

INVESTIGACIÓN DEL FENÓMENO DE LA CORROSIÓN EN ZONAS MARINAS TROPICALES

J. A. MORALES T.

Dirección de Ciencia y Tecnología, COTECMAR. Colombia
api-cyt@sky.net.co

RESUMEN

La Corporación de ciencia y tecnología para el desarrollo de la industria naval, marítima y fluvial “COTECMAR” en su sistema de innovación para la industria astillera, tomó la bandera de la problemática de la corrosión en las áreas marinas tropicales estructurando el programa de investigación Manejo Integral de la Corrosión – “MIC”. Es así como al establecer el objetivo de dicho programa se propuso desarrollar tecnologías para mitigar integralmente los impactos de este fenómeno en el desempeño de las embarcaciones que navegan en las zonas tropicales marinas, como lo son el Caribe y el Pacífico Norte. Desde un principio el programa MIC se ha dado a la tarea de recopilar información de la problemática de la corrosión marina desde el punto de vista de integridad en las embarcaciones y los trabajos de investigación sobre el tema en aguas tropicales, información que por demás es bastante escasa; así mismo se ha propuesto inicialmente estudiar y caracterizar esta problemática mediante la realización de tres proyectos enunciados como sigue: 1) Sistemas de protección catódica con el propósito de optimizar el diseño y la metodología de aplicación de ánodos de sacrificio para la protección contra la corrosión en la obra viva; 2) Control de la corrosión en tuberías que transportan agua de mar mediante el diseño y construcción de sistemas de protección de la corrosión por medio electroquímico; y 3) Evaluación de la efectividad anti-incrustante de los recubrimientos aplicados sobre acero ASTM-A-131 grado A de embarcaciones que operan en las bahías de Cartagena y Málaga en el cual se aborda el estudio de la problemática de la protección antifouling y cuyos avances son el propósito de esta presentación.

INTRODUCCION

En el instante que la superficie del Acero Naval de las embarcaciones entra en contacto con el agua de mar, la cual cambia drásticamente sus características fisicoquímicas (temperatura, PH, salinidad, etc.) de una zona del planeta a otra, se inicia sobre los cascos de las embarcaciones un proceso de adhesión de gran diversidad de micro y macroorganismos, que en busca de generar estructuras más adecuadas para su proliferación, generan las bioincrustaciones. Estos agentes biológicos corresponden a moluscos, crustáceos, algas, diatomeas y, en menor proporción, a bacterias resistentes que hacen parte de la vida marina típica de las aguas tropicales.

La bioincrustación puede lograr una masa cercana a 150 kilogramos por metro cuadrado, que obliga un mayor consumo de combustible, debido al incremento de la resistencia de la embarcación al agua. Adicionalmente, el aumento de la turbulencia debido a esta problemática, puede alterar las propiedades de reflexión del sonido, comprometiendo las operaciones basadas en el sonar.

Por otra parte, se pueden producir daños por corrosión en los motores de propulsión y equipos de navegación en general. Como consecuencia, se genera la necesidad de implementar un programa de mantenimiento que garantice una operación segura y económica.

Actualmente la protección de las naves contra este fenómeno, consiste en la aplicación de sistemas de recubrimiento con acción antifouling, los cuales gradualmente liberan al medio acuático sustancias nocivas que actúan como biocida contra los micro y macroorganismos marinos, evitando su adherencia al casco de la embarcación. El tóxico antifouling más efectivo conocido y de mayor durabilidad, el TBT (Tributilestaño), posee una poderosa acción mutagénica sobre la vida marina al igual que aquellas pinturas que usan como agente activo el Cobre. Luego de su liberación, el TBT sufre fotólisis y biodegradación, generando productos que por su bajo coeficiente de equilibrio se acumulan en los sedimentos marinos. La Organización Marítima Internacional gestó una prohibición mundial del uso de este tipo de sustancias (Resolución A.895-21), exigiendo que para enero del 2003 se suspenda su aplicación y que para enero del 2008, no exista ningún barco con este revestimiento surcando los mares. En este orden de ideas, es indispensable concentrar esfuerzos en la creación de nuevos sistemas de protección más amigables con el medio ambiente, o desarrollar iniciativas encaminadas a estudiar y caracterizar el fenómeno biológico y su interacción con el recubrimiento con el fin de optimizar su uso, reduciendo el problema ambiental y los serios reparos sobre los aspectos de salud ocupacional y seguridad alrededor de la aplicación, remoción y disposición de estas pinturas.

En general, la aparición de biopelículas produce problemas de operación y reduce la vida útil de los equipos. Cuando el “biofouling” conlleva al deterioro del material de construcción, el proceso se denomina habitualmente biocorrosión o Corrosión Influenciada Biológicamente (CIB). Actualmente, la meta de muchos estudios es definir el mecanismo exacto de la CIB, del cual se espera tenga elementos comunes en los diversos sistemas en los que

se presenta.

La problemática de la formación de bioincrustaciones sobre la superficie de la obra viva (estructura en contacto directo con el mar), de embarcaciones marítimas en el área costera del Mar Caribe para este caso la zona de Bocagrande y Mamonal, en la Bahía de Cartagena y Mar Pacífico en la Bahía de Málaga, permitirán generar el conocimiento acerca del fenómeno biológico y el comportamiento en términos de efectividad de los revestimientos en nuestro medio, presentando una herramienta inicial para estructurar programas de estudio integral de la corrosión y reevaluar las actuales metodologías implementadas en el mantenimiento preventivo y correctivo de las naves.

A partir de la identificación de la problemática de la biocorrosión se formulo el proyecto “*Evaluación de la efectividad anti-incrustante de los recubrimientos aplicados sobre acero ASTM-A-131 grado A de embarcaciones que operan en las bahías de Cartagena y Málaga*”, el cual se está ejecutando en siete fases.

Proceso de Biofouling y Biocorrosión

En la primera fase se revisó la información sobre el estado actual del proceso de biofouling, el cual se origina en una superficie metálica en contacto con aguas industriales o naturales. Es la consecuencia de un proceso de acumulación en la interfase metal/solución, que no es uniforme en el tiempo ni en el espacio y resulta de procesos físicos, químicos y biológicos (Videla, 1991) y es el causante de la corrosión microbiológica. Incluye todo fenómeno de destrucción metálica en el cual los microorganismos actúan directamente o por medio de sustancias provenientes de su metabolismo, acelerando el proceso de corrosión ya establecido o creando las condiciones favorables para que se produzca dicho fenómeno. A menudo la corrosión bacteriana o biocorrosión va asociada a fenómenos de bioensuciamiento, también denominado como “biofouling”, “fouling”, especies incrustantes o adherencias biológicas, que consiste en la acumulación de depósitos biológicos sobre una superficie (Bastida y Brankevich, 1989). La secuencia de procesos inorgánicos en la corrosión se completa con el proceso de disolución metálica y deposición de productos de corrosión, el cual ocurre de forma simultánea con los procesos de “biofouling”. Las direcciones de ambos procesos son opuestas. De forma previa a la colonización por microorganismos se adsorbe una película acondicionante de macromoléculas en la interfase, que modifica la mojabilidad y la distribución de cargas. La adsorción posterior de células microbianas y su actividad metabólica condicionan los procesos de corrosión posteriores, ya sea porque modifican los perfiles de concentración de oxígeno dando lugar a la aparición de celdas de aireación superficial, porque alteran la concentración local de iones que facilitan la corrosión o porque pueden impedir la salida a la disolución de productos metabólicos de naturaleza ácida, generando áreas de bajo pH bajo la superficie (Lewandowski *et al*, 1993).

Selección de los recubrimientos a evaluar

En la segunda fase se seleccionaron los sistemas de recubrimiento a evaluar, para lo cual se convocó la participación de los fabricantes de estos productos a nivel nacional e internacional. Como criterio de selección de las pinturas antifouling se tomaron las normativas de restricciones de la IMO “International Maritime Organization” en su resolución de eliminación de los pigmentos a base de Estaño usados como biocidas en los Antifouling, así como nuevas generaciones de pinturas anti incrustantes desarrolladas por los diferentes fabricantes de pintura. Estas actividad propició la integración de un comité técnico y científico conformado por los representantes de los fabricantes de los productos, el grupo de investigadores y el personal involucrado en los procesos de pintura de COTECMAR; el comité técnico y científico es el encargado de selección de los esquemas de evaluación, confrontación de los resultados de los estudios y generación de conclusiones.

Sistema de Exposición permanentes

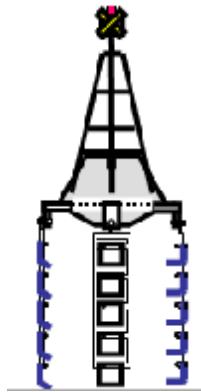
En la tercera fase se diseñó el sistema de exposición permanente al fenómeno de bioincrustación basado en las normativa internacional ASTM D01.45 “Recubrimientos marinos”, el cual permite disponer paneles de exposición con probetas inmersas en el agua para un continuo monitoreo y seguimiento del desempeño de los antifouling tanto en campo como en laboratorio; este sistema de exposición diseñado, fabricado e instalado por COTECMAR, hará parte de la Red Nacional de Campos de Exposición de Recubrimientos y Materiales de Colombia. Será la herramienta para entender y caracterizar el fenómeno de bioincrustación en zonas tropicales marinas, por medio probetas o cupones que permanecen inmersos en el agua y través de los cuales se registra y recopila la información sobre el metabolismo de formación de los diferentes agentes biológicos y la efectividad de cada uno de los recubrimientos de protección antifouling usados en la industria astillera.

Los paneles de exposición se ubican en conjuntos de seis unidades sobre la estructura flotante, es decir, que cada estructura flotante contiene un esquema de recubrimientos a evaluar con doce (12) probetas o cupones, seis (6) en cada panel de exposición respectivamente.

Las probetas o cupones representan las formas de una embarcación, algunos en forma de pantoque de 90° y otros en forma de pantoque de 45°.

Para esta actividad cada Planta de COTECMAR (Caribe y Pacífico) es un campo de exposición teniendo en cuenta para la ubicación del sistema de exposición el mismo espacio de permanencia y navegación de las embarcaciones, manteniendo siempre condiciones adecuadas para la evaluación de los recubrimientos en

diferentes medios marinos tropicales.



Sistema de Exposición al Fenómeno

Evaluaciones en campo y laboratorio

En la cuarta y quinta fase se han iniciado las evaluaciones en campo y laboratorio. La cual consistirá en un seguimiento de los recubrimientos aplicados por medio de metodologías para la evaluación del desempeño de productos en las condiciones reales del Mar Caribe y Pacífico Norte. En primera instancia caracterizaremos biológicamente la biopelícula adherida a la obra viva de las embarcaciones de estudio; así mismo la metodología de evaluación desarrollada proporcionará parámetros de cuantificación de las tasas de liberación de biocida, erosión, durabilidad física y actividad biológica de los antifoulings.

La metodología de evaluación se ha iniciado instalando las estructuras flotantes con sus correspondientes paneles de exposición y probetas, dejándolas expuestas al contacto y acción marina, realizando periódicamente inspecciones a cada una de las probetas y extrayendo una probeta por esquema de recubrimiento para ser analizada en campo y laboratorio. Para la realización de los análisis en campo y en laboratorio, se están implementando los siguientes procedimientos:

En actividad biocida

- Medida de la tasa de liberación de cobre del recubrimiento anti-incrustante.
- Medida de la tasa de liberación de órganos estañosos de los recubrimientos anti-incrustantes.

Tasa de erosión o auto-pulimentación

- Método de prueba estándar para recubrimientos antifouling propensos a bio-incrustaciones y fuerzas de corte.
- Medida de erosión en recubrimientos antifouling.

Durabilidad física

- Medición de espesores.
- Medición de adherencia del esquema al sustrato metálico.
- Medición de impedancia electroquímica.
- Inspección visual.

Actividad biológica

- Medición de la adherencia de las incrustaciones a los cascos de las embarcaciones.

Evaluación Físicoquímica de las Aguas

- Medición de las principales variables físicoquímicas tales como pH, temperatura, conductividad, salinidad de las aguas muestreadas en Mamonal y Bocagrande en la Bahía de Cartagena y en Bahía Málaga.

En la sexta se confrontarán resultados con la comunidad científica y el sector industrial, así mismo se generarán las conclusiones correspondientes a este estudio por medio del comité técnico-científico conformado para este proyecto.

En la séptima fase se realizará el proceso de transferencia tecnológica. Será el escenario de difusión de los resultados del proyecto con el propósito de actualizar y especializar al personal de la región, en tecnologías de preparación de superficies y recubrimientos con la certeza que al implementar los logros de este proyecto, se aporte en la solución de la problemática presentada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Nigel Warren. Metal Corrosion in Boats. Second edition Sheridan house p. 104
2. Organización Marítima Internacional • 4 Albert Embankment, Londres SE1 7SR. Reino Unido.

