



Os compostos físicos e químicos melhoram as propriedades do revestimento para aumentar o desempenho

Por Neil Wilds, Diretor de Produto Global – CUI, e Dr. Jeffrey David Rogozinski, Diretor de Produto Global – FBE, para Sherwin-Williams Protective & Marine

Às vezes, um pouco de reforço adicional é tudo o que é necessário para transformar um revestimento de bom desempenho em um revestimento composto de alto desempenho. Esses compostos físicos dos revestimentos combinam duas ou mais substâncias que, juntas, oferecem propriedades de desempenho superiores à soma de suas partes. O mesmo vale para os revestimentos compostos químicos, que também oferecem propriedades aprimoradas com base nas reações químicas que ocorrem à medida que os revestimentos curam. Em ambos os casos, os revestimentos compostos podem apresentar propriedades anticorrosivas, resistência química, flexibilidade, resistência à abrasão e/ou adesão aprimoradas, entre outras. Sem as substâncias adicionadas em compostos físicos ou as reações que ocorrem em compostos químicos, os revestimentos não teriam um desempenho tão bom.

Os aplicadores também podem permitir um desempenho semelhante ao composto, construindo revestimentos em camadas para criar sistemas que oferecem desempenho geral aprimorado em comparação com seus resultados individuais de camada única. Nesses casos, cada camada de revestimento pode ou não ser um composto.

Este artigo revisará os vários tipos de revestimentos compostos e descreverá como eles permitem um desempenho mais robusto, melhorando

propriedades como resistência à corrosão, durabilidade, flexibilidade e resistência ao descolamento catódico.

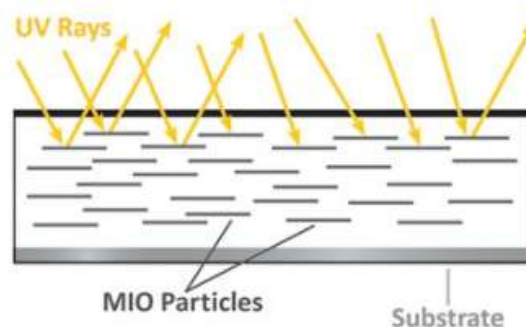


Figura 1. Os pigmentos MIOX incorporados em um revestimento formam uma barreira que desvia os raios UV para minimizar a degradação do revestimento. A estrutura de pigmento em camadas também atenua a penetração de umidade, oxigênio e outros elementos no revestimento.

O QUE SÃO COMPOSTOS?

Os revestimentos podem se tornar compostos de duas maneiras, dependendo se são formados fisicamente ou quimicamente.

Os revestimentos compostos físicos são muito simples. Os fabricantes começam com um revestimento líquido tradicional e o aprimoram adicionando substâncias como flocos de vidro, óxido

de ferro micáceo (MIOX), cerâmica ou outros materiais.

Quando misturados, esses aditivos se distribuem homogêneaemente por todo o filme de revestimento para fornecer propriedades adicionais. Por exemplo, o flocos de vidro pode ajudar a aumentar a resistência, refletir a radiação ultravioleta (UV) (para retardar a degradação UV) e/ou adicionar resistência à compressão ou tração. Os compostos físicos começam como misturas homogêneas e tomam forma final durante o processo de cura. À medida que os solventes ou ativadores são liberados da solução de revestimento, os constituintes do revestimento se deslocam e se alinham fisicamente por todo o revestimento para fornecer cobertura e proteção uniformes dentro do filme. Esse alinhamento é evidente na **Figura 1**, que mostra como os flocos de MIO curados dentro da matriz de um revestimento se alinham para desviar os raios UV e mitigar a penetração de umidade, oxigênio e outros eletrólitos no revestimento.



Figura 2. Testes de batida de pedras (topo) provaram que um revestimento de epóxi fusion-bonded (FBE) composto químico fornece a resistência ao impacto e à abrasão necessária para proteger a camada de base anticorrosiva FBE de ficar exposta (inferior).

Compostos químicos, que podem ser feitos dentro de Fusion Bonded Epoxi (FBEs), são consideravelmente mais complexos. Eles assumem a forma inicial de pós, que são essencialmente inertes até serem ativados pelo processo de aplicação. Por exemplo, quando FBEs em pó são pulverizados na superfície pré-aquecida de um tubo de aço, o pó rapidamente se transforma em um líquido que flui e

se liga quimicamente durante esse processo devido a mudanças no nível molecular dentro do material. Os componentes do revestimento “separados por fase”, com moléculas de fase contíguas de reação rápida formando rapidamente uma rede de ligações cruzadas que conferem ao revestimento um grau particular de tenacidade, tolerância à temperatura (com base na temperatura de transição vítrea (Tg) do revestimento) e propriedades de barreira, juntamente com flexibilidade.

Durante a aplicação de FBEs em pó, as fases contíguas do revestimento reagem tão rapidamente que as reticulações que formam envolvem outras porções, resultando em “oclusões” em toda a estrutura reticulada. A distribuição dessas estruturas moleculares de “fase ocluída” é fundamental para a flexibilidade e resistência do revestimento. Individualmente e coletivamente, as moléculas dentro dessas oclusões funcionam como almofadas ou amortecedores dentro da estrutura reticulada rígida, absorvendo e dissipando o impacto e as forças de flexão em toda a superfície do revestimento. As oclusões ajudam a evitar que as forças se concentrem em um único local onde um impacto – como pedras caindo em cima de uma tubulação durante a instalação (**Figura 2**) – poderia rachar ou quebrar a treliça mais dura das ligações cruzadas. As oclusões também permitem uma flexibilidade incrível para os revestimentos, permitindo que as operações offshore de exploração de petróleo e gás instalem dutos usando o método reel-lay, que envolve enrolar seções de dutos de quilômetros de extensão em carretéis em terra para instalações eficientes no mar.

CONSIDERANDO AS CAMADAS

Um revestimento, mesmo um composto, não fornece necessariamente todas as propriedades necessárias, especialmente em aplicações desafiadoras. Portanto, uma terceira maneira de criar um revestimento tipo compósito é colocar vários materiais em camadas para criar um sistema de revestimento multicamadas. Essa prática ocorre naturalmente sempre que os aplicadores usam mais de uma camada de revestimento, incluindo primers, pois cada camada oferece seus benefícios de proteção

específicos ao ativo revestido para maior proteção coletiva do ativo à medida que as camadas se acumulam. Qualquer sistema de revestimento multicamada pode oferecer proteção adicional simplesmente criando uma barreira física maior entre os elementos externos e o substrato do ativo revestido. No entanto, esses sistemas podem ser ainda mais robustos quando algumas ou todas as várias camadas que compõem o sistema de revestimento são os próprios compostos. Idealmente, o sistema completo oferecerá uma barreira de proteção multinível de ligação covalente com propriedades de desempenho que funcionam sinergicamente como uma estrutura composta unificada de várias camadas.

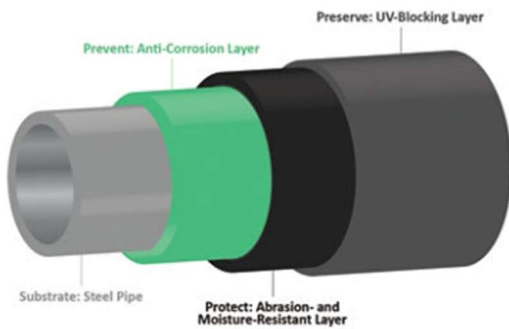


Figura 3. Uma abordagem de várias camadas para revestimento de tubulações para desempenho de longo prazo inclui:

- Uma camada base anticorrosiva FBE para evitar a corrosão da tubulação
- Uma camada intermediária de FBE resistente à abrasão e à umidade para proteger a camada anticorrosiva do desgaste
- Uma camada de bloqueio de UV, que pode ser um poliéster ligado por fusão ou revestimento acrílico à base de água, para preservar as duas primeiras camadas antes de enterrar ou submergir os tubos

Veja os revestimentos que são usados em até três camadas (**Figura 3**), por exemplo, para proteger a parte externa de tubulações enterradas. Para praticamente todas as aplicações que envolvem um tubo de aço – do Subsea ao subterrâneo e acima do solo – as propriedades do revestimento anticorrosivo são primordiais. Portanto, a camada inferior de um sistema de revestimento de tubulação é otimizada para esta tarefa com uma combinação de adesão

excepcional e propriedades anticorrosivas de longo prazo. Esta camada de revestimento FBE, que é um composto químico, é caracterizada por alta flexibilidade e um alto, mas equilibrado grau de propriedades adesivas e coesivas. O equilíbrio dessas propriedades é importante para resistir ao descolamento catódico e – no caso de danos físicos (por exemplo, danos por impacto ou arranhões) ao revestimento – para prevenir ou limitar muito qualquer corrosão da superfície que se espalhe pela redução do revestimento anticorrosivo. As propriedades afinadas desta camada composta de FBE evitam que elementos corrosivos atinjam o substrato do tubo de aço com excelente resistência a rachaduras, fluxo frio e amolecimento em uma ampla faixa de temperatura.

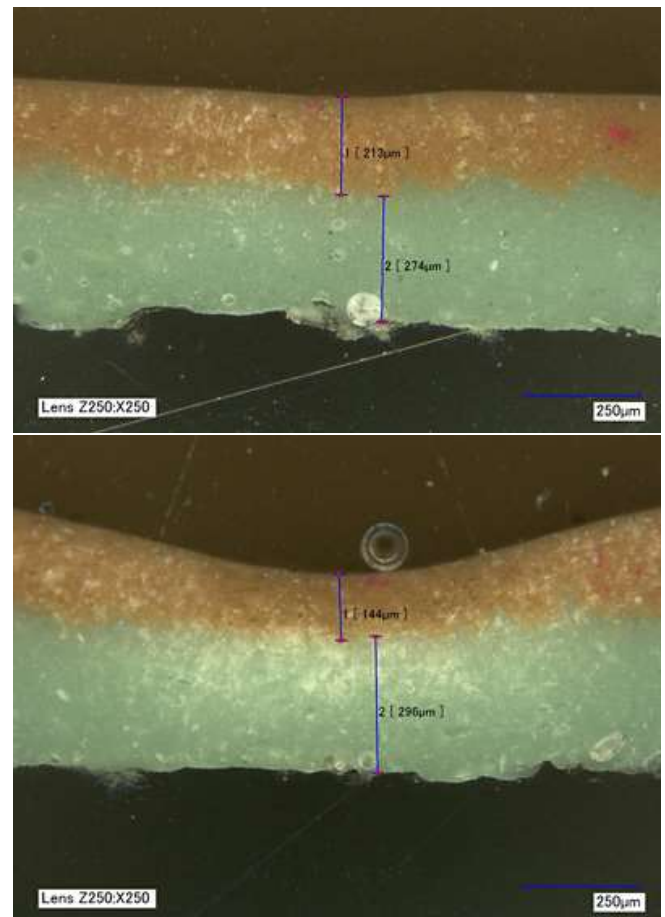


Figura 4. Realizando o teste NACE TM0215-2015, os técnicos aplicaram uma broca R33 especificada pela ASTM em um revestimento FBE resistente à abrasão e à umidade para tentar arrancá-lo. A aplicação de 32 kg de pressão (topo) pouco afetou o revestimento. Com 62 kg de pressão aplicada (inferior), o revestimento comprimiu na interface da broca, mas não arrancaram.

As aplicações de pipeline podem se beneficiar muito de uma camada adicional de proteção – aplicada sobre a camada anticorrosiva básica – projetada para resistir a ataques físicos e químicos. Este revestimento FBE composto químico ainda mais resistente e flexível fornece um alto nível de resistência à abrasão para ajudar a evitar arranhões que um tubo possa encontrar desde o transporte até a instalação ao cortar essa camada. Por exemplo, testes para o padrão NACE TM0215-2015 mostraram que aplicar pressão significativa ao revestimento resultou na compressão do revestimento, mas não no arrancamento (**Figura 4**). Sem essa camada protetora, a camada anticorrosiva pode ser danificada, expondo o aço nu abaixo e aumentando o potencial de corrosão. Esta camada composta adicional também fornece uma barreira de umidade para mitigar o potencial de penetração de água para atingir o revestimento anticorrosivo.

Finalmente, em algumas aplicações, os responsáveis pelas instalações de dutos podem querer considerar uma terceira camada de proteção do tipo compósito – uma projetada para preservar as camadas inferiores contra a degradação por UV. Esta camada opcional pode ser garantida para dutos expostos, bem como projetos subterrâneos ou submarinos nos quais existem atrasos substanciais entre o revestimento dos tubos e sua instalação. Devido à sua formulação epóxi, os FBEs não envelhecem bem sob luz UV. Como muitos tubos devem ser transportados por longas distâncias enquanto expostos, eles estão sujeitos a uma grande exposição prejudicial aos raios UV. Isso também é verdade para tubos que podem ficar por longos períodos no local de instalação da tubulação antes de serem instalados. Quanto maior a exposição, maior o risco das camadas de revestimento FBE de proteção e prevenção de corrosão se deteriorarem e reduzirem seu desempenho. A adição de uma camada de revestimento protetor externo de um poliéster ligado por fusão ou revestimento acrílico à base de água evita que a luz UV atinja os FBEs, prolongando suas vidas.

RESISTINDO AO DESCOLAMENTO CATÓDICO

Revestimentos compostos físicos, químicos e multicamadas fornecem uma variedade de propriedades adicionais que ajudam os revestimentos a ter um desempenho melhor e mais longo em suas aplicações pretendidas. Entre essas propriedades, a resistência aprimorada ao descolamento catódico é um benefício fundamental para os operadores de dutos que usam FBEs compostos para proteger tubos enterrados ou submersos da corrosão.

Tais instalações de dutos geralmente usam sistemas de proteção catódica (CP) como um sistema de mitigação de corrosão de backup. Os sistemas CP aplicam uma corrente a uma tubulação que permite que os elétrons fluam de um ânodo de sacrifício para uma superfície de aço para evitar a corrosão. Os FBEs são projetados para trabalhar sinergicamente com os sistemas CP para fornecer uma abordagem de duas frentes para a prevenção de corrosão. Os FBEs aplicados à tubulação fornecem propriedades de barreira que protegem o substrato do tubo metálico da corrosão, com o sistema CP servindo como backup.

Se uma ruptura se forma em um revestimento FBE em uma instalação de tubulação suportada por um sistema CP, o fluxo de elétrons resultante permite que o ânodo de sacrifício seja corroído preferencialmente no tubo. Dentro da área de ruptura do revestimento, a alcalinidade aumenta devido à interação da corrente CP com água e eletrólitos. Essa concentração alcalina mais alta afeta negativamente a adesão do revestimento e pode, portanto, torná-lo propenso a descolamento catódico. No entanto, esse descolamento catódico pode ser mitigado usando FBEs compostos químicos com forte potencial de adesão que foram testados em laboratório e em campo para confirmar seu desempenho. Esses FBEs também devem ser não blindados, o que significa que eles permitem que a corrente do sistema CP atinja o substrato do tubo de aço e, portanto, permitem a proteção catódica. Se os FBEs protegessem o tubo dessa corrente, o sistema CP não forneceria muita proteção contra corrosão de backup, se houver.

UM FUTURO COMPOSTO

Por meio de pesquisa e desenvolvimento contínuos, tornou-se possível desenvolver revestimentos compostos que podem executar várias tarefas de forma sinérgica. Os próprios revestimentos podem incluir aditivos físicos que melhoram sua adesão, resistência, durabilidade, desempenho térmico e resistência à abrasão, penetração de umidade, ataques químicos e corrosão. Alternativamente, os revestimentos podem formar essas propriedades melhoradas quimicamente à medida que vários elementos dentro de suas formulações curam e se unem para formar uma matriz de revestimento interligada. Além disso, diferentes camadas de revestimento podem ser construídas e unidas em uma estrutura composta unificada de várias camadas que oferece tipos especializados de proteção. Em qualquer um desses casos, os revestimentos compostos oferecem propriedades aprimoradas em comparação com os revestimentos não compostos. Tais propriedades podem ser especialmente benéficas para o desempenho anticorrosivo de longo prazo dos revestimentos.

SOBRE OS AUTORES

Neil Wilds é Diretor de Produto Global – CUI da Sherwin-Williams Protective & Marine. Com 36 anos de experiência em revestimentos técnicos, Wilds desenvolve estratégias para proteção de ativos de longo prazo e direciona o desenvolvimento de especificações e programas de testes. Ele é membro de várias associações de revestimentos, incluindo AMPP, NORSOK M501, a International Organization for Standardization (ISO) e outras.

Dr. Jeffrey David Rogozinski é Diretor de Produto Global – Fusion Bonded Epoxi para Sherwin-Williams Protective & Marine. Com mais de 30 anos de experiência em tintas, é responsável pelo desenvolvimento de tintas protetoras, tintas em pó, resinas e aditivos para os mercados de óleo e gás, dutos, pontes e rodovias. Sua ênfase na ciência de revestimentos é pesquisar e testar a síntese de polímeros e a caracterização de propriedades de estrutura. Ele é membro de várias associações de revestimentos e consultor para redação de especificações globais para o CSA Group, a International Organization for Standardization (ISO), ASTM International, AMPP e outros. Rogozinski tem doutorado em ciência aplicada para química de polímeros e compostos.