza do substrato e concentração de óleo mineral na emulsão não causou mudança significativa entre as condições estudadas. Embora a dureza do substrato influencie o comportamento da camada de óxidos, a emulsão de 3% (menor LC_3 médio) mostrou-se uma alternativa promissora para o enegrecimento de fixadores, com potencial para reduzir o consumo de óleo e os impactos ambientais e laborais do processo.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Metaltork Indústria e Comércio de Auto Peças Ltda., pelo apoio por meio do ACORDO DE PARCERIA PD&I Nº 23064.033094/2025-11, e ao CNPq, por meio das bolsas concedidas no Programa de Mestrado e Doutorado Acadêmico para Inovação - MAI/DAI (403532/2020-5).