

## Control de corrosión marina. Encarando los retos ambientales.

Marco A Chen



Panamá

PUBLICADO  
30/01/2005

**El control de corrosión es un tema que implica muchísimas consideraciones sujetas a condiciones muy peculiares. ¿Cuáles son los retos que continuamente enfrentamos los profesionales dedicados al mantenimiento de estructuras y equipos en ambientes sometidos a mucha corrosión, en particular en lo relativo a los impactos ambientales? ¿Cuáles han sido o son algunos de los problemas de mayor consideración y sus posibles soluciones? Si reconocemos que existe un problema, ya contamos con la mitad de su solución.**

A medida que va aumentando el conocimiento humano surgen nuevos y mayores retos. Al darnos cuenta de que estamos acabando con nuestro planeta, se ha puesto sobre el tapete el reto de la conservación ecológica, incluyendo la necesidad de prevenir la contaminación y discontinuar el uso de productos tóxicos o contaminantes. La reducción de la capa de ozono ha impuesto restricciones a la emisión de solventes. La proliferación de polvos fugitivos ha dado un nuevo enfoque a los procesos de limpieza metálica.

Los problemas y sus soluciones en el área del control de la corrosión han evolucionado a la par que los conceptos de protección del medio ambiente, incluyéndonos en él a nosotros mismos.

### Evolución de la eficiencia

Se comenzó hablando de contaminar menos, y al final de los trabajos, recoger la basura contaminante y disponer de ella en rellenos sanitarios adecuados, además de usar productos y tecnologías más eficientes. Luego cambiamos al concepto de reducir el impacto de la contaminación, conservando y reciclando los materiales. La siguiente tecnología se derivó del concepto de no contaminar o prevenir la contaminación, favoreciendo métodos, productos y equipos que no introducen elementos contaminantes a los procesos. La primera pregunta que nos deberíamos hacer en la reingeniería de un proceso es: ¿Es esto absolutamente necesario? ¿Hay alguna forma mejor de hacer esto? Por sus relativos bajos costos, el uso de recubrimientos protectores es uno de los métodos anticorrosivos más utilizados para el control de la corrosión. Su eficacia depende del grado de preparación y limpieza que se pueda dar a la superficie metálica. Para tal efecto, el método considerado óptimo es el de limpieza con chorro de abrasivos secos a presión. Este proceso de limpieza que se inició con el uso de arena, cambió a otros abrasivos minerales, a fin de evitar los problemas respiratorios que provocaban. Para reducir los costos de material bruto, acarreo, almacenamiento y manejo, se dio preferencia a materiales de alta dureza que pudieran ser utilizados varias veces. También se fue descubriendo toda una gama de abrasivos naturales, orgánicos e inorgánicos, así como otros sintéticos de alta eficiencia. Cuando el polvo generado dejó de ser una consecuencia para convertirse en un problema, se desarrollaron técnicas de contención mediante mallas, ventilación forzada conjuntamente con colectores de polvo. Para la remoción de pinturas con plomo y otros metales pesados, se desarrolló la tecnología de limpieza al vacío, el cual succiona tanto el abrasivo como la pintura removida. Para mejorar la visibilidad del operador, se optó por el uso de abrasivos que generan menos polvo, o tecnologías de abrasivos en chorro de agua, con o sin inhibidores químicos, para prevenir la corrosión instantánea.

Al hacer la pregunta ¿es esto absolutamente necesario?, cabe considerar una nueva tecnología que no utilice abrasivos, lo cual evitaría los altos costos de los abrasivos y de la disposición de los mismos una vez gastados. La industria desarrolló equipo para limpieza con agua a altas presiones, mayores que 20 mil psi. También se descubrió que es posible ajustar la presión para realizar la remoción selectiva de capas de pintura. Por ejemplo, en el caso de pintura de cascos

de barcos, puede removerse la pintura anti-incrustante para luego aplicar nueva pintura anti-incrustante sobre la pintura anticorrosiva existente aún intacta. Esto representa un ahorro en los costos de limpieza a largo plazo. Más recientemente, utilizando agua a muy altas presiones, de hasta 40 mil psi, es posible remover los recubrimientos protectores existentes, exponiendo el perfil de anclaje original. Esta tecnología evita la necesidad de utilizar abrasivos para obtener el perfil de anclaje deseado. Debido a que en algunos casos el agua utilizada debe ser filtrada y tratada antes de su disposición final, esta tecnología ha ido mejorando de tal forma que los trabajos de limpieza puedan realizarse utilizando cantidades mínimas de agua.

En los lugares que no puede utilizarse agua, existe la alternativa de los removedores químicos. Originalmente estos removedores consistían en solventes fuertes combinados con alcalís. Las superficies así tratadas deben ser luego lavadas y neutralizadas con solución ácida. La industria ha evolucionado a tal punto que hoy en día existen removedores de pintura que no contienen ni solventes ni alcalís. En trabajos de remoción de pinturas con plomo pueden utilizarse removedores que encapsulan el plomo. También la necesidad creó nuevas tecnologías, como el uso de abrasivos solubles en agua; es el caso del bicarbonato de sodio o de los abrasivos de hielo seco, los cuales se subliman al impacto con la superficie. Para los aviones se han utilizado también abrasivos plásticos reciclables, que dejan intactas las superficies del aluminio. Los problemas asociados al uso de limpieza con chorro de arena o chorro de agua en áreas de producción activa, o pobladas, ha fomentado el uso de herramientas mecánicas para la preparación de superficie. Sin embargo, este método de limpieza no dejaba de generar cantidades de polvo, que en trabajos de remoción de pinturas con plomo resultaron inclusive peligrosas para los trabajadores. Por lo tanto, fue necesario el desarrollo de aditamentos de vacío para muchas de las herramientas de limpieza mecánica.

## Los retos de la pintura marina

Las pinturas marinas para los cascos de los barcos también han evolucionado debido a las restricciones de los productos tóxicos que contenían los recubrimientos anti-incrustantes, tales como el mercurio y el óxido o el fluoruro de tributiltin. El óxido cuproso resultó un anti-incrustante efectivo, mientras que el organotin o estaño orgánico resultó adecuado para el follaje acuático. Este último ingrediente fue prohibido pocos años después de su introducción al mercado, al descubrirse su efecto mutante nocivo en los moluscos.

A la pregunta ¿es esto absolutamente necesario?, se contestó que se puede reducir la cantidad de toxinas siempre y cuando se asegure que estén presentes durante todo el periodo de servicio, desarrollándose así nuevas tecnologías de pinturas como los anti-incrustantes de matriz soluble, de baja lixiviación y auto-pulimentables. Esta tecnología aumentó el periodo entre repintados, de año y medio hasta tres y cuatro años. En embarcaciones de aluminio, sobre todo, se están utilizando los acabados de baja energía, sin toxinas, basados en el principio de no adherencia de vida marina a la superficie. Los resultados obtenidos hasta ahora es que anualmente se requiere sólo un lavado de agua a presión para remover la poca vida marina que ha logrado adherirse, ahorrándose el repintado del anti-incrustante.

Las superficies preparadas marginalmente, ya sea mecánica o manualmente, por lo general contienen pequeñas cantidades de pintura vieja, de óxidos, irregularidades y picaduras causadas por la oxidación, pero sobre todo cierta cantidad de contaminantes como grasa, aceites y sales. Con el descubrimiento del efecto de sales solubles contaminantes en las superficies metálicas, ha proliferado la limpieza con agua a alta o baja presión, e inclusive algunos van hasta el extremo de utilizar neutralizadores de sales.

A fin de proporcionar una mejor adherencia de los recubrimientos a las superficies metálicas, es generalmente aceptado que debe removerse la contaminación de grasa y aceite, preferiblemente antes de realizar la limpieza mecánica o manual. Inicialmente se utilizaron a gran escala solventes limpiadores. Los conceptos ecológicos propiciaron el reuso de solvente mediante el

filtrado, y eventualmente el reciclaje de solvente. A la pregunta '¿Es esto absolutamente necesario?', la industria ha contestado con productos emulsificadores biodegradables, diluibles en agua. Como alternativa está la limpieza con chorro a presión de abrasivos con esponjas. La necesidad de remover las pinturas existentes también ha sido cuestionada. Tal es el caso de repintar sobre pintura cuyas propiedades físicas se han degradado con el tiempo, cuya adherencia es cuestionable debido a defectos en el grado de preparación de la superficie original, con los defectos normales de aplicación, con un grado considerable de penetración de la humedad.

Si a los esfuerzos inducidos por los cambios cíclicos de temperatura y humedad, que se han acumulado en la pintura existente, sumamos los nuevos esfuerzos inducidos por las capas adicionales de pintura, tal vez estamos bordeando y sobrepasando los límites de falla.

Historia y modernización de algunas alternativas Acuerdos internacionales han establecido restricciones en el uso de solventes, debido a los daños que causan en la disminución de la capa de ozono y las reacciones fotoquímicas ocasionadas en la baja atmósfera. Estas restricciones llevaron al desarrollo de tecnologías de pinturas de altos sólidos, y luego de altos sólidos pero de aplicación a mayores espesores, a fin de poner los costos competitivos con las alternativas tradicionales. Más recientemente se están utilizando las pinturas sin solventes, con 100% de sólidos, los cuales por su corta vida para la aplicación, a su vez han fomentado la utilización de equipos que proporcionan múltiples componentes. En la carrera por reducir el contenido y las emisiones de productos orgánicos volátiles, en forma paralela, la industria ha realizado -pero con éxito cuestionable- repetidos intentos de ofrecer pinturas industriales de base de agua, incursionando en áreas como silicatos de zinc inorgánico, epóxicos y acrílicos. Estas tecnologías aún tienen mucho camino que recorrer.

Dependiendo de las condiciones climáticas imperantes, las pinturas que se seleccionan deben tomar en cuenta el grado de limpieza o preparación de la superficie, las condiciones y el espesor de las pinturas existentes que no se van a remover, las condiciones ambientales adversas que se encontrarán durante la aplicación de los nuevos recubrimientos, el nivel de capacitación y conocimiento de los operadores, el grado tecnológico del equipamiento, así como las limitaciones y desventajas de las pinturas seleccionadas. Si nos preguntamos ¿es esto absolutamente necesario?, la respuesta sería una tecnología que lograra resultados aceptables con una preparación de superficie marginal, tales como los obtenidos mediante la limpieza con herramienta mecánica o manual. Los recubrimientos imprimenteros utilizados a principios del siglo pasado (como el red lead) se fabricaron con aceites e inhibidores de corrosión que por su lento secado y propiedad de mojado, penetraban fácilmente dentro de las costras de óxido presentes en las superficies metálicas a pintarse.

A medida que estas pinturas fueron reemplazándose con otras de mayor efectividad, y con inhibidores de corrosión menos tóxicos, surgieron primero los epóxicos tolerantes al óxido y tolerantes a superficies marginalmente preparadas, principalmente másticos de gran espesor, que pudieran, mediante el uso de relleno de aluminio, demorar el acceso del agua a las costras de óxido en el sustrato. Como alternativa a las pinturas tolerantes al óxido, se desarrollaron los convertidores de óxido con químicos que reaccionan con el óxido presente en la superficie, para formar compuestos estables que se incorporarían al cuerpo de la pintura. Estas dos alternativas han resultado de corta duración.

En los últimos años han salido al mercado pre-primantes de alta penetración, cuyo objetivo es precisamente penetrar en las costras de óxido a fin de obtener una mejor adherencia al sustrato para los recubrimientos primantes y finales. La corrosión marina tiene además un parámetro adicional: las sales en las superficies preparadas. Si a esto se añade alta humedad, lluvia frecuente y temperaturas altas, se produce falla acelerada del recubrimiento protector. Las altas temperaturas acortan el periodo de vida de almacenaje de los materiales, disminuyen su viscosidad, el tiempo de secado, el tiempo útil de aplicación y el tiempo de repintado. En la época seca, inclusive la alta temperatura en el metal desfavorece la aplicación de algunos recubrimientos. Por otro lado, la alta humedad y la frecuencia de lluvias, representan neblina, superficies frías y húmedas en las mañanas, con periodos productivos de limpieza y aplicación

de pinturas limitadas a pocas horas diarias. En algunos casos es posible confinar el área y aplicar equipo de deshumidificación, a fin de trabajar bajo condiciones más propicias.

En la gran mayoría de los casos, debemos trabajar con productos que sean tolerantes a la humedad. También podemos utilizar productos que desplacen la humedad al ser aplicados, o productos que utilicen la humedad para curar. La apertura de los mercados y la globalización de la competencia obliga a minimizar y mantener los costos bajos, pero a la vez a asegurar la continuidad del servicio, reduciendo el número y la duración de los periodos de mantenimiento, por lo que en el campo del control de la corrosión se deben utilizar nuevas tecnologías que requieran menor grado de preparación de la superficie, que se apliquen y curen en menos tiempo, que sean más limpias, dejen menos desperdicios que botar con mínimas pérdidas de materiales, y que exijan menos mano de obra y protejan al máximo por periodos prolongados.

La modernización de las tecnologías necesariamente aumenta los costos, lo cual sólo puede ser compensado mediante valores agregados que ofrezca el producto. Por ejemplo, pinturas que se apliquen en menor número de capas, que no requieran primario, que puedan aplicarse sobre mojado y curar bajo agua, y que se adhieran a superficies marginalmente preparadas. Otros valores de venta que ofrecen las nuevas tecnologías son, además de las tradicionales como impermeabilidad y resistencia química, resistencia a la abrasión, erosión, cavitación, vibración, impacto, mayor margen de compatibilidad y adherencia, alta reflectancia solar y/o baja conductancia térmica, capaz de lograr reducción considerable en los consumos de energía, aislamiento acústico, impermeabilización de techos, brillo en la oscuridad, y otros.

## Conclusión

Parece sencillo, pero no lo es. Los recubrimientos protectores pueden fallar catastróficamente por un sinnúmero de errores u omisiones, por lo que es conveniente contar con un sistema interno de aseguramiento de la calidad al igual que con una inspección especializada. Así como la tecnología se ha tenido que adaptar a las nuevas exigencias ecológicas, existen otros requerimientos de competitividad y calidad total que han tenido y siguen teniendo su impacto en el control de la corrosión.

La continuidad del servicio o de la producción exige protección a largo plazo de los recubrimientos protectores, menos paros programados para mantenimiento, paros más cortos y menos paros de emergencia. Se necesitan nuevas tendencias en las actitudes de la administración, y afortunadamente cada día se logran ver; gradualmente se va cambiando, acompañada esta evolución de precios más bajos con la mejor calidad de trabajo, y esto garantiza ganancias a corto plazo y protección a largo plazo.

Decíamos que la producción o la construcción es lo más importante, ahora decimos la protección a corto y largo plazo es igual o más importante. Si antes queríamos tener costos iniciales bajos, ahora preferimos costos anuales bajos; buscábamos lo mínimo aceptable, ahora lo óptimo; anteriormente el tiempo no alcanzaba, ahora se toma el tiempo para hacer el trabajo bien la primera vez. A los retos del nuevo milenio, la industria del control de la corrosión marina ha respondido con una transformación total en sus métodos, equipos, materiales y actitudes. Y esto es sólo la primera vuelta de un incesante girar en la búsqueda de soluciones, mejores maneras de hacer las cosas, conservando costos en los procesos de limpieza, preparación de superficie y aplicación de recubrimientos protectores, y a la vez previniendo la contaminación del medio ambiente. Sin embargo, se requiere profundizar en las investigaciones sobre los mecanismos de la corrosión marina y la durabilidad de los nuevos materiales bajo distintos grados de limpieza, condiciones adversas de aplicación y de servicio.

Por todo ello, debemos invertir en capacitación de todo el personal técnico e ingenieril relacionado con el campo del control de la corrosión. Se requiere, asimismo, implementar las

innovaciones tecnológicas en nuestro medio, con el fin de lograr la modernización y competitividad a nivel local e internacional en convivencia con nuestro ambiente.

---

**Marco A. Chen** es presidente de la Confederación Panamericana de Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial y Ramas Afines. Recibe correspondencia en la dirección electrónica: [marco\\_a\\_chen@hotmail.com](mailto:marco_a_chen@hotmail.com)