

Estado da Arte em Camadas Self Healing para proteção contra a corrosão

Resumo

A corrosão metálica é um fenômeno espontâneo e frequente. Sua ocorrência é muitas vezes prejudicial ao emprego de um material devido à perda das qualidades para o qual foi designado. Para solucionar este problema alguns trabalhos da literatura propõem o recobrimento do material utilizando um grupo de camadas protetoras interessantes chamadas smart coatings, as quais fornecem uma solução viável para lidar com os desafios da corrosão em uma ampla gama de aplicações devido as suas propriedades promissoras de se regenerar após ter sofrido algum dano, o que é conhecido como auto-reparação (*self-healing*). Entre estes recobrimentos estão aqueles contendo cério. A propriedade de inibição a corrosão do Cério (Ce) tem sido discutida na literatura, entretanto pouco se conhece dos mecanismos envolvidos em tal processo. Diante disto, o presente trabalho visa realizar uma revisão bibliográfica sobre camadas protetoras smart coatings contendo Ce, fazer um levantamento das propostas de mecanismos envolvidos, analisar estas propostas e extrair conclusões relevantes que auxilie na futura deposição de filmes contendo Cério sobre o aço carbono utilizando a técnica de plasmas de baixa temperatura.

1. Introdução

A corrosão é um dos problemas industriais críticos e responsável por perdas econômicas maciças em muitas indústrias, particularmente na indústrias aeroespacial, automotiva e de petróleo e gás, com uma estimativa de perda financeira mundial de 2,2 trilhões de dólares a cada ano [1].

A corrosão metálica é um fenômeno espontâneo e frequente. Sua ocorrência é muitas vezes prejudicial ao emprego de um material devido à perda das qualidades para o qual foi designado [2]. Como exemplo pode-se mencionar o aço carbono, material utilizado em uma série de aplicações práticas que, por ser constituído por ferro, é susceptível à corrosão. Encontrado na natureza na forma do minério hematita (Fe_2O_3), o ferro tende a voltar ao seu estado original através da oxidação.

Como a corrosão pressupõe contato direto entre os reagentes do meio e do material, a proteção pode ser fornecida por uma camada barreira. Trabalhos na literatura mostram um grupo de camadas protetoras interessantes chamadas *smart coatings*. Estas podem se regenerar após ser parcialmente ou integralmente danificadas, o que é conhecido como *self-repairing* ou *self-healing* [1, 3-8]. Entre estes recobrimentos estão aqueles contendo cério. A literatura reporta que a performance anticorrosiva de revestimentos de sílica contendo íons de cério, recobrimentos de epóxi com microcápsulas de poliestireno contendo cério e octilsilanol e revestimentos de resina a base de epóxi reforçada com óxido de cério, ocorre por meio de efeito de inibição e por *self-healing* [3,4,7-12]. Trabalhos parecidos mostram que a proteção contra a corrosão de ligas AA2024-T3 e AA2024 foi melhorada após o recobrimento com filmes de híbridos de sílica-alumina e sílica com adição de cério [5,13]. O comportamento protetivo é dependente da concentração de cério no filme [11].

Estudo de Montemor [14] demonstra que aditivos como íons de cério e de zircônia e partículas de sílica melhoram a proteção à corrosão de filmes de silano depositados sobre diferentes substratos metálicos. Foi evidenciado ainda que as partículas de CeO_2 ativadas com íons de cério proporcionam melhora na proteção contra a corrosão em filmes intactos ou na presença de riscos, graças ao efeito de *self-healing* deste elemento [3,14].

Em trabalho de Katta *et al.* [6] o aço inoxidável 316L SS usado como biomaterial foi revestido pela técnica de sol-gel com uma biocerâmica de óxido de nióbio com adição de cério para a aplicação em biomateriais. Os resultados mostraram que o filme depositado tornou a superfície do material bioativa e funcional, uma vez que

a presença do cério no revestimento proporcionou um bom comportamento de *self-healing* ao 316L SS por favorecer o desenvolvimento de uma nova camada de óxido protetora sobre as regiões danificadas.

Um inibidor de corrosão à base de organofosfato de cério foi proposto para a proteção da liga de magnésio WE43 em trabalho de Calado *et.al.* [19] O inibidor foi incorporado em um revestimento de epoxisilano híbrido. O revestimento mostrou melhora nas propriedades de barreira e a habilidade de *self-healing* foi evidenciada usando as técnicas eletroquímicas [19].

A propriedade de inibição a corrosão proporcionada pela presença do cério tem sido discutida na literatura [11,13-18], entretanto pouco se conhece dos mecanismos envolvidos em tal processo. É aceito que os íons de cério provocam a precipitação de óxido de cério e/ou hidróxidos que inibem as reações de corrosão.

2. Objetivos e Metas

O objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre smart coatings contendo cério, investigar os mecanismos que fazem com que a presença do cério na superfície proporcione a propriedade de *self-healing*, relacionar estes mecanismos e extrair conclusões relevantes que auxiliem na futura deposição de filmes contendo cério sobre o aço carbono utilizando a técnica de plasmas de baixa temperatura [20]. Nesta revisão bibliográfica também serão incluídas várias técnicas de caracterização empregadas para avaliar o desempenho de *self-healing* das camadas modificadas.

3. Metodologia

Para a realização desse trabalho de revisão bibliográfica serão realizadas buscas sobre o tema nas principais bases de dados. Serão definidas palavras chaves, como *self-healing*, *smart coatings*, *corrosion protection*, entre outras, que nortearão a busca. A ideia é buscar desde os primeiros trabalhos sobre o tema até os mais recentes para observar o desenvolvimento alcançado e as dificuldades ainda encontradas. Além disso, essa busca permitirá uma compactação e sintetização dos conhecimentos fragmentados nos diversos trabalhos.

A partir deste primeiro levantamento o aluno iniciará a produção do texto colocando as ideias encontradas nos principais trabalhos. Para reforçar e esclarecer estas

ideias serão realizados encontros e reuniões com alunos de mestrado e doutorado que produzem estes tipos de recobrimentos. O aluno também poderá acompanhar etapas da produção e caracterização dos filmes.

Após esta familiarização com o tema serão extraídas informações mais relevantes, eliminando aquelas desnecessárias. Na sequência as informações serão organizadas e combinadas, serão realizadas avaliações comparativas entre os diferentes trabalhos e a apresentação de possíveis resoluções de conflitos que possam existir nos diferentes trabalhos analisados.

4. Descrição de viabilidade

Classifico a proposta deste trabalho factível, uma vez que faz parte do projeto de trabalho do orientador com a Universidade. Além disso, como se trata de um trabalho de revisão bibliográfica, o aluno precisará somente de um computador com acesso as bases de dados, o que é facilmente conseguido na Universidade. Este projeto será realizado em parceria com uma Universidade Estadual, com a qual o aluno manterá contato para discussões. É ainda relevante mencionar que o aluno não mantém vínculo empregatício e que apresenta um bom coeficiente de rendimento escolar.

O projeto não se restringe obrigatoriamente apenas ao que foi aqui explicitamente descrito. Novas etapas podem ser agregadas em função dos resultados obtidos.

O trabalho será organizado para gerar artigos científicos e trabalhos divulgados em congresso.

4. Cronograma de execução

A duração do projeto é prevista para 12 meses, distribuindo-se mensalmente as tarefas conforme detalhado no cronograma a seguir.

	Meses											
Atividade	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
A	X	X	X	X								
B	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
C		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D			X		X			X		X		
E				X	X	X	X	X	X			
F					X	X	X	X	X	X	X	X
G						X	X	X	X	X	X	X
H								X	X	X	X	X

onde:

A –Definição de Palavras Chaves;

B - Busca sobre o Tema;

C – Produção do Texto;

D – Reuniões e Encontros com alunos de Mestrado e Doutorado para Discussão do Tema e Acompanhamento na Produção e Caracterização de Filmes;

E – Extração de Informações mais Relevantes de dos Trabalhos da Literatura;

F – Organização, Combinação e Comparação das Informações Contidas nos Diferentes Trabalhos;

G – Confecção do Relatório;

H – Divulgação dos Resultados

Referências

- [1]. S. Habib *et al.* Progress in Organic Coatings. 154 (2021) 106218.
- [2]. V. Gentil. Corrosão, Rio de Janeiro: LTC Editora, 2008.
- [3]. F. Cotting *et al.*, Surface & Coatings Technology 303 (2015) 299–424.
- [4]. Z. Li *et al.* Surface & Coatings Technology 341 (2018) 64–70.

- [5]. R.V. Lakshmi et al., Surface & Coatings Technology 309 (2017) 363–370.
- [6]. P. P. Katta et al., Surface & Coatings Technology 375 (2019) 715–726.
- [7]. K. Evangelia *et al.*, Frontiers in Materials 6 (2019) 1-17.
- [8]. G. Zhang et al., Progress in Organic Coatings 32 (2019) 144-147.
- [9]. M. Garcia-Heras et al., J. Alloys Compd. 380 (1–2) (2004) 219.
- [10] D.G. Shchukin et al., Adv. Mater. 18 (2006) 1672.
- [11]. W. Trabelsi et al., Progress in Organic Coatings 54 (2005) 276–284.
- [12]. S. Habib et al., Nanomaterials 10 (2020) 791.
- [13]. Y. Castro et al., Surface & Coatings Technology 387 (2020) 125521.
- [14]. M.F. Montemor et al., Electrochimica Acta 52 (2007) 6976–6987.
- [15]. M.F. Montemor et al., Prog. Org. Coat. 44/1 (2002) 79.
- [16]. K. Aramaki, Corros. Sci. 44 (2002) 1375.
- [17]. L.S. Kasten et al., Surf. Coat. Technol. 140 (2001) 11.
- [18]. A. Pepe et al., Solids 348 (2004) 192.
- [19]. L.M. Calado et al., Electrochimica Acta 365 (2021) 137368.
- [20]. N. Inagaki Plasma Surface Modification and Plasma Polymerization. Pennsylvania: Technomic. Publishing Company, 1996. Cap. 2.