

El diseño anticorrosivo de elementos estructurales metálicos en edificaciones con períodos prolongados de explotación

VERÓNICA ÁVILA AYÓN (*) y ANA LUISA RODRÍGUEZ QUESADA (**)

RESUMEN El deterioro por corrosión en elementos estructurales metálicos, con la consecuente pérdida de sus propiedades físico-mecánicas, está influenciado, en reiteradas ocasiones, por errores en el diseño o la fabricación. Se puede, en el proceso de diseño o creación conceptual de una pieza, establecer una geometría o distribución que provoque la acumulación de humedad y contaminantes en las superficies, o también, generar zonas de aceleración de los procesos de corrosión, como los pares bimetálicos. Lo anterior, unido a la agresividad del medio de emplazamiento o a la de los procesos productivos que se desarrollan en instalaciones industriales, induce la aparición de fallos prematuros que comprometen la utilización de la edificación. La identificación de errores de diseño anticorrosivo es el primer paso en la conservación de estas estructuras. Su eliminación y la elaboración de un proyecto adaptado a las condiciones propias de las instalaciones, son procedimientos esenciales para prolongar la vida útil de la edificación con un uso óptimo y racional de los recursos que se destinen para ese fin. La investigación aborda los resultados obtenidos en el diagnóstico y la conservación de edificaciones industriales, con períodos prolongados de explotación, en los que existían evidencias de fallos por corrosión, enfocado específicamente hacia la eliminación de errores de diseño anticorrosivo que se identificaron en las mismas.

THE ANTICORROSIVE DESIGN OF STRUCTURAL METALLIC ELEMENTS IN BUILDINGS WITH LARGE EXPLOITATION PERIOD

ABSTRACT *The corrosion deterioration in metallic structural elements, with the consistent loss of his physical and mechanical properties, is caused by errors in the design or fabrication, that allows the accumulation of humidity and contaminants in the surfaces, or acceleration zones of the corrosion processes, as the bimetallic pairs. The aggressiveness of the environment and the productive processes that develop in industrial installations, causes the appearance of premature failures that engage the edificación use. The identification of design errors is the first step in the conservation of these structures. The elimination and made a project adapted to the proper installations conditions, is essential procedures to prolong the edificación useful life with an optimum and rational use of the resources that destinen for this end. The investigation is about the results obtained in the diagnostic and the conservation of industrial installment, with large exploitation periods, in which existed evidences of failures by corrosion, specifically to the elimination of errors of design.*

Palabras clave: Estructuras metálicas, Corrosión, Conservación, Industrias, Deterioros.

Keywords: Metallic structures, Corrosion, Maintenance, Corrosion control.

1. INTRODUCCIÓN

El fallo del sistema de protección de la superficie metálica, en elementos estructurales de acero, puede definirse como su deterioro prematuro consecuencia o no de la corrosión del sustrato, y con la notable reducción de sus propiedades protectoras. Es obvio que una cuidadosa realización de los trabajos de aplicación

del recubrimiento disminuye la probabilidad de aparición de fallos prematuros, pero no es suficiente para lograr el buen funcionamiento del sistema de protección. Las medidas deben tomarse desde el diseño estructural evitando crear situaciones que conlleven al aumento de la velocidad de corrosión en zonas localizadas y por ende, la pérdida de las propiedades protectoras.

Al deterioro del sistema de protección le sigue la corrosión del metal subyacente, por lo que la estabilidad mecánica de una estructura mal diseñada en lo referente a su conservación, puede verse seriamente comprometida a causa de la corrosión.

El objetivo principal de este trabajo es familiarizar a los diseñadores con los errores de diseño anticorrosivo que con más frecuencia se presentan en elementos estructurales metálicos, la forma de manifestarse y que medidas pueden tomarse en cada caso para evitar o disminuir la aparición del deterioro por corrosión.

(*) Ingeniera Civil. Profesora Auxiliar. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Gaveta Postal 57, CP 80100, Ave. XX Aniversario, Piedra Blanca, Holguín.

(**) Ingeniera Civil. Profesora Titular. Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya". Gaveta Postal 57, CP 80100, Ave. XX Aniversario, Piedra Blanca, Holguín.

2. DESARROLLO

Los problemas de diseño anticorrosivo tienen una manifestación directa en la velocidad de deterioro por corrosión de las estructuras metálicas, situación que puede revertirse si desde las etapas iniciales del diseño se toman las debidas previsiones: el diseño de elementos estructurales o la disposición de especificaciones constructivas, que eliminen o disminuyan el riesgo de deterioro.



FIGURA 1. Deterioros de los sistemas de protección.

El óxido en superficies pintadas, suele aparecer donde la lluvia, humedad condensada y partículas de polvo son retenidas. Para evitar estos puntos de corrosión, se deben tomar medidas que de forma general deben estar encaminadas a lograr los siguientes objetivos. La superficie se debe diseñar de modo que sea tan lisa como sea posible, sin esquinas y bordes agudos, cavidades, resquicios y protuberancias. Sino puede evitarse la existencia de resquicios, estos deben ser cubiertos por soldadura o por recubrimientos especiales. Las uniones entre los miembros estructurales se aconseja realizarlas por soldadura continua. El diseño debe permitir la libre circulación de aire por toda la estructura. Se aconseja la colocación de orificios de drenaje y superficies horizontales con ligero desnivel para facilitar el drenaje del agua, etc.

Pero para poder diseñar elementos que posean requisitos de durabilidad ante la corrosión, deben conocerse e identificarse cuales son los errores de diseño anticorrosivo más frecuentes y como evitarlos. En elementos estructurales metálicos, principalmente de las edificaciones que fueron diagnosticadas, entre los errores de diseño anticorrosivos más comunes se encuentran:

- Accesibilidad
- Tratamiento de orificios
- Prevención de corrosión galvánica (pares bimetálicos)
- Entallas
- Refuerzos
- Retención de humedad, depósitos de sólidos y agua
- Bordes agudos
- Imperfecciones en las superficies de las soldaduras
- Conexiones con pernos y remaches
- Áreas cerradas y componentes huecos

A continuación se identifican y se proponen soluciones.

2.1. ACCESIBILIDAD, RETENCIÓN DE HUMEDAD, DEPÓSITOS SÓLIDOS Y AGUA

Los componentes de acero deben diseñarse para que sean accesibles a la hora de aplicar, inspeccionar y mantener el sistema de pintura protector. Esto puede ser facilitado, por ejemplo, mediante la inclusión de pasarelas fijas, plataformas motorizadas u otros equipos auxiliares. Todas las superficies de la estructura que han de ser protegidas deberían ser visibles y encontrarse al alcance del operario mediante un método seguro.

Un segundo aspecto de la accesibilidad, está relacionado con las herramientas y accesorios que se emplean en la protección anticorrosiva, las labores de preparación de superficie y aplicación de recubrimientos de pintura, entre otras.

Las zonas que se encuentren en riesgo de sufrir corrosión y sean inaccesibles después del montaje, deben fabricarse a partir de materiales resistentes a la corrosión, o tener un sistema de pintura protector que debe ser efectivo a lo largo del tiempo en servicio de la estructura. Pero esto no es siempre posible ya que se ha demostrado que en el interior de perfiles rectangulares huecos, tubos y otros tipos de estructuras que son inaccesibles después del montaje (componentes huecos), donde no pueden aplicarse o no se recomienda sistemas de pinturas protectores en su interior, no se logra una protección efectiva a lo largo del tiempo de vida útil de la instalación.

Las zonas inferiores de las columnas son las que más sufren el efecto del contacto con derrames de productos de la industria, la acumulación de agua, polvo, grasas, corrientes parásitas, entre otras y son a la vez áreas de poca accesibilidad para la limpieza y protección por lo que realiza el fundido de una altura de hormigón en la base de las columnas que tienen este riesgo.



FIGURA 2. Problemas de accesibilidad en el diseño.



FIGURA 3. Solución de problemas de accesibilidad.

Los orificios estrechos, hendiduras ciegas y uniones solapadas son lugares potenciales para ser atacados por la corrosión procedente de la retención de humedad y suciedad, incluyendo cualquier abrasivo utilizado durante la preparación de la superficie. La corrosión de este tipo debe normalmente evitarse mediante el sellado. En los ambientes más corrosivos, el espacio debe rellenarse con soldadura de acero que sobresalga alrededor de todas las secciones.

Las partes cerradas selladas y los componentes huecos sellados deben ser impermeables al aire y la humedad. Con este fin, sus bordes deben sellarse por medio de soldaduras continuas, y cualquier abertura debe estar provista de cubiertas selladas. Durante el ensamblaje de tales componentes, debe ponerse cuidado en asegurar que no quede agua atrapada.

2.2. UNIONES BIMETÁLICAS

Cuando exista continuidad eléctrica entre dos metales de diferente potencial electroquímico en condiciones de exposición continua o periódica a la humedad (electrolito), tendrá lugar la corrosión del metal menos noble de los dos. La formación de este par galvánico también acelera la velocidad de corrosión del menos noble de los dos metales. La velocidad de corrosión depende, entre otros factores, de la diferencia de potencial electroquímico entre los dos metales conectados, sus áreas relativas y la naturaleza y período de acción del electrolito.

Por consiguiente, debe tenerse cuidado cuando se unan componentes de metal menos noble (es decir, el más electronegativo) con componentes de metal más noble, en especial cuando el componente de metal menos noble tenga un área pequeña en comparación con la del metal más noble.



FIGURA 4. Zonas de acumulación de residuos.



FIGURA 5. Uniones bimetálicas.



FIGURA 6. Uniones con pernos y elementos rigidizantes.

Si el diseño es tal que el par galvánico no puede evitarse, las superficies en contacto deben estar aisladas eléctricamente, por ejemplo pintando las superficies de ambos metales. Si solo es posible pintar uno de los metales adyacentes a la unión, se debe pintar, si es posible, el metal más noble. De modo alternativo, puede ser considerada la protección catódica o alguna junta de goma que evite el contacto directo.

2.3. ENTALLAS, REFUERZOS, UNIONES CON PERNOS Y REMACHES, TRATAMIENTO DE ORIFICIOS

Las entallas en refuerzos, almas o componentes de construcción similares deben tener un radio mínimo de 50mm, para permitir la preparación adecuada de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

Cuando se requieran refuerzos, por ejemplo entre un alma y una pestaña, es esencial que la intersección entre el refuerzo y los componentes colindantes este soldada a todo alrededor, para prevenir la formación de huecos. El diseño de refuerzos no debe permitir la retención de depósitos, ni agua y debe permitir el acceso para la preparación de la superficie y la aplicación de un sistema de pintura protector.

Durante la etapa de diseño, deben considerarse la manipulación, el transporte y el montaje de la estructura. Cuando sea necesario, debe prestarse atención al sistema de elevación y a los puntos de anclaje para la elevación. Debe considerarse la necesidad de prever mordazas para sostener

los componentes durante su manipulación y transporte, así como las precauciones necesarias para prevenir daños en el sistema de pintura protector durante el transporte, las elevaciones y las operaciones a pie de obra, por ejemplo: soldeo, corte y lijado.

Evitarse configuraciones superficiales en las que el agua pueda quedar retenida, y que puedan de este modo, en presencia de materias extrañas, incrementar el potencial de los agentes corrosivos. El diseñador tiene en cuenta los posibles efectos de contaminación por descuelgues, por ejemplo, de productos de corrosión de acero suave sobre aceros inoxidables austeníticos, o ferríticos, que puedan provocar la corrosión de estos últimos. Las precauciones apropiadas para conseguir estos objetivos son:

- Los diseños con superficies inclinadas o biseladas.
- La eliminación de secciones abiertas en la parte superior o su colocación en posición inclinada.
- La supresión de cavidades y huecos en los que puede quedar retenida el agua y la suciedad.
- El drenaje de agua y líquidos corrosivos lejos de la estructura.
- Hay que considerar además que en aquellos casos donde tenga lugar la acumulación de agua, hay que practicar orificios de drenaje de no existir algunas de las alternativas anteriores.



FIGURA 7. Diseño del sistema de drenaje y eliminación de derrames.



FIGURA 8. Uso de perfiles galvanizados.

Los bordes redondeados son deseables, para posibilitar la aplicación de la capa protectora de modo uniforme y para lograr un espesor de película adecuado sobre bordes agudos. Las capas protectoras en los bordes agudos también más susceptibles al deterioro. Por consiguiente, todos los bordes agudos deben redondearse o biselarse desde el proceso de fabricación y las rebabas de torno a orificios y a lo largo de otros bordes cortantes deben eliminarse.

Las soldaduras deben estar libres de imperfecciones (por ejemplo: aspereza, fracturas, orificios, cráteres, proyecciones), que son difíciles de cubrir eficientemente con un sistema de pintura protector.

Otras recomendaciones para evitar el deterioro por corrosión se exponen a continuación.

Cuando por las características del medio, sea imposible obtener sistemas de protección con pinturas que sea duradero, se recomienda el uso de recubrimientos metálicos, como es en el caso de los perfiles galvanizados para superficies en contactos con ácidos decapantes de los óxidos férricos (ácidos fosfóricos).

Se diseñan los entrepisos metálicos, eliminando el contacto con los equipos o elemento de almacenaje y contención de líquidos, así como evitar la acumulación de los derrames que aceleren su deterioro. Estos entrepisos se construyen de laminas corrugadas (antirresbalable) de acero galvanizado, con laminas de reborde que evite la propagación de los derrames y el contacto con el resto de la estructura.



FIGURA 9. Diseño de entrepisos metálicos.

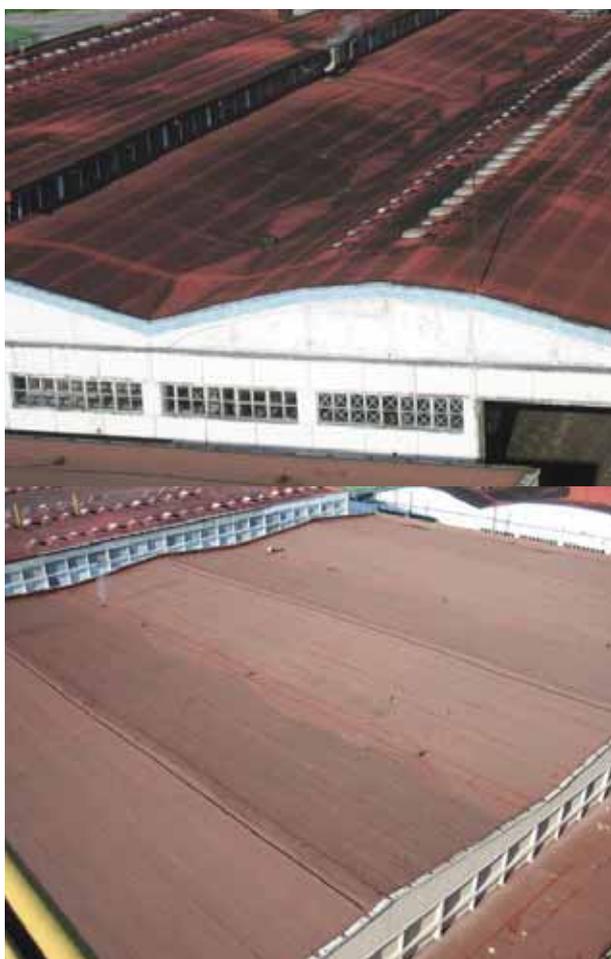


FIGURA 10. Impermeabilización de la cubierta.

Poner atención a la posibilidad de filtración de humedad proveniente de las precipitaciones, a partir del diseño acertado de un sistema de impermeabilización de cubierta, haciendo énfasis en el mantenimiento de la misma.

3. CONCLUSIONES

Con lo referido anteriormente se demuestra la importancia de conocer y aplicar los métodos y técnicas normalizadas para la protección anticorrosiva de las estructuras metálicas, desde el momento en que se concibe y proyecta la estructura. En primer término, todas las medidas que se apliquen para una protección efectiva, deben llevar implícito disminuir los efectos

de los contaminantes sobre las superficies metálicas internas no protegidas adecuadamente en nuestras condiciones. La solución a los problemas de diseño anticorrosivo, aumenta la eficiencia de los sistemas de protección con pintura, pero exige organizar las actividades de mantenimiento para prolongar la vida útil del sistema. El incorrecto diseño de los sistemas de pintura provoca el rápido deterioro de los elementos estructurales y presupone el gasto adicional de recursos de todo tipo. Es imprescindible que los profesionales relacionados con el diseño de sistemas de protección dominen los factores que intervienen en la calidad de los sistemas de protección anticorrosiva para lograr la optimización de los recursos que para ese fin se destinen.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. Bardal, Einar. Corrosion and protection (Recurso electrónico), Ed. London, Springer, cop., Londres, GB, 2004.
2. Colección Geplacea. Serie mantenimiento industrial. Manual de mantenimiento para la industria azucarera, no 5, La Habana, Editorial GEPLACEA. 1985, 302p.
3. Domingos P., Fabio. La prevención de la corrosión en estructuras metálicas, (recurso electrónico en), www.gerdau.com.br, Brasil, 2008.
4. Domínguez J. et al. Introducción a la corrosión y protección de metales. Edición ENPES, MES, La Habana, 1987. 484p.
5. Echeverría C. Diseño anticorrosivo. Monografía, Universidad de Matanzas, 1990.
6. Echeverría C. et. al. Corrosión atmosférica del acero en condiciones climáticas de Cuba. Influencia del aerosol marino. Monografía. ISBN: 959-16-0188-3, 2001.
7. Fernández G, Jaime et. al. Una Investigación sobre la eficacia de los distintos sistemas de reparación de estructuras dañadas por corrosión Ed. Madrid Intemac, Madrid, España, 1998.
8. Gómez de León Hijes, Félix Cesáreo. Manual básico de corrosión para ingenieros, Publicación Murcia: Universidad de Murcia, España, 2004.
9. González, J. et al. Teoría y práctica de la lucha contra la corrosión. Madrid, España, 1984, 684 pág.
10. Kaesche, Helmut. Corrosion of metals: psychochemical principles and current. Ed. Berlin Springer, cop., Alemania, 2003.
11. NC 12:00: Sistema de Normas Cubanas de Protección Contra la Corrosión, Cuba.
12. Norma ISO 1294: 1-8: 1999. Pinturas y Barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Part. 3: Design Considerations.