



Aspersão Térmica de Zinco

Análise do Custo do Ciclo de Vida Útil

Aspersão Térmica de Zinco para Proteção contra Corrosão de Estruturas de Energia Eólica em Alto Mar: Uma Análise do Custo do Ciclo de Vida Útil

A energia eólica é uma indústria extremamente dinâmica, com uma capacidade global projetada para crescer 25% ao ano de 238 GW para quase 500 GW entre 2011 e 2016. É uma fonte importante de energia renovável, e a energia eólica em alto mar é de particular interesse em muitas partes do mundo, incluindo China, Europa, Japão, Estados Unidos e o Brasil.

As estruturas de energia eólica afastada da costa estão expostas às mais severas condições climáticas, experimentadas pelas estruturas de engenharia. Umidade permanente, alta concentração de sal, forte radiação ultravioleta, ondas agressivas e altas velocidades do vento são todos desafios para os sistemas de proteção contra corrosão. Além dessas condições extremas, o acesso é frequentemente difícil, tornando os esforços de manutenção um grande desafio.

O custo de falhas de correção em sistemas de proteção contra corrosão em alto mar é estimado como 75 vezes maior por m² que as instalações próximas da costa, colocando, potencialmente em risco toda a viabilidade econômica do projeto. Como resultado, os sistemas de proteção contra corrosão para turbinas eólicas em alto mar têm expectativa de fornecer um tempo de serviço de 20 a 25 anos, com uma manutenção mínima.

Uma análise de custo do ciclo de vida útil comparou os custos de dois sistemas de proteção normalmente usados para aplicação em alto mar em um período de 20 anos. Os resultados mostram que a aspersão térmica de zinco + pintura fornece a proteção contra corrosão exigida e ganhos significativos durante os 20 anos de vida da estrutura, quando comparados com os sistemas que usam apenas pintura.

Análise do Custo do Ciclo de Vida Útil

Os dois revestimentos de referência que foram analisados foram aplicados em dois parques eólicos há mais de dez anos: Horns Rev. é um parque eólico dinamarquês construído em 2003 que usou um sistema de aspersão térmica de zinco + pintura (lado externo: aspersão térmica de zinco de 100 µm; pintura epóxi de 100 µm; pintura epóxi de 120 µm; pintura de poliuretano de 50 µm) e Utgrunden é um parque eólico sueco construído em 2000 que usou um sistema apenas de pintura (lado externo: pintura de pó de zinco epóxi de 75 µm; pintura epóxi de 2x110 µm; pintura de poliuretano de 50µm). Um revestimento superior de poliuretano de 50 micras foi adicionado em ambos os sistemas.

Como mostrado na Tabela 1, a análise do custo do ciclo de vida útil computou os custos iniciais de fabricação para

Tabela 1: Custo Inicial

	Aspersão Térmica de Zinco + Pintura	Apenas Pintura
Custos Iniciais da Oficina		
Material	27.65/m ²	30.66/m ²
Mão-de-Obra	51.67/m ²	34.60/m ²
Custos Totais da Oficina/m ²	79.32/m ²	65.26/m ²

aplicar proteção contra corrosão na estrutura de aço, para manutenção em um período de tempo presumido de 20 anos de vida útil da estrutura. A torre eólica selecionada para esta análise foi a Siemens SWT-3.6-107 3.6MW com uma altura de rotor de 88 m – este valor fica na metade da altura mínima do rotor de 80 m e da máxima de 96 m. A análise dos custos para manutenção foi limitada à área da superfície externa da torre acima da linha de água, que inclui as zonas da maré, de respingos e a atmosférica. O tamanho da área era de 1286 m².

A área anual de reparo é baseada em dados de custo do ciclo de vida útil do SINTEF (Organização de Pesquisa Independente da Escandinávia), já que é necessário reparar 1% da área externa da torre (12,86 m²) acima da linha de água a cada ano nos 12 primeiros anos. Isto se aplica a ambos os sistemas de proteção considerados nesta análise. Para a aspersão térmica de zinco + pintura, sabe-se que esta área de 1% de frequência de reparo deve persistir durante o restante da vida útil de 20 anos. Nos sistemas de apenas pintura, há relatos de que a corrosão do aço coberto aumenta significativamente após 12 anos, exigindo que 5% da área exposta (64,3 m²) sejam reparados a cada ano dos oito anos restantes da vida útil presumida de 20 anos. Os custos usados nesta análise são baseados nos custos e formalismos indicados no paper da Knudsen, que refletem os custos norte-americanos de 2008 para os sistemas de proteção contra corrosão com aspersão térmica de zinco + pintura e com apenas pintura. Estes custos têm sido ajustados aos preços de 2013, levando em consideração os valores de inflação e os desenvolvimentos dos índices de preço do produtor.

Para calcular os custos de manutenção, para os anos futuros, foram aplicadas uma taxa de inflação de 2% e uma taxa de desconto de 3% para todos os valores. Os resultados foram tabulados em Valores Atuais Líquidos (NPV). Um cálculo adicional, o custo anual equivalente médio (AEAC), foi também realizado. Ele combina o custo atual da aplicação do sistema de revestimento com todos os custos futuros de manutenção do sistema.

Custo do Ciclo de Vida Útil

Os custos iniciais de aplicação do revestimento são pequenos quando comparados com os custos de manutenção sobre a vida útil das estruturas. Como indicado na tabela 2, o valor atual líquido do custo de manutenção do sistema de aspersão térmica de zinco + pintura é de US\$ 1.334.270, enquanto que para o sistema de apenas pintura é de US\$ 4.928.195. O custo de manutenção mais alto do sistema de apenas pintura é decorrente dos custos muito mais volumosos durante os últimos 8 anos de vida do projeto, quando assumimos que 5% da área externa devem ser reparados, em comparação com 1% durante os primeiros 12 anos.

Tabela 2: Custos de 20 Anos Expressos em Valores Atuais Líquidos (NPV) e Resultados do Custo Anual Equivalente Médio (US\$ 000)

	Aspersão Térmica de Zinco + Pintura	Apenas Pintura
Custos Iniciais Totais - 1,286m ²	102	84
NPV's de Manutenção - 1% (20 anos)	1,334	-
NPV's de Manutenção - 1% (primeiros 12 anos)	-	832
NPV's de Manutenção - 5% (últimos 8 anos)	-	4,097
Total de NPVs	1,436	5,012
Custo Anual Equivalente Médio (AEAC)	97	337

Os custos iniciais mais altos do sistema de aspersão térmica de zinco + pintura são compensados pelos valores atuais líquidos, considerando os custos iniciais e os custos de manutenção em 20 anos. O Custo Anual Equivalente Médio é 3,4 vezes maior que o custo de apenas pintura, quando comparado com a aspersão térmica de zinco + pintura, resultando em uma diferença entre os AEACs de US\$ 240.350, anualmente, para cada um dos 20 anos, tornando a pulverização térmica de zinco + pintura, um sistema de proteção contra corrosão mais econômico e confiável para estruturas de energia eólica em alto mar. Isto se traduz em um ganho de 1,87 centavos de dólar/KWh, para cada kWh de energia gerada, durante os 20 anos de expectativa de vida útil da torre.