



Los compuestos físicos y químicos mejoran las propiedades del recubrimiento para aumentar el rendimiento

Por Neil Wilds, Director de Producto Global - CUI, y el Dr. Jeffrey David Rogozinski, Director de Producto Global - FBE, para Sherwin-Williams Protective & Marine

A veces, un poco de refuerzo adicional es todo lo que se necesita para convertir un revestimiento de buen rendimiento en un revestimiento compuesto de alto rendimiento. Estos compuestos físicos en los recubrimientos combinan dos o más sustancias que juntas brindan propiedades de desempeño superiores a la suma de sus partes. Lo mismo ocurre con los recubrimientos de compuestos químicos, que también ofrecen propiedades mejoradas basadas en las reacciones químicas que ocurren a medida que se curan los recubrimientos. En ambos casos, los recubrimientos compuestos pueden tener propiedades anticorrosivas mejoradas, resistencia química, flexibilidad, resistencia a la abrasión y/o adherencia mejorada, entre otras. Sin las sustancias añadidas a los compuestos físicos o las reacciones que ocurren en los compuestos químicos, los recubrimientos no funcionarían tan bien.

Los aplicadores también pueden permitir un rendimiento similar al compuesto mediante la construcción de recubrimientos en capas para crear sistemas que ofrecen un rendimiento general mejorado en comparación con los resultados individuales de una sola capa. En tales casos, cada capa de revestimiento puede ser o no un material compuesto.

Este artículo revisará los diversos tipos de recubrimientos compuestos y describirá cómo permiten un rendimiento más sólido, mejorando

propiedades como la resistencia a la corrosión, la durabilidad, la flexibilidad y la resistencia al desprendimiento catódico.

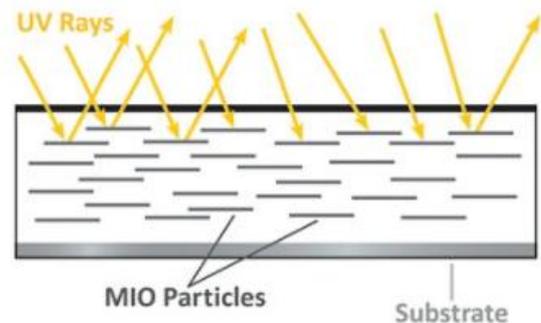


Figura 1. Los pigmentos MIO incorporados en un recubrimiento forman una barrera que desvía los rayos UV para minimizar la degradación del recubrimiento. La estructura de pigmento en capas también atenúa la penetración de humedad, oxígeno y otros elementos en el revestimiento.

¿QUÉ SON LOS COMPUESTOS?

Los revestimientos pueden convertirse en compuestos de dos maneras, dependiendo de si se forman física o químicamente.

Los recubrimientos compuestos físicos son muy simples. Los fabricantes comienzan con un recubrimiento líquido tradicional y lo mejoran agregando sustancias como escamas de vidrio, óxido de hierro micáceo (MIO), cerámica u otros materiales. Cuando se mezclan, estos aditivos se distribuyen

uniformemente por toda la película de recubrimiento para proporcionar propiedades adicionales. Por ejemplo, el vidrio en escamas puede ayudar a aumentar la resistencia, reflejar la radiación ultravioleta (UV) (para retrasar la degradación UV) y/o agregar resistencia a la compresión o a la tracción. Los compuestos físicos comienzan como mezclas homogéneas y toman su forma final durante el proceso de curado. A medida que se liberan solventes o activadores de la solución de recubrimiento, los componentes del recubrimiento se desplazan físicamente y se alinean en todo el recubrimiento para brindar una cobertura y protección uniformes dentro de la película. Esta alineación es evidente en la **Figura 1**, que muestra cómo las escamas de MIO curadas dentro de la matriz de un recubrimiento se alinean para desviar los rayos UV y mitigar la penetración de humedad, oxígeno y otros electrolitos en el recubrimiento.



Figura 2. Las pruebas de desprendimiento de rocas (top) han demostrado que un recubrimiento de epoxi unido por fusión (FBE) compuesto químico proporciona la resistencia al impacto y a la abrasión necesaria para proteger la capa base anticorrosiva FBE de la exposición (fondo).

Los compuestos químicos, que pueden convertirse en Fusion Bonded Epoxis (FBE), son considerablemente más complejos. Toman la forma inicial de polvos, que son esencialmente inertes hasta que son activados por el proceso de aplicación. Por ejemplo, cuando se rocían FBE en polvo sobre la superficie precalentada de una tubería de acero, el polvo se convierte rápidamente en un líquido que fluye y se une químicamente durante este proceso debido a los cambios de nivel molecular dentro del material. Componentes de recubrimiento de "fase

separada", con moléculas de fase contigua que reaccionan y forman rápidamente una red de enlaces cruzados que dan al recubrimiento un grado particular de tenacidad, tolerancia a la temperatura (basado en la temperatura de transición vítrea (Tg) del recubrimiento) y barrera. propiedades, junto con la flexibilidad.

Durante la aplicación de FBE en polvo, las fases contiguas del recubrimiento reaccionan tan rápidamente que los entrecruzamientos que forman envuelven otras porciones, lo que da como resultado "oclusiones" en toda la estructura entrecruzada. La distribución de estas estructuras moleculares de "fase ocluida" es fundamental para la flexibilidad y la resistencia del recubrimiento. Individual y colectivamente, las moléculas dentro de estas oclusiones funcionan como cojines o amortiguadores dentro de la estructura de celosía rígida, absorbiendo y disipando el impacto y las fuerzas de flexión en la superficie del revestimiento. Las oclusiones ayudan a evitar que las fuerzas se concentren en un solo lugar donde un impacto, como rocas que caen sobre una tubería durante la instalación (**Figura 2**), podría agrietar o romper la armadura más rígida de los enlaces cruzados. Las oclusiones también permiten una flexibilidad increíble para los revestimientos, lo que permite que las operaciones de exploración de petróleo y gas en alta mar instalen tuberías utilizando el método de colocación de carretes, que implica enrollar secciones de tuberías de un kilómetro de largo en carretes en tierra para instalaciones eficientes en el mar.

TENIENDO EN CUENTA LAS CAPAS

Un recubrimiento, incluso un compuesto, no necesariamente brinda todas las propiedades requeridas, especialmente en aplicaciones desafiantes. Por lo tanto, una tercera forma de crear un revestimiento de tipo compuesto es colocar varios materiales en capas para crear un sistema de revestimiento multicapa. Esta práctica ocurre naturalmente siempre que los aplicadores usan más de una capa de recubrimiento, incluidos los imprimadores, ya que cada capa ofrece sus beneficios de protección específicos al activo revestido para una mayor protección colectiva de los activos a medida que se acumulan las capas. Cualquier sistema de

revestimiento multicapa puede proporcionar protección adicional simplemente creando una mayor barrera física entre los elementos externos y el sustrato del activo revestido. Sin embargo, estos sistemas pueden ser aún más robustos cuando algunas o todas las diversas capas que componen el sistema de recubrimiento son los propios compuestos. Idealmente, el sistema completo ofrecerá una barrera protectora de múltiples niveles unida covalentemente con propiedades de rendimiento que funcionen sinérgicamente como una estructura compuesta unificada de múltiples capas.

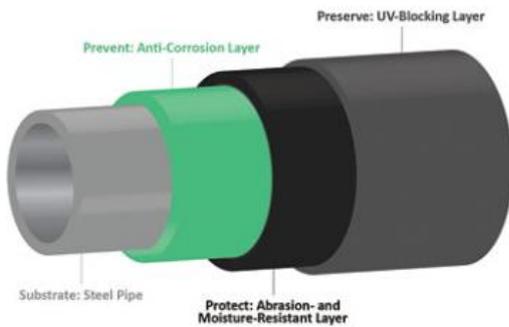


Figura 3. Un enfoque de múltiples capas para recubrir tuberías para un rendimiento a largo plazo incluye:

- Una capa base anticorrosión FBE para evitar la corrosión de las tuberías
- Una capa intermedia FBE resistente a la abrasión y la humedad para proteger la capa anticorrosión del desgaste
- Una capa bloqueadora de rayos ultravioleta, que puede ser un poliéster unido por fusión o un recubrimiento acrílico a base de agua, para preservar las dos primeras capas antes de enterrar o sumergir los tubos.

Ver revestimientos que se utilizan hasta en tres capas (Figura 3), por ejemplo, para proteger el exterior de tuberías enterradas. Para prácticamente todas las aplicaciones que involucran una tubería de acero, desde submarinas hasta subterráneas y sobre el suelo, las propiedades de un revestimiento anticorrosión son primordiales. Por lo tanto, la capa inferior de un sistema de revestimiento de tuberías está optimizada para esta tarea con una combinación de excepcional adherencia y propiedades anticorrosivas a largo plazo. Esta capa de recubrimiento FBE, que es un compuesto químico, se

caracteriza por una alta flexibilidad y un alto pero equilibrado grado de propiedades adhesivas y cohesivas. El equilibrio de estas propiedades es importante para resistir el desprendimiento catódico y, en el caso de daño físico (p. ej., daño por impacto o rayado) en el recubrimiento, para prevenir o limitar en gran medida cualquier corrosión superficial que se propague a través de la reducción del recubrimiento anticorrosión. Las propiedades afinadas de esta capa compuesta FBE evitan que los elementos corrosivos lleguen al sustrato del tubo de acero con una excelente resistencia al agrietamiento, el flujo en frío y el ablandamiento en un amplio rango de temperatura.

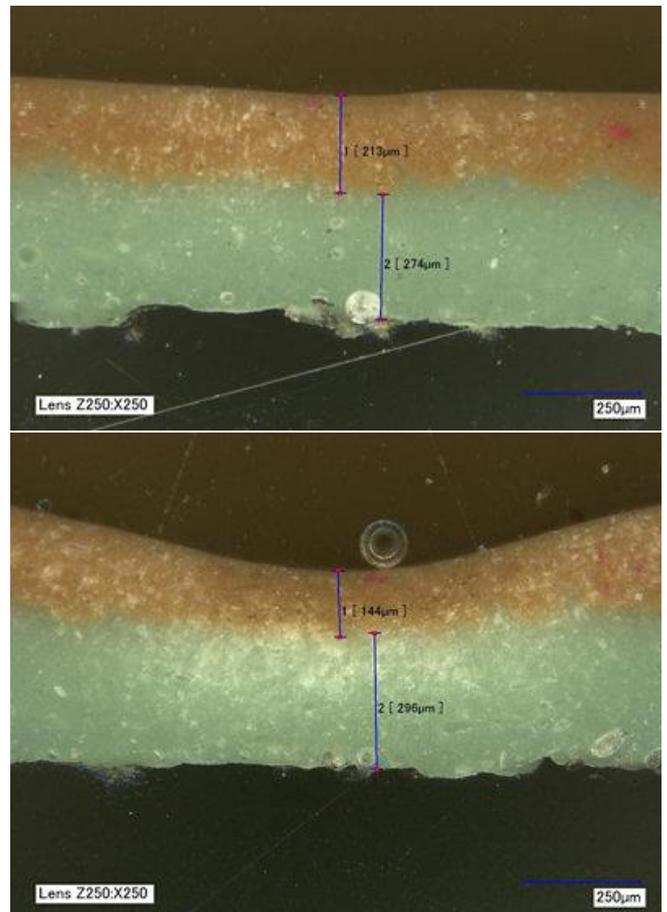


Figura 4. Al realizar la prueba NACE TM0215-2015, los técnicos aplicaron un taladro R33 especificado por ASTM a un revestimiento FBE resistente a la abrasión y la humedad para intentar perforarlo. La aplicación de 32 kg de presión (parte superior) tuvo poco efecto sobre el recubrimiento. Con 62 kg de presión aplicada (abajo), el revestimiento se comprimió en la interfaz de la barrena, pero no se abrió.

Las aplicaciones de tuberías pueden beneficiarse enormemente de una capa adicional de protección, aplicada sobre la capa anticorrosión básica, diseñada para resistir ataques físicos y químicos. Este revestimiento FBE de compuesto químico aún más fuerte y más flexible proporciona un alto nivel de resistencia a la abrasión para ayudar a prevenir los rayones que puede encontrar una tubería desde el envío hasta la instalación al cortar esta capa. Por ejemplo, las pruebas para el estándar NACE TM0215-2015 mostraron que aplicar una presión significativa al revestimiento resultó en que el revestimiento se comprimiera pero no se abollara (Figura 4). Sin esta capa protectora, la capa anticorrosión puede dañarse, exponiendo el acero desnudo debajo y aumentando el potencial de corrosión. Esta capa compuesta adicional también proporciona una barrera contra la humedad para mitigar la posibilidad de que el agua penetre y alcance el revestimiento anticorrosión.

Finalmente, en algunas aplicaciones, los instaladores de tuberías pueden querer considerar una tercera capa de protección de tipo compuesto, una diseñada para preservar las capas inferiores de la degradación UV. Esta capa opcional se puede garantizar para tuberías sobre el suelo, así como para proyectos subterráneos o submarinos en los que existen retrasos considerables entre el revestimiento de la tubería y su instalación. Debido a su formulación epoxi, los FBE no envejecen bien bajo la luz ultravioleta. Como muchos tubos deben transportarse largas distancias mientras están expuestos, están sujetos a una gran cantidad de exposición UV dañina. Esto también se aplica a las tuberías que se pueden dejar durante períodos prolongados en el sitio de instalación de las tuberías antes de instalarlas. Cuanto mayor sea la exposición, mayor será el riesgo de que las capas de revestimiento FBE de protección y prevención de la corrosión se deterioren y reduzcan su rendimiento. La adición de una capa protectora exterior de poliéster unido por fusión o un revestimiento acrílico a base de agua evita que la luz ultravioleta llegue a los FBE, lo que prolonga su vida útil.

RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO CATÓDICO

Los recubrimientos compuestos físicos, químicos y multicapa brindan una variedad de propiedades adicionales que ayudan a que los recubrimientos funcionen mejor y durante más tiempo en las aplicaciones previstas. Entre estas propiedades, la resistencia mejorada a la desunión catódica es un beneficio clave para los operadores de tuberías que usan FBE compuestos para proteger las tuberías enterradas o sumergidas contra la corrosión.

Estas instalaciones de tuberías suelen utilizar sistemas de protección catódica (CP) como sistema de mitigación de la corrosión de respaldo. Los sistemas CP aplican una corriente a una tubería que permite que los electrones fluyan desde un ánodo de sacrificio a una superficie de acero para evitar la corrosión. Los FBE están diseñados para trabajar de forma sinérgica con los sistemas CP para proporcionar un enfoque doble para la prevención de la corrosión. Los FBE aplicados a la tubería brindan propiedades de barrera que protegen el sustrato de la tubería de metal de la corrosión, y el sistema CP sirve como respaldo.

Si se forma una ruptura en un recubrimiento FBE en una instalación de tubería soportada por un sistema CP, el flujo de electrones resultante permite que el ánodo de sacrificio se corroa preferentemente en la tubería. Dentro del área de ruptura del recubrimiento, la alcalinidad aumenta debido a la interacción de la corriente CP con el agua y los electrolitos. Esta mayor concentración alcalina afecta negativamente a la adhesión del revestimiento y, por lo tanto, puede hacerlo propenso al desprendimiento catódico. Sin embargo, este desprendimiento catódico se puede mitigar mediante el uso de compuestos químicos FBE con un fuerte potencial de adhesión que han sido probados en laboratorio y en el campo para confirmar su rendimiento. Estos FBE también deben estar sin blindaje, lo que significa que permiten que la corriente del sistema CP llegue al sustrato del tubo de acero y, por lo tanto, permiten la protección catódica. Si los FBE protegieran la tubería de esta corriente, el sistema CP no proporcionaría mucha protección contra la corrosión de respaldo, si la hubiera.

UN FUTURO COMPUESTO

A través de la investigación y el desarrollo continuos, se ha hecho posible desarrollar recubrimientos compuestos que pueden realizar múltiples tareas de forma sinérgica. Los recubrimientos mismos pueden incluir aditivos físicos que mejoran su adherencia, resistencia, durabilidad, desempeño térmico y resistencia a la abrasión, penetración de humedad, ataque químico y corrosión. Alternativamente, los recubrimientos pueden formar estas propiedades mejoradas químicamente a medida que varios elementos dentro de sus formulaciones se curan y se unen para formar una matriz de recubrimiento interconectada. Además, se pueden construir y unir diferentes capas de revestimiento en una estructura compuesta unificada de múltiples capas que ofrece tipos especializados de protección. En cualquier caso, los revestimientos compuestos ofrecen propiedades mejoradas en comparación con los revestimientos no compuestos. Tales propiedades pueden ser especialmente beneficiosas para el desempeño anticorrosivo a largo plazo de los recubrimientos.

SOBRE LOS AUTORES

Neil Wilds es Director de Producto Global - CUI en Sherwin-Williams Protective & Marine. Con 36 años de experiencia en recubrimientos técnicos, Wilds desarrolla estrategias para la protección de activos a largo plazo y dirige el desarrollo de especificaciones y programas de prueba. Es miembro de varias asociaciones de recubrimientos, incluidas AMPP, NORSOK M501, la Organización Internacional de Normalización (ISO) y otras.

Dr. Jeffrey David Rogozinski es Director de Producto Global – Fusion Bonded Epoxi para Sherwin-Williams Protective & Marine. Con más de 30 años de experiencia en recubrimientos, es responsable del desarrollo de recubrimientos protectores, recubrimientos en polvo, resinas y aditivos para los mercados de petróleo y gas, oleoductos, puentes y carreteras. Su énfasis en la ciencia de los recubrimientos es investigar y probar la síntesis de polímeros y caracterizar las propiedades de la estructura. Es miembro de varias asociaciones de recubrimientos y consultor de redacción de especificaciones globales para CSA Group, la Organización Internacional de Normalización (ISO), ASTM International, AMPP y otros. Rogozinski tiene un doctorado en ciencias aplicadas a la química de polímeros y compuestos.