

# Proteção contra Corrosão de Estruturas de Turbina Eólica



## O que é Corrosão?

Corrosão é um processo eletroquímico no qual alguns tipos de metais são deteriorados. O processo envolve um anodo (cedendo elétrons); um catodo (aceitando elétrons); e um eletrólito (permitindo que os elétrons passem do anodo para o catodo). Os elétrons fluem através do eletrólito, do metal do anodo para o catodo, promovendo a corrosão do metal do anodo.

Uma das formas mais comuns de corrosão metálica é a ferrugem do aço. A ferrugem, ou óxido de ferro, ocorre quando o ferro (um anodo) é combinado com oxigênio e água (o eletrólito) e se torna um catodo não protetor.

A água é um eletrólito comum porque é um excelente condutor de eletricidade. A água salgada é ainda um melhor condutor e acelerará o processo de corrosão exponencialmente, tornando as estruturas do aço em ambientes marítimos especialmente vulneráveis.

## Revestimentos por Aspersão Térmica de Zinco para Proteção contra Corrosão de Estruturas de Turbina Eólicas

Turbinas eólicas são grandes estruturas de engenharia, feitas principalmente de aço, devido à sua resistência, facilidade de fabricação e custo. Sem nenhuma proteção, porém, o aço começará a oxidar quase que imediatamente em atmosferas ao ar livre, promovendo, finalmente, uma falha estrutural.

A galvanização por imersão a quente, um processo em que as peças de aço são imersas em um banho de zinco fundido, é um meio efetivo de proteger o aço contra a corrosão, mas não é sempre prático para turbinas eólicas, devido à grande dimensão dos componentes. Normalmente, turbinas eólicas são protegidas com um sistema de revestimento por aspersão, orgânico, inorgânico ou uma combinação dos dois. Nesta última categoria, a aspersão térmica de zinco e os sistemas de pintura enriquecida com zinco oferecem uma barreira e uma proteção sacrificial.

Os critérios para selecionar um sistema de revestimento incluem facilidade de aplicação, tempo de operação adequado (no caso de estruturas de turbina eólica, 20 a 25 anos antes da manutenção principal) e mínimo impacto ao ambiente. Os revestimentos protetores para estruturas de turbina eólica estão especificados na norma ISO 12944: *Tintas e vernizes – Proteção contra corrosão de estruturas de aço através de sistemas de pinturas protetoras*. Esta norma fornece especificações para revestimentos por aspersão térmica do substrato, na seção 12944-5 Anexo A, Tabela A.8.

### Proteção por Barreira e Sacrificial dos Revestimentos

Todos os sistemas de revestimentos são projetados para fornecer uma barreira de proteção ao substrato que está sendo coberto. Os revestimentos de barreira apenas são efetivos enquanto o revestimento permanecer intacto. Quando o aço protegido apenas por um revestimento de barreira é danificado ou exposto às intempéries, a corrosão se inicia na superfície desprotegida e rapidamente se expande a partir daquele ponto para fora, um fenômeno chamado fissura superficial. Isto é provocado pelo crescimento de óxidos de ferro sob o revestimento, tensionando o revestimento, promovendo falha através da bolha de ar ou da casca de óxido e acarretando o crescimento posterior da área desprotegida.

## Barreira e Proteção Sacrificial por Revestimentos

## ....continuação

Revestimentos sacrificiais oferecem uma barreira de proteção, mas também continuam a proteger o aço se o revestimento da barreira for danificado, descascando a si próprios ou sendo corroídos preferencialmente antes do aço. Devido às propriedades sacrificiais do zinco, se o revestimento contendo zinco for danificado, o aço próximo a ele não sofrerá corrosão enquanto permanecer qualquer vestígio de zinco. Além disso, estes produtos da corrosão do zinco continuam a agir como uma barreira para corrosão posterior porque, ao contrário do ferro, seu volume é igual ao do zinco metálico e, portanto, podem fornecer proteção a ele. Ao contrário, os produtos da corrosão do ferro são muito mais expansivos que aqueles do ferro a partir do qual eles foram feitos. O ferro oxidado (ferrugem) não oferece nenhuma proteção ao aço e pode, além disso, acelerar a corrosão devido à sua natureza porosa. A capacidade do zinco de proteger o aço em áreas danificadas é especialmente útil em aplicações onde existe o risco de dano ao revestimento, por exemplo, durante operações de transporte, construção ou manutenção.

## Revestimentos por Aspersão Térmica de Zinco

Os revestimentos por aspersão térmica de zinco fornecem barreira e proteção sacrificial. Como um revestimento de barreira, os revestimentos metálicos pulverizados são resistentes e menos propensos a danos que os revestimentos orgânicos, já que são também impermeáveis à umidade. Os principais revestimentos metálicos pulverizados são de zinco puro, de uma combinação de zinco e 15% de alumínio e de alumínio.

Os revestimentos pulverizados de zinco puro encontram-se disponíveis desde 1920 e são normalmente aplicados a uma superfície de aço jateada de forma abrasiva com uma espessura de 100 micra ou superior. Se não for revestido, posteriormente o revestimento de zinco puro pode, em muitos ambientes, formar um filme passivo estável de produtos da corrosão do zinco, com uma taxa de desgaste previsível. Em muitos ambientes, o zinco pulverizado, sozinho, pode fornecer um tempo de vida suficiente.

O revestimento por aspersão térmica de zinco com 15% de alumínio foi introduzido no final de 1970, e é provavelmente a maior composição de alumínio com zinco que pode ser industrialmente processada em um fio. Pelo fato da microestrutura de cada uma das gotículas deste revestimento pulverizado consistir de uma fase rica em zinco e de uma fase rica em alumínio, a corrosão da fase rica em zinco se inicia primeiro, antes da corrosão da fase rica em alumínio. Os produtos da corrosão do zinco se apresentam desta forma, contidos na camada porosa da fase rica em alumínio e não formam uma camada superficial contínua como nos revestimentos de zinco. Os produtos da corrosão de Zn-15% Al são, portanto, mais compactos que os de zinco ou alumínio e, desta forma, ajudam a proteger o aço, mesmo se o revestimento com Zn-15% Al sofrer uma corrosão. Por estas razões, os revestimentos aspergidos termicamente com Zn-15% Al oferecem uma excelente proteção contra corrosão ao aço, em condições atmosféricas marítimas próximas ou afastadas da costa, típicas da indústria de energia eólica.

## Sistemas Duplos

Revestimentos Térmicos Aspergidos de Zinco e revestimentos com Zn-15% Al apresentam excelente resistência à corrosão e durabilidade. Muitos anos de experiência e teste em ambientes marítimos costeiros, incluindo rurais, industriais e ambientes próximos ao mar, mas não tão próximos, mostraram que um revestimento pulverizado, atuando perfeitamente como um selador, pode proteger as estruturas do aço por 20 a 25 anos, antes que seja necessária uma ampla manutenção. Em ambientes agressivos, junto às praias ou em ambientes afastados da costa marítima, a introdução de um sistema duplo apropriado (pintura sobre a base metálica pulverizada) pode estender o desempenho dos revestimentos pulverizados termicamente e, também, fornecer um tempo de serviço de 20 a 25 anos.

A aplicação de sistemas de pintura sobre os revestimentos de metal pulverizados mostrou criar um efeito sinérgico, ampliando a vida útil de ambos os revestimentos, além do tempo esperado. O desempenho dos sistemas de pintura como descrito na norma ISO 12944 pode, sob certas atmosferas, ser melhorado quando aplicado sobre um revestimento metálico pulverizado. Conforme mostrado na norma ISO 9223, a taxa de corrosão do zinco é sempre menor que a do ferro em todas as atmosferas, e o volume dos produtos de corrosão produzidos em uma área danificada, é muito menor para o zinco ou zinco - alumínio que para o ferro, resultando em taxas muito mais baixas de bolhas de ar ou fissuras ao redor da área danificada. O resultado é o dobro da expectativa de vida útil para os revestimentos duplos em ambientes agressivos e até 2,7 vezes a expectativa de vida útil quando instalados em ambientes menos agressivos.