

EL DISEÑO EN LA PROTECCION CONTRA LA CORROSION DE BUQUES DE GUERRA

Ernesto Zumelzu Delgado

INTRODUCCION

Las especiales características de los materiales que se usan en buques de guerra, como son, por ejemplo, buena resistencia mecánica al impacto, a la corrosión y poseer en su conjunto una adecuada funcionalidad, deben traducirse en que estas embarcaciones tengan una cierta efectividad operacional, considerando los costos involucrados, la confiabilidad y mantenimiento.

Por ello se puede afirmar que las medidas de diseño y también las de fabricación constituyen la mejor contribución a la protección contra la corrosión. Un diseño adecuado facilita inicialmente, en muchas ocasiones, las medidas de protección contra la corrosión en forma eficaz.

El presente artículo se refiere a algunos aspectos que deben ser considerados en la protección y prevención de fallas de corrosión, especialmente en buques de guerra, en su relación con el diseño y factores electroquímicos que se traducen en el deterioro de materiales.

Teniendo en consideración, además, que aproximadamente el 33% del costo de fabricación de este tipo de buques¹ se refiere al casco, propulsión y generación eléctrica, partes que de una u otra forma están expuestas a corrosión directa o por acción del ambiente.

Una protección óptima contra la corrosión debe tenerse en cuenta y determinarse durante la planificación, es decir, en el diseño de las embarcaciones.

ELEMENTOS DE CORROSION EN ARTEFACTOS NAVALES

Son muchos los problemas y daños por corrosión; sin embargo, convergen en la configuración de estas fallas tres elementos básicos, que son: Los materiales, el ambiente y las condiciones de servicio.

Por otra parte, la aplicación de las medidas protectoras presupone tanto la averiguación exacta de los esfuerzos que se espera de los materiales como de los posibles mecanismos de corrosión.

Para el cálculo, diseño y fabricación de una embarcación deben tomarse medidas que representen en sí mismas una acción de protección contra la corrosión; así, por ejemplo, se tiene que:

- Con la conservación de las tensiones bajas de explotación se impide la corrosión de grietas de tensiones.
- Con los métodos adecuados de soldadura se previene una corrosión selectiva en el campo de la costura de soldadura.
- Con un perfil de corriente hidráulica optimizado se impide la corrosión de erosión y cavitación.

A su vez, la acción del ambiente sobre los materiales puede producir distintos tipos de corrosión: Uniforme, picado, exfoliación, etc., pero también pueden ocurrir graves deterioros en el casco, hasta en los componentes electrónicos del barco, ayudados por la humedad, la acción

¹ Bryson, L.: Meeting of Royal Institute of Naval Architects, 7 June 1984.

de cloruros y una selección inadecuada de componentes materiales.

En las figuras 1 a), b) y c) se presenta un esquema de los elementos básicos de corrosión inducida y control de materiales estructurales.²

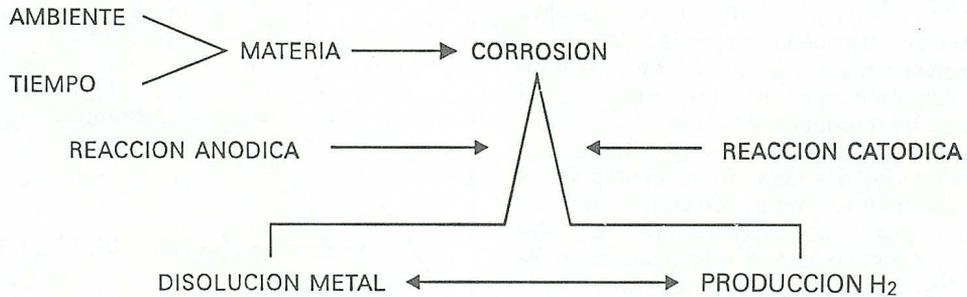
Todos los factores mencionados pueden, en casos extremos, causar fallas catastróficas, como resultado de una combinación del ambiente marino, la presencia de sales y cambios

de PH o de factores mecánicos tales como la tensión, fatiga y desgaste de los materiales.³

La corrosión y su relación con la selección de materiales

Es sabida la importancia de una adecuada selección de materiales en embarcaciones

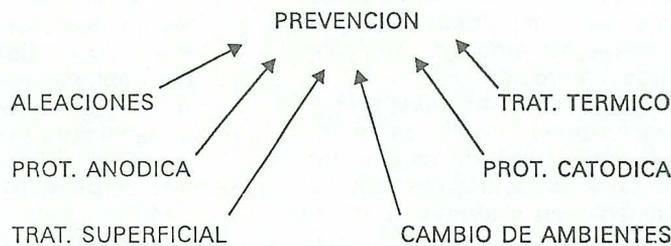
1a) ELEMENTOS DE CORROSION



1b) FALLAS DE CORROSION INDUCIDA



1c) CONTROL EN MATERIALES ESTRUCTURALES



² Agarwala, V.S.: "Causes and prevention of structural materials failures in naval environments", Materials Performance, NACE, June 1985.

³ Zumelzu, E.: "Análisis de fallas de materiales en la industria naval", Revista de Marina N° 2/1990, pp. 174-178.

modernas en base al uso de criterios técnicos, tecnológicos y comerciales, o bien de acuerdo a análisis de fallas según los factores ambientales, condiciones de servicio y las propiedades de los materiales.

En el caso particular de los buques de guerra, por ejemplo, si consideramos el HMS *Norfolk*, buque antisubmarino de la armada británica,⁴ se tiene que los materiales usados son, esencialmente: Placas de acero, norma inglesa BS-43D para el casco; placas de acero BS-43A para estructuras, montantes de cubierta y la superestructura; aceros dulce calidad B para quillas, pantoques y trocas; placas de aleaciones Al-Mg tipo BS-1470 en áreas de la chimenea; aleaciones Ni-Al-Bronce para propulsores y toberas y en general aceros tipo BS-3602 en tuberías para circulación de agua, aire y aceite.

Estos materiales satisfacen estrictos controles de calidad y a las embarcaciones se les aplican simultáneamente varias medidas de protección, puesto que se considera que el elemento constructivo está expuesto casi siempre a las influencias de esfuerzos colectivos, ante lo cual se necesitan métodos sistemáticos de protección contra la corrosión.

El casco y su protección

Los aceros del casco deben tener características y propiedades bien específicas.⁵ Para los cascos de aceros BS-43D y 43A, la resistencia a la fluencia debe estar comprendida entre 225-275 MPa; además, deben tener buena tenacidad, resistencia a la fatiga y soldabilidad.

La importancia relativa de cada una de estas propiedades depende de la aplicación particular del acero.

La figura 2 ilustra un esquema del rango de ataque y procesos de corrosión que afectan a un buque.

En la protección del casco se debe tener presente que las planchas sumergidas en el mar están en condiciones más favorables de corrosión; su protección, tanto de daños mecánicos como del medio salino, con pinturas y recubrimientos, hace posible, sin embargo, que esta corrosión pueda ser controlada.

Una sección importante, como es la *splash zone*, que se caracteriza por problemas de impacto, abrasión y continuo bañado, requiere un tratamiento especial; a su vez, las sales del agua están bien oxigenadas en este nivel, promoviendo velocidades máximas de corrosión. Me-



FIGURA 2. RANGO DE PROCESOS DE CORROSION QUE AFECTAN A UN BUQUE

rece también una consideración especial el *fouling*, ya que a esta altura se afecta la maniobrabilidad del buque, influyendo sobre su velocidad y gasto de combustible.

Propulsores

Las características críticas de los materiales requeridos, para cualquier propulsor, son las siguientes:

- Resistencia a varias formas de corrosión, incluyendo ataque por juntas, erosión, cavitación y corrosión-fatiga.
- Buena resistencia a la tracción y al impacto.
- Buena fundibilidad y moldabilidad.

El cumplimiento y control de estos factores permite prevenir problemas críticos de corrosión y viabilidad de construcciones.

Sistema de tuberías

En cualquier buque de guerra es necesaria

⁴ Hawke, M.B.; Mills-Hics, N.J. et al.: *Journal of naval engineering*, 1984, vol. 29 N° 1.

⁵ Hadden, P.G.: "Selection of materials for a modern warship", *Materials Design*, vol. 10 N° 5, pp. 235-240, 1989.

una gran cantidad de tuberías internas para el eficiente funcionamiento del agua, combustible y suministros hidráulicos.

Los mayores problemas que confronta el diseñador en la elección de materiales y prevención de la corrosión son los siguientes:

- Resistencia al agua de mar a un rango de velocidades que va desde el estacionamiento prolongado a una de 3 m/s, acompañada por un alto grado de turbulencias, especialmente en las cercanías de los codos y zonas de descarga. Ciertos materiales requieren una velocidad de flujo mínima, como, por ejemplo, el acero inoxidable, en orden a proveer un adecuado suministro de oxígeno manteniendo así las capas protectoras superficiales. Otros materiales reaccionan para velocidades de flujos muy grandes, como son las aleaciones de cobre, en que se rompe el recubrimiento superficial, principalmente por ataques de choques del fluido y posteriores fallas prematuras por acción química o electroquímica.
- Resistencia a la obstrucción de organismos marinos y aguas residuales.
- Fácil fabricación y soldabilidad.

Corrosión de componentes electrónicos

Se ha dicho que el comportamiento corrosivo de cualquier material o estructura es determinado por la naturaleza de su ambiente local.

Una atmósfera rica en sales, condensación y precipitación de sales favorece el deterioro de dispositivos eléctricos de un buque de guerra.

El ambiente relativo a materiales y dispositivos se caracteriza por dos fuentes:

- a) Los materiales, donde se tienen dispositi-

vos sellados en cavidades herméticas, gas de relleno, contaminantes, substancias desgasificadoras del empaquetamiento o material encerrado.

- b) El mundo exterior, interno o externo de un recinto, por ejemplo, y su correspondiente atmósfera.

La tabla 1 proporciona una información resumida sobre problemas de corrosión y su prevención.⁶

Conclusiones

La compleja relación entre comportamiento de resistencia y corrosión exige esfuerzos conjuntos entre los arquitectos, constructores e ingenieros de corrosión, para llegar a acuerdos en cuanto a materiales o soluciones especiales de diseño. El conocimiento de los materiales, su ambiente y sus interrelaciones son vitales para enfrentar problemas de corrosión en embarcaciones.

La tarea de protección contra la corrosión es una labor difícil, puesto que se debe conciliar el perfil de los requisitos impuestos con el de las propiedades, de la forma más eficiente posible, considerando también aspectos de seguridad y de costos.

Finalmente, se puede afirmar que si bien en muchos casos las medidas protectoras disponibles pueden ser aplicadas con éxito, persisten aún muchos problemas sin resolver, dado que no todas las corrosiones pueden evitarse. A veces debe alterarse la conducción del proceso por cambios de metales o aleaciones, aislamiento de las superficies del metal, configuración o ajustes de componentes, con el objetivo de facilitar la aplicación de materiales convencionales y las medidas protectoras.

REFERENCIAS ADICIONALES

- Zumelzu, E.: "Nuevos materiales para la industria naval", *Revista de Marina* N° 4/1988, pp. 420-425.
- Ford, D.J.: *Transaction of the Institute of Marine Engineers*, vol. 100, 1988, pp. 185-191.
- Carrato, A.F.: "Corrosion in naval aircraft electronic systems", Paper Proceeding Corrosion/78, NACE, Conference oct. 1978.

⁶ Guttemplan, J. D.: "Corrosion in the electronics industry", *Metals Handbook*, vol. 13, 1987.

Tabla 1

PROBLEMAS DE CORROSION Y METODOS PREVENTIVOS EN DISPOSITIVOS ELECTRONICOS

Fallas	Mecanismo	Prevención y control
Intrusión de humedad en las cajas negras	Se crea un electrólito; actúa principalmente en los elastómeros, degradándolos y permitiendo que los metales tengan un medio corrosivo	Encapsular componentes para evitar la humedad; utilizar recubrimientos, inhibidores, etc. Control de humedad relativa (HR) menor que 40%
Corrosión de metales disímiles	Por acción de la HR y pares de metales disímiles con distintos potenciales, se tiene corrosión galvánica	Usar aislantes entre pares metálicos, hacer sellados herméticos y usar gas inerte presurizado. Disminuir el área del cátodo con pintura o recubrimiento
Interferencias electromagnéticas (EMI)	Generadas por emisiones electromagnéticas que penetran o se propagan a regiones del espacio, afectando las propiedades de los elementos	Filtrajes, blindajes y conexiones a tierra para minimizar las EMI
Acción de fundentes residuales	Fundentes líquidos de soldadura que en forma de residuos atacan la aleación soldada y metal base, debilitando las uniones, aumentando la resistencia eléctrica y causando cortocircuitos	Usar fundentes tipo resinas agua blanca, no del tipo ácidos, y un buen control de fundentes solventes solubles
Corrosión por productos orgánicos	Daños por productos para desgasificar, por vapores y ambientes no ventilados y ácidos	Materiales orgánicos deben ser completamente curados antes del ensamblaje; no usar PVC en ambientes cerrados; control de humedad
Crecimiento de filamentos metálicos	Sn, Zn, Cd y Ag de recubrimiento forman filamentos que crecen y causan cortocircuitos en zonas adyacentes y fallan los equipos	Uso de espesores de recubrimientos fundidos o de baño; eliminación de esfuerzos residuales en el recubrimiento. Adición de pequeños porcentajes de Pb al Sn
Migración de la plata	Forma de electrólisis, en que iones de Ag migran a otro conductor en presencia de humedad y contaminantes. Cambian la resistencia de los conductores	Usar recubrimientos conformados; controlar la HR: Usar aislantes higroscópicos; mantener espacios entre conductores de distintos potenciales
Fragilidad intermetálica	Disolución de metales en soldaduras fundidas; se crean fases cristalinas intermetálicas frágiles en la unión soldada	Usar metales de alta pureza, revestimientos con espesores adecuados y concentración controlada para evitar en las juntas la fragilidad. Usar tratamientos térmicos para eliminar tensiones
Degradación de contactos eléctricos	Por formación de óxido, lo que cambia la resistencia; hay corrosión por roce y acción de gases corrosivos por alta HR. También puede haber corrosión galvánica	Usar contactos mecánicamente estables, lubricantes específicos; usar recubrimientos con metales nobles