

IMPORTANTE

Los datos, conclusiones y/o recomendaciones que se incluyen en la presente ficha son únicamente orientativas, responden a modelos teóricos y tienen carácter meramente divulgativo. Es necesario que, en cualquier caso, se proceda a su comprobación acudiendo a las normativas que resulten de aplicación a cada caso concreto, sin que, por tanto, deban adoptarse decisiones de cualquier tipo exclusivamente a partir de su contenido.

Estructuras Metálicas: Soldadura y Corrosión

Soldaduras y Nudos

La soldadura logra la unión de los metales por fusión. Todos los metales son soldables siempre que se aplique el procedimiento y la técnica adecuada. En ocasiones fracasa el intento de soldar metales porque se ha pasado por alto uno de estos dos factores.

Tipos de soldadura:

- **DE ARCO:** Es el más habitual y se utiliza un electrodo ajustando la corriente eléctrica para "hacer saltar el arco", es decir, para crear una corriente intensa que salte entre el electrodo y el metal de modo que el calor funda un metal de aporte que penetra por capilaridad en las rendijas de las piezas creando una unión por cohesión.
- **DE GAS:** Utiliza una llama de intenso calor producida por la combinación de un gas combustible con aire u oxígeno. En muchos casos la unión puede realizarse sin material de aporte debido a que se alcanza el punto de fusión de la mayoría de los metales.

Defectos comunes de la soldadura:

- **MORDEDURA.** Aparece en los bordes del cordón, cuando se quema el metal base debido a una intensidad o longitud de arco excesivas.
- **DESBORDAMIENTO.** Se produce por falta de fusión, que puede ser tanto en el metal base como en el de aportación y suele deberse a la presencia de una capa de protección.
- **FALTA DE PENETRACIÓN DEL MATERIAL DE APORTACIÓN.** Suele aparecer por impurezas de la superficie, falta de calor en determinados puntos o ranuras de fusión excesivamente pequeñas.
- **CORDONES IRREGULARES O PICADOS.** Pueden contener otros materiales, aire o deberse a un mal trazado del cordón de soldadura.
- **POROSIDAD:** Burbujas o materiales diversos alojados en el interior de las soldaduras.
- **GRIETAS.** Por ejecutar el cordón excesivamente deprisa o con temperaturas inadecuadas. Pueden presentarse sólo a nivel interno.

Control de las Soldaduras:

Debe examinarse siempre una muestra de cada tipo de soldadura distinguiendo por piezas y por posición (horizontales, verticales, de techo, etc.) ya que los defectos pueden aparecer únicamente en algunos tipos. Debe planificarse una campaña de control progresivo en función de los resultados de los primeros muestreos abundando en los puntos en donde se encuentren fallos. El control de las soldaduras se realizará según la UNE-EN ISO 14555:1999 y la UNE-EN 287-1:1992



- **CERTIFICACIÓN DEL SOLDADOR** Por un organismo acreditado y cualificarse de acuerdo con la norma UNE-EN 287-1:1992, y si realiza tareas de coordinación del soldeo, tener experiencia previa en el tipo de operación que supervisa. Cada tipo de soldadura requiere la cualificación específica del soldador que la realiza.
- **EXAMEN VISUAL DE LAS SOLDADURAS:** El aspecto general de la soldadura dice mucho de su calidad. Además pueden utilizarse lupas para observar si existen defectos.
- **LÍQUIDOS PENETRANTES:** Aunque se realizan normalmente por un laboratorio, el examen visual de las soldaduras ensayadas también es muy expresivo de la existencia de defectos externos. Se emplean unos colorantes y unos reactivos y permiten apreciar defectos externos que no son fáciles de ver a simple vista.
- **PARTÍCULAS MAGNÉTICAS.** También permiten detectar defectos externos con más detalle que la simple vista. Se espolvorean partículas metálicas que se alinearán al magnetizar las piezas y señalarán las grietas.
- **RADIOGRAFÍAS Y ULTRASONIDOS:** Se realizan por parte de laboratorios especializados y permiten detectar defectos internos. Dependiendo de la importancia de las soldaduras, se realizará un muestreo general o se encargarán ensayos específicos de las soldaduras que presenten defectos externos para valorar su alcance.

Principales Especificaciones de las Uniones:

1. Preparación para el soldeo:

- Las superficies y bordes estarán exentos de fisuras, entalladuras, materiales que afecten al proceso o calidad de las soldaduras y humedad.
- Los componentes a soldar estarán correctamente colocados y fijos mediante dispositivos adecuados o soldaduras de punteo y serán accesibles al soldador. Las soldaduras de punteo no incorporadas a las soldaduras finales, se eliminarán.
- Las dimensiones finales estarán dentro de tolerancias, estableciéndose márgenes adecuados para la distorsión o contracción.
- Los dispositivos provisionales para el montaje, serán fáciles de retirar sin dañar la pieza.
- Si se cortan las soldaduras al final del proceso, la superficie del metal base se alisará por amolado.
- Se considerará la utilización de precalentamiento cuando el tipo de material o la velocidad de enfriamiento puedan producir un endurecimiento de la zona térmicamente afectada por el calor.

2. Requisitos para la ejecución, según el tipo de soldadura:

- **SOLDADURAS POR PUNTOS.** Tendrán una longitud mínima de cuatro veces el espesor de la parte más gruesa de la unión y que 50 mm. Estarán exentas de defectos de deposición y, si están fisuradas, se rectificarán y se limpiarán a fondo antes del soldeo final.



- **SOLDADURA EN ÁNGULO.** Existirá un contacto lo más estrecho posible entre las partes que se van a unir. La soldadura depositada no será menor que las dimensiones especificadas para el espesor de la garganta o la longitud del lado del cordón. La longitud efectiva de un cordón debe ser mayor de 40 mm, al menos seis veces el ancho de garganta. Para transmitir esfuerzos de tracción perpendiculares a su longitud, los cordones deben ser dobles.
- **SOLDADURA A TOPE.** Se garantizará que las soldaduras son sanas, con el espesor total de garganta y con final adecuado en los extremos. La toma de raíz en el dorso del cordón tendrá forma de “v”, podrá realizarse por arco-aire, o por medios mecánicos, hasta una profundidad que permita garantizar la penetración completa en el metal de la soldadura.
- **SOLDADURA EN TAPÓN Y OJAL.** Las dimensiones de los agujeros se especificarán en el pliego de condiciones y serán suficientes para poder acceder adecuadamente al soldeo. Si se rellenan con metal de soldadura, se comprobará previamente la soldadura en ángulo.

3. Uniones articuladas según la posición de la articulación:

- **SOLDADURA DE ALMA.** El elemento al que se une la viga debe permitir en su extremo el giro suficiente y debe comprobarse la resistencia a cortante de la región soldada del alma de la viga.
- **APOYO DE VIGA SOBRE CASQUILLO DE ANGULAR.** Se comprobará la necesidad de incluir rigidizadores dependiendo de la resistencia del alma de la viga. Se realizará también la comprobación del ala del casquillo de angular a cortante si éste no está rigidizado, que será válido si el cordón de soldadura tiene una anchura de garganta de 0,7 veces el espesor del ala del angular, o el rigidizador y las soldaduras en caso contrario.
- **ARTICULACIÓN CON DOBLE CASQUILLO SOLDADO.** No se dispondrán cordones horizontales para asegurar que la viga principal o soporte al que se une la viga articulada permite un giro suficiente, así como la flexibilidad del casquillo.

4. El uso de cartelas limita las deformaciones originadas por el calor de las soldaduras por lo que deben disponerse cuando las soldaduras tengan una especial presencia en los nudos.

5. Las uniones empotradas, en las que fallará antes la barra que el nudo, requieren cartelas y se unen en todo el perímetro.

El nudo entre cimentación y pilares se realiza con una placa de anclaje con pernos embutidos en la zapata que normalmente serán roscados para permitir la nivelación y el replanteo posterior con la suficiente tolerancia.

Normalmente 5 cm entre la placa y la zapata son suficientes y se rellenarán posteriormente con mortero sin retracción que deberá rebosar para asegurar su reparto adecuado. Sobre las placas y dentro de ellas deben situarse tanto los pilares como las cartelas correspondientes al nudo.



Prevención de la corrosión

Objeto y descripción del fenómeno

El fenómeno de la corrosión objeto de esta ficha se centra en el ámbito de las estructuras metálicas. Se puede definir la corrosión como la destrucción o deterioro de las propiedades de un metal por reacción química o electroquímica con su medio ambiente.



El término corrosión puede designar tanto el proceso en sí como el daño por él causado. Sea cual sea el proceso de corrosión, sus efectos se traducen en una disminución progresiva de la sección resistente que puede llegar hasta la perforación o rotura.

Causas

Las principales causas de aparición de la corrosión en estructuras metálicas son:

Diseño

- Incorrecta Protección de la estructura del edificio, por parte del proyectista, respecto al ambiente agresivo o atmósfera del entorno: costero, industrial, urbano o rural.
- No se ha acertado con la elección del Tipo de Exposición, por parte del proyectista de los elementos de la estructura: con o sin cubierta, total o parcialmente a la intemperie.
- El propio diseño de la estructura: selección de materiales, secciones, espesores, ejecución de uniones soldadas y atornilladas.
- Ausencia, insuficiencia o incorrecta previsión de las protecciones adecuadas sobre los materiales para evitar su corrosión.
- Ausencia, insuficiencia o incorrecta conexión de la estructura metálica a la red de toma tierra.
- Incompatibilidad de materiales en el diseño de las diferentes soluciones constructivas, encuentros con fachada, cubierta, etc.
- Insuficiencias o incorrecciones en el diseño de las diferentes soluciones constructivas para evitar la presencia de agua, humedad o diferencias de temperatura con riesgo de condensaciones.

Puesta en obra

- Ausencia, insuficiencia o incorrecta ejecución de las protecciones especificadas sobre los materiales para evitar su corrosión.
- Contacto con otros metales: cuando dos metales de diferente potencial eléctrico se ponen en contacto, en un medio húmedo, se origina un par galvánico que hace que uno de los metales atraiga iones y el otro produzca sales residuales. El metal más electronegativo actúa como ánodo y el menos como cátodo.



Elementos constructivos afectados

El aspecto que presentan las superficies corroídas es, en general, diferente según se trate de un proceso de tipo químico o electroquímico. El proceso químico se desarrolla en toda la superficie expuesta, lo que se traduce en una disminución regular del espesor del metal.

El proceso electroquímico, al tratarse de un proceso localizado, hace que la corrosión se efectúe en ciertos puntos de la superficie del metal, formando 'cráteres' que aumentan en profundidad pudiendo llegar a la perforación del elemento estructural.

La corrosión de elementos metálicos es uno de los problemas más comunes a la hora de estudiar la conservación de las construcciones.

Cuando se trata de elementos no ocultos, la simple inspección puede ser suficiente para la calificación del nivel de daño. Cuando se trata de corrosión generalizada, una vez eliminada la posibilidad de corrosión localizada o por 'picaduras', el parámetro fundamental es la determinación de la pérdida del espesor de las secciones metálicas.

La pérdida de espesor ha podido estimarse en ocasiones determinando con calibre las dimensiones de la sección real de las piezas metálicas. Esta medición se realiza con precisión de 0,1mm.

Existen aparatos para la medida de espesores de recubrimiento delgados sobre base metálica. Se aplican a la detección de espesores de recubrimiento anodizado o de espesores de pinturas y lacados sobre acero o aluminio generalmente, como los aparatos Mitutoyo (Fe) o Foster (Al).

Los aparatos de ultrasonidos para el estudio de materiales metálicos permiten determinar la presencia de defectos por el eco que éstos generan al interceptar las ondas sónicas.

En la auscultación de chapas, permiten además de detectar los típicos defectos de inclusiones, hoja de laminación, etc., medir espesores cuando no es accesible una de las caras de la chapa.

La técnica se aplica especialmente al control de calidad de uniones soldadas, habiéndose desarrollado transductores que permiten incluso la auscultación de soldaduras no accesibles mediante equipos de funcionamiento automático.

Cuando se trata de uniones soldadas, es frecuente aplicar este método en taller, y más raramente en obra.

Para el estudio de los cordones se emplean ondas transversales, mientras que para medir espesores y detectar defectos internos de las chapas se utilizan las ondas longitudinales.

El empleo de ultrasonidos en el control de construcciones de estructura metálica está condicionado a la dedicación por personal cualificado y experto.

Tanto, como ya se ha citado, por estar expuestos al ambiente exterior, o zonas en presencia de agua, incluso sumergidos, así como en contacto con otros elementos metálicos.

Los elementos de la estructura pueden estar en contacto directo con otros metales, como por ejemplo elementos propios o auxiliares de carpintería metálica, cerrajería o incluso tuberías y otros elementos.



Sin embargo la corrosión por par galvánico también puede producirse sin necesidad de que los metales estén en absoluto contacto.

Por ejemplo, en una fachada con varios elementos de distintos metales, la humedad ambiental o el agua de lluvia puede arrastrar en solución iones metálicos que, al desplazarse de arriba hacia abajo, pueden entrar en contacto con los otros metales y desencadenar el proceso de corrosión.

La corrosión por aireación diferencial suele desarrollarse en elementos constructivos horizontales (vigas, viguetas, chapas, etc.) donde con frecuencia aparecen oxidaciones o 'picaduras' puntuales provocadas por la acumulación de agua (incluso gotas de rocío) en alguna zona del elemento.

En las fachadas de los edificios los elementos susceptibles de sufrir este tipo de corrosión son, entre otros, los alféizares y vierteaguas de ventanas, las barandillas o las carpinterías de ventanas.

Los elementos de acero inoxidable únicamente se ven afectadas por el tipo de corrosión definido como intergranular, provocado por errores de fabricación en las aleaciones metálicas.

Referencias bibliográficas y normativa aplicación

- I. CTE Seguridad Estructural: DB-SE Bases de Cálculo . Ministerio de Vivienda.
- II. CTE Seguridad Estructural: DB-SE-AE. Acciones en la Edificación. Ministerio de Vivienda.
- III. CTE Seguridad Estructural: DB-SE-A. Acero. Ministerio de Vivienda.
- IV. Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero.
- V. UNE_EN 1993-1-8. Uniones.

Estudio y realización de la ficha

ESTUDIO Y REALIZACIÓN DE LA FICHA: Elí Gómez Oltra y Juan A. Rausell Donderis, Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunidad Valenciana, Antonio Maciá Mateu Coordinador, Centros de Asesoramiento Tecnológico de la Comunidad Valenciana, Guillermo del Campo Coordinador, Centro de Asesoramiento Tecnológico del Colegio Oficial de Arquitectos de Castilla La Mancha.

Coordinación y redacción ASEMAS: Eleuterio Sánchez Vaca y Javier Arcones Benito. Departamento de Servicios Técnicos.

Coordinación CSCAE: Antonio Cerezuela Motos. Coordinador Área Técnica.

