

PROPRIEDADES MECÂNICAS E ELETROQUÍMICAS DE REVESTIMENTO COMPÓSITO COM INCORPORAÇÃO DE ÓXIDO DE GRAFENO

Lucas Madalosso de Lemos*
Célia de Fraga Malfatti**

INTRODUÇÃO

A liga de alumínio AA 2024-T3 é um material bastante usado na indústria aeronáutica devido às propriedades mecânicas e à baixa densidade. Contudo, essa liga não oferece a resistência à corrosão e ao desgaste exigidos para aplicação na indústria aeronáutica, sendo necessário o emprego de revestimentos protetores. Dentre os revestimentos propostos para essa aplicação os revestimentos híbridos têm sido estudados, e mais recentemente a incorporação de partículas à essa matriz tem sido proposta visando melhorar as propriedades desses filmes. Nesse trabalho os revestimentos compósitos de matriz híbrida com incorporação de óxido de grafeno foram obtidos pelo processo de sol-gel a partir de um sol contendo os precursores alcoóxidos tetraetoxisilano (TEOS) e 3-trimetoxisilil-propil-metacrilato (MAP) com dispersão de partículas de óxido de grafeno em diferentes concentrações. Para avaliar a estrutura do filme compósito obtido foram utilizadas as análises de FTIR, Raman e TGA. Microscopia eletrônica de varredura de alta resolução foi usada a fim de verificar a uniformidade do filme e avaliar a dispersão das partículas no filme. Os ensaios de polarização potenciodinâmica e impedância eletroquímica foram utilizados para analisar o comportamento referente à corrosão. Avaliou-se também a molhabilidade dos filmes, pelo método da gota sésil. As propriedades mecânicas do filme foram avaliadas empregando-se o ensaio de desgaste pela técnica de esfera sobre plano e teste de adesão.

METODOLOGIA

Preparação da superfície

O substrato utilizado no presente estudo foi alumínio. Este foi lixado com papel de SiC até #1200, lavado com água, etanol e acetona, e secado com ar quente.

Preparação dos filmes híbridos

Os revestimentos compósitos de matriz híbrida com incorporação de óxido de grafeno foram obtidos pelo processo de sol-gel a partir de um sol contendo os precursores alcoóxidos tetraetoxisilano (TEOS) e 3-trimetoxisilil-propil-metacrilato (MAP) com dispersão de partículas de óxido de grafeno em diferentes concentrações: 0 g/L; 0,25 g/L; 0,50 g/L; 1,0 g/L

Processo de deposição e cura

A aplicação das soluções foi realizada pelo processo de *dip-coating*, com velocidade de entrada e retirada de 10 cm.min⁻¹. O tempo de permanência do substrato no sol foi de 10 min. Os filmes compósitos foram curados por tratamento térmico na temperatura de cura de 60 °C por 20 min.

Tabela 1: Nomenclatura adotada para a descrição das amostras

Concentração de óxido de grafeno	Filme	Filme sobre a amostra
1,00 g.L ⁻¹	Si-1	Al-Si-1
0,50 g.L ⁻¹	Si-2	Al-Si-2
0,25 g.L ⁻¹	Si-3	Al-Si-3
Sem adição de óxido de grafeno	Si-u	Al-Si-u

Caracterização estrutural e eletroquímica

A caracterização estrutural foi realizada por FTIR, espectroscopia Raman, TGA e MEV. Para a caracterização eletroquímica, realizou-se medidas de impedância eletroquímica, e ensaios de polarização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização estrutural

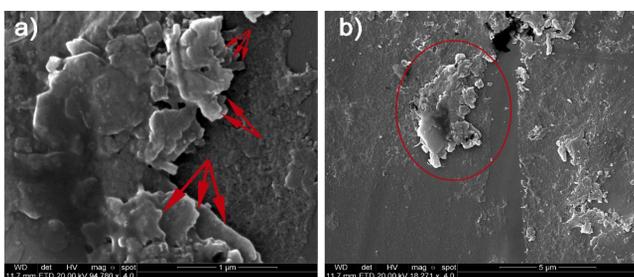


Figura 1: MEV

A figura 1 mostra uma imagem de microscopia eletrônica de alta-resolução do filme compósito com partículas de óxido de grafeno (Si-1). As setas e os círculos em vermelhos mostram as partículas sobre a amostra. A imagem (a) mostra as lamina de óxido de grafeno e a imagem (b) mostra a partícula de óxido impregnado na matriz híbrida.

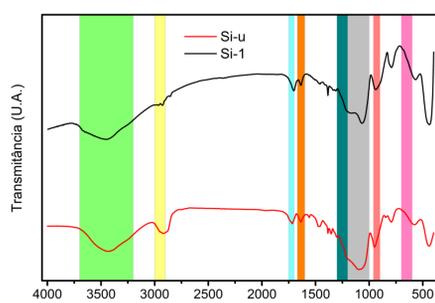


Figura 2: FTIR

A análise de infravermelho (FTIR) do gel não comprovou a existência de ligações entre a matriz híbrida e a partícula de óxido. A Figura 2 mostra poucas diferenças de intensidade nos picos de espectroscopias de infravermelho das amostras sem óxido de grafeno (Si-u) e a amostra com a maior concentração de óxido de grafeno (Si-1). Os resultados de Si-2 e Si-3 se mostraram semelhantes ao Si-u e Si-1.

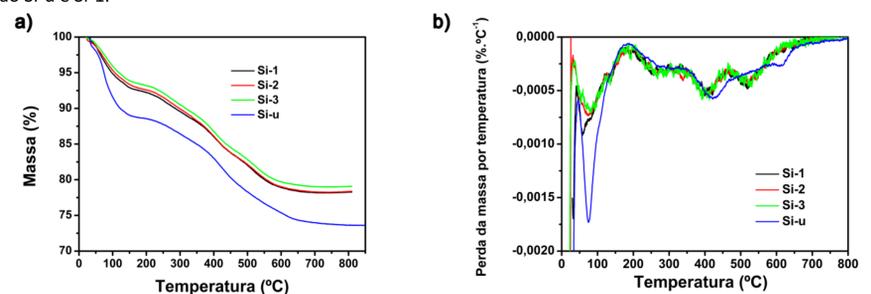


Figura 3: Gráfico da análise TGA (a) e DTG (b) dos filmes híbridos com e sem incorporação de GO.

A análise termogravimétrica dos filmes mostrou um comportamento similar entre as amostras que tiveram incorporação de óxido de grafeno (Si-1, Si-2 e Si-3). O comportamento da amostra sem incorporação de GO (Si-u) apresenta diferenças em relação às amostras com incorporação. Essas diferenças estão relacionadas com a incorporação de óxido de grafeno e o desprendimento dos grupos funcionais oxigenados.

Caracterização eletroquímica

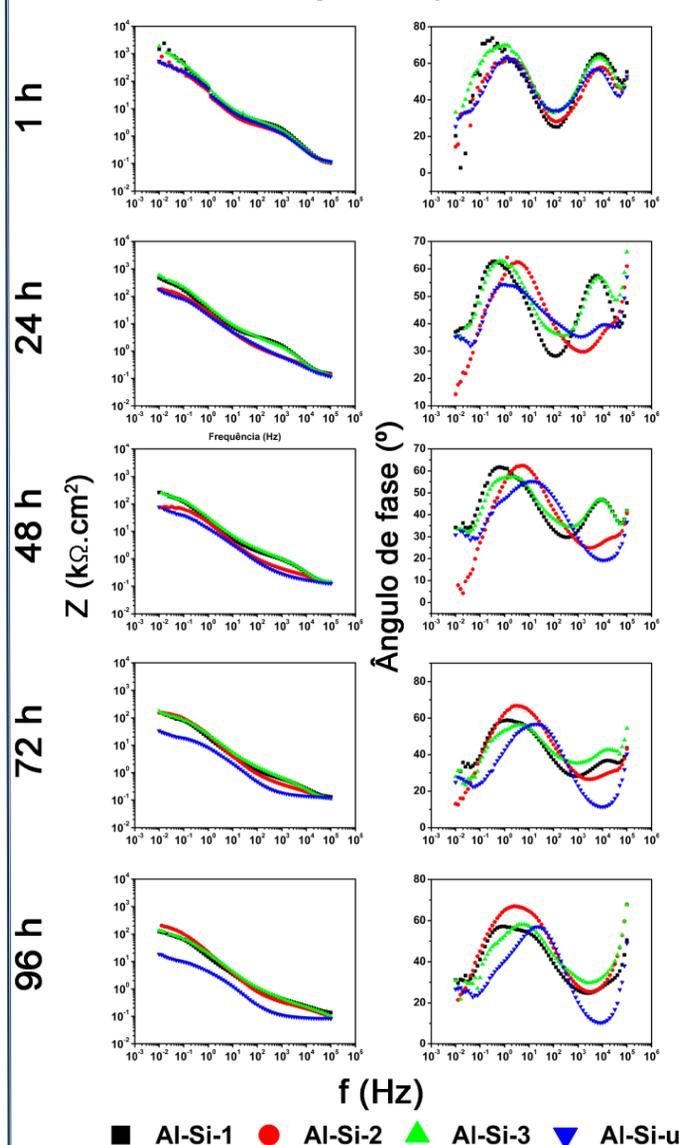


Figura 4: Diagrama de Bode de impedância (1ª coluna) e de ângulo de fase (2ª coluna).

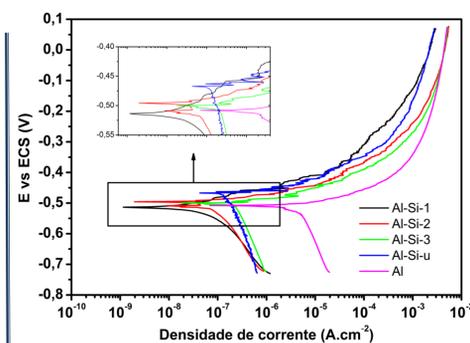


Figura 5: Curva de polarização potenciodinâmica

O ensaio de polarização potenciodinâmica mostrou que o filme apresenta uma melhora na resistência à corrosão conforme mostra a Figura 5. No experimento de impedância eletroquímica (Figura 4), verificou-se que em todas as amostras a diminuição da impedância em todas as frequências com o passar do tempo. Porém, o filme que diminuiu mais rapidamente foi o Al-Si-u.

Resistência ao desgaste

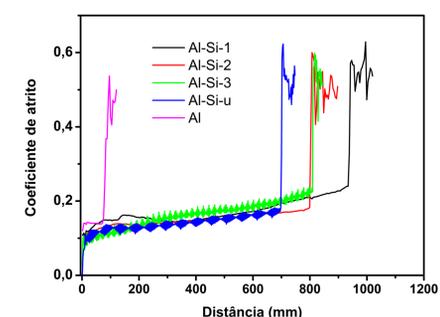


Figura 6: Gráfico da análise ball-on-plate dos amostras revestidas do filme compósito com e sem óxido de grafeno.

A análise de desgaste obteve como resultado que o aumento da concentração de partículas no filme e a resistência ao desgaste estão correlacionados positivamente.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostraram que a adição das partículas de óxido de grafeno não alterou a resistência à corrosão, contudo evidenciou-se uma contribuição positiva quanto ao aumento da resistência ao desgaste do filme.