SICITE XVII
SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DA UTFPR

ACOMPANHAMENTO DO PROCESSO DE CORROSÃO ATMOSFÉRICA DE METAIS NO AMBIENTE DO PERÍMETRO URBANO DO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA – PR

Jorge Wilson de Arruda[1], José Carlos Alves Galvão[2]

[1]Coordenação de Mecânica

[2]Departamento Acadêmico de Física

Câmpus Ponta Grossa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Av Monteiro Lobato, s/n - Km 04 CEP 84016-210 - Ponta Grossa - PR
jorgejwa@hotmail.com, galvao@utfpr.edu.br

Resumo - O presente trabalho tem como objetivo apresentar um estudo sobre a corrosão atmosférica e seus efeitos com base na literatura visto que essa modalidade de corrosão afeta toda e qualquer estrutura metálica que esteja exposta a atmosfera. O nível de corrosão, assim como a sua taxa depende dos contaminantes presentes no ambiente agressivo o que gera uma determinada divisão entre os tipos de atmosferas corrosivas, as quais são analisadas neste trabalho.

Palavras-chave: Corrosão atmosférica; Eletrólito.

Abstract - This paper aims to present a study on atmospheric corrosion and its effects based on the literature since this type of corrosion affects any metallic structure that is exposed to the atmosphere. The level of corrosion, and its rate depends on the contaminants present in the aggressive environment which generates a given division between the types of corrosive atmospheres which are analyzed in this study.

Keywords: Atmospheric corrosion; Electrolyte.

INTRODUÇÃO

O processo de corrosão está presente nas mais diversas áreas de atividade e locais como, por exemplo, nas indústrias, nos meios de transporte, nos meios de comunicação, nos automóveis e nas casas. A corrosão metálica pode ser definida como a deterioração de um metal por ação química ou eletroquímica, podendo ou não estar associado a um esforço físico, onde o metal é convertido a um estado não-metálico (óxido) [1]. Quando ocorre esse fenômeno o metal perde as suas propriedades como resistência mecânica, ductilidade, elasticidade e o produto resultante do processo de corrosão é considerado pobre quanto a essas propriedades. O fenômeno essencial de corrosão é o mesmo para todos os metais e ligas, deferindo apenas em grau, mas não em natureza [2].

Um processo corrosivo que está presente em todas as áreas de atividades e até mesmo no âmbito domiciliar muitas vezes sem ser percebida, mas, mesmo assim, causando severos danos é a corrosão atmosférica.

ATMOSFERA TERRESTRE

A atmosfera terrestre é composta fundamentalmente de nitrogênio e de oxigênio. Também estão presentes em sua composição outros gases como hidrogênio e dióxido de carbono além de vapor d'água e particulados, como poeiras. A composição aproximada da atmosfera, com exceção das impurezas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Composição nominal da atmosfera [3].

CONSTITUINTE	DENSIDADE (g/m^3)	PORCENTAGEM EM PESO (%)
Ar	1172	100
Nitrogênio	879	75
Oxigênio	269	23
Argônio	15	1,26
Vapor de água	8	0,7
Dióxido de carbono	0,5	0,04
Neônio	0,014	12×10^{-4}
Kriptônio	0,004	3×10^{-4}
Hélio	0,0008	7×10^{-5}
Xenônio	0,0005	4×10^{-5}
Hidrogênio	0,00005	4×10^{-6}

Este fato mostra que a composição da atmosfera sofre variações de acordo com o lugar. Então materiais expostos à atmosfera são expostos a diferentes componentes. A importância da avaliação da atmosfera como meio corrosivo é grande visto a quantidade de elementos (edificações, pontes, monumentos) que ficam expostos diariamente a esse meio corrosivo.

Para Gemelli [4], independente do mecanismo envolvido, os problemas de corrosão são mais frequentes nos materiais metálicos. Isso se deve principalmente a dois fatores:

- Materiais metálicos diferem-se dos demais materiais por apresentarem propriedades adequadas à maioria das aplicações nos diversos setores de atividade;
- Os materiais metálicos são, de modo geral, mais sensíveis aos meios corrosivos que os materiais cerâmicos ou poliméricos.

Segundo Gentil [1], a ação corrosiva da atmosfera depende fundamentalmente de cinco fatores:

- Umidade relativa;
- Substâncias poluentes;
- Temperatura;
- Fatores climáticos;
- Tempo de permanência do filme de eletrólito na superfície metálica.

A energia livre de Gibbs determina a possibilidade de uma reação química ocorrer de forma espontânea ou não-espontânea. Os materiais que apresentam energia livre de Gibbs negativa, para a formação de óxido, apresentam corrosão atmosférica seca, na ausência de água. Neste caso o mecanismo pode ser considerado puramente químico tendo uma lenta oxidação com formação de produtos de corrosão. A umidade relativa pode ser definida como a relação entre a quantidade de vapor de água presente na atmosfera e a quantidade máxima que pode existir na mesma em uma dada temperatura, sendo expressa em porcentagem. Um requisito fundamental para o processo de corrosão atmosférica é a presença de uma fina camada de eletrólito formada quando a superfície é exposta a um determinado nível de

umidade [2], causando um processo de corrosão atmosférica úmida. Para Gentil [1] a influência da umidade na ação corrosiva é acentuada pois em atmosfera de umidade relativa em torno de 60% o processo corrosivo é lento, porém com índice acima de 70% o processo é acelerado. Quando a umidade relativa está em torno de 100%, ocorre a condensação na superfície metálica tendo um processo de corrosão atmosférica molhada.

A Figura 1 apresenta graficamente a relação entre a umidade relativa e a temperatura do ponto de orvalho. O ponto de orvalho ou ponto de saturação é o valor limite de água que o ar pode conter em uma determinada temperatura [5].

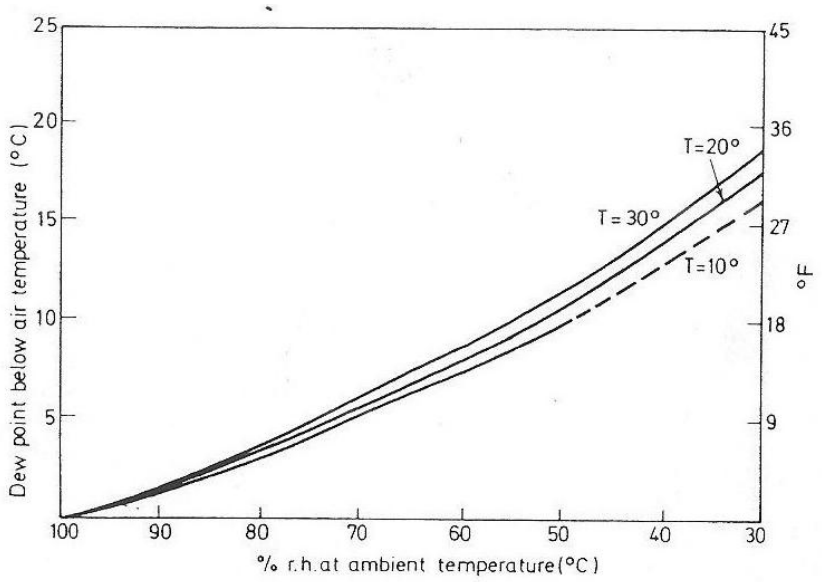

Figura 1. Curva do ponto de orvalho para uma faixa de temperatura ambiente [5].

No processo corrosivo geram-se produtos de corrosão. Esses produtos podem ser solúveis ou insolúveis dependendo da composição química do material que está sendo corroído. Produtos de corrosão solúveis são porosos permitindo a infiltração de umidade e gases até a base não corroída do material. Esse tipo de produto pode aumentar a taxa de corrosão aumentando a condutividade do eletrólito ou formando soluções quando a umidade relativa está alta. Os produtos de corrosão insolúveis geralmente reduzem a taxa de corrosão, pois formam uma barreira entre o metal e a atmosfera. Entretanto, em alguns casos, os produtos de corrosão insolúveis podem aumentar a taxa de corrosão por conservar a umidade em contato com a superfície do metal.

As atmosferas corrosivas são tipicamente divididas em quatro tipos (industrial, marinha, rural e urbana), entretanto muitos ambientes são mistos não apresentando uma demarcação clara entre as atmosferas. Além de que o tipo de atmosfera pode variar de acordo com o padrão de ventos onde os poluentes corrosivos estão presentes ou com as condições do local[6].

A atmosfera industrial é caracterizada principalmente pela presença de dióxido e trióxido de enxofre (SO_2 e SO_3, respectivamente) proveniente da queima de óleos combustíveis. Juntamente com a umidade presente no ar esses gases formam, respectivamente, o ácido sulfuroso e ácido sulfídrico o que justifica o alto nível de corrosividade desse tipo de atmosfera [1].

A Tabela 2 apresenta as principais concentrações de contaminantes na atmosfera.

Tabela 2. Concentrações típicas de algumas impurezas da atmosfera [3].

IMPUREZA	CONCENTRAÇÕES ($\mu g/m^3$)	
	REGIÃO INDUSTRIAL	REGIÃO RURAL
Dióxido de enxofre	100 - 350	40 -100
Trióxido de enxofre	1 - 3,5	0,4 - 1
Ácido sulfídrico	1,5 - 90	0,15 - 0,45
Amônia	4,8	2,1
Cloreto	2,7 - 8,2	5,4
Partículas de fumaça	100 - 250	15 - 60

Na atmosfera marinha a ação corrosiva é devido a presença de sais como cloreto de sódio (NaCl) e cloreto de magnésio ($MgCl_2$). A área afetada pela névoa marinha contendo esses sais pode se estender vários quilômetros além da costa em função das correntes de ar.

A atmosfera rural é tipicamente a mais benigna e não contém fortes contaminantes químicos [2]. É constituída de gases como O_2 e CO_2 e umidade.

A atmosfera urbana contém particulados, fumos e sulfatos provenientes da queima de combustíveis. Um ambiente com uma alta umidade relativa pode acelerar o processo corrosivo, pois eleva a interação entre os contaminantes e o elemento estrutural.

A velocidade do processo corrosivo e as características do produto de corrosão formado são inerentes a cada tipo de material metálico e a cada tipo de atmosfera [1].

Para a avaliação da corrosão atmosférica (taxa de corrosão e nível de corrosividade), corpos de prova de metais podem ser expostos a uma atmosfera corrosiva para que ocorra o processo corrosivo. Os metais estudados com a corrosão atmosférica geralmente são o ferro, zinco, alumínio e cobre visto que esses metais são amplamente utilizados. Outra particularidade é que o processo de corrosão ocorre de forma diferenciada para cada um desses metais.

As Figuras 2 e 3 exemplificam os corpos de provautilizados para o estudo da corrosão atmosférica. A Figura 2 apresenta um corpo de prova cilíndrico onde, após o processo de corrosão, obtém-se a perda de massa do metal por unidade de volume. Por outro lado, na Figura 3, o resultado obtido é a perda de massa por unidade de área, visto que o corpo de prova é plano (chapa) onde a corrosão que ocorre na espessura pode ser desconsiderada quando comparada com a corrosão da face.

Figura 2. Corpo de prova cilíndrico de aço carbono

Figura 3. Corpo de prova plano de aço carbono.

Segundo a norma ISO 9226 [7], a taxa de corrosão para cada metal é expressa em gramas por metro quadrado por ano ($g/m^2.a$) e é dada pela equação (1).

$$r_{corr} = \frac{\Delta m}{A.t} \qquad (1)$$

onde:Δm é massa perdida em gramas;

A é a área da superfície em metros quadrados;

t é o tempo de exposição em anos.

A taxa de corrosão também pode ser expressa em micrometros por ano (µm/a). Para isso é inserido o termo densidade na equação (1)obtendo-se, assim, a equação (2).

$$r_{corr} = \frac{\Delta m}{A.\rho.t} \qquad (2)$$

onde: ρ é a densidade do metal em gramas por centímetros cúbicos.

A Tabela 3 apresenta a densidade de alguns metais utilizados na confecção de corpos de prova.

Tabela3. Densidade do ferro, alumínio, zinco e cobre [7].

METAL	DENSIDADE (g/cm^3)
Fe	7,86
Al	2,70
Zn	7,14
Cu	8,96

CONCLUSÕES

O estudo do processo de corrosão é de extrema importância visto que ele é inerente a sociedade, quando são considerados os danos e prejuízos causados por este processo. Técnicas de combate e prevenção da corrosão estão sendo criadas e aperfeiçoadas cada vez mais como, por exemplo, o processo de pintura automobilística e de procedimentos de proteção às estruturas metálicas.

Conhecendo-se a taxa de corrosão de um determinado metal em um determinado meio pode-se estimar o tempo de vida útil de uma peça que trabalha nesse meio.

O nível de corrosividade da atmosfera em uma determinada região deve ser um dos principais itens a ser considerado nos *checklists* de manutenção, pois indica a agressividade e a velocidade com a qual o metal será corroído auxiliando no planejamento de substituição de peças e elementos de sistemas.

REFERÊNCIAS

[1] GENTIL, Vicente. **Corrosão**. 3. ed.Rio de Janeiro: LTC, 1996.

[2] RAMANATHAN, Lalgudi V. **Corrosão e seu controle.** São Paulo: Hemus, 1988.

[3] PONTE, Haroldo de Araújo. **Fundamentos da Corrosão**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba - PR. Apostila, 2003.

[4] GEMELLI, Enori. **Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2001. 183 p.

[5] SHREIR, L. L.; JARMAN, R. A.; BURSTEIN, G. T.. **Corrosion**. 3th ed. Oxford, England: Butterworth - Heinemann, 1998. 2 v.

[6] ROBERGE, Pierre R. **Corrosion Engineering: Principles and Practice**. McGraw Hill Professional, 2008.

[7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.**ISO 9226:2012**. Corrosion of metals and alloys - Corrosivity of atmospheres - Determination of corrosion rate of standard specimens for the evaluation of corrosivity. Geneva, Switzerland, 2012.