

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**PROYECTO DE INVESTIGACIONES METALÚRGICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE FALLA EN UN CRISOL PARA
GALVANIZACIÓN DE CHAPAS DE ACERO**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN APLICADA MEDIANTE EL USO DE END
Y MÉTODOS EMPIRICOS DE RECONSTRUCCIÓN POR SOLDADURA.
CASOS REALES.**

Enrique H. Soria Lemus

Roberto Alejandro Aguilar Rivas

Guatemala, septiembre de 2012.

INSPECCIÓN Y REPARACIÓN DE FALLA EN UN CRISOL PARA GALVANIZACIÓN DE CHAPAS DE ACERO.

Enrique H. Soria Lemus* y Roberto A. Aguilar Rivas **

(*SIE LTDA. – Ensayos No Destructivos –. **EIM-FIUSAC. Proyecto de Inv. Metalúrgicas).

Resumen

Se investiga la causa y magnitud de fallas en un crisol para galvanización de chapas de acero al carbono, mediante la aplicación de Ensayos No Destructivos: Inspección Visual, Tintas Penetrantes, Partículas Magnéticas y ultrasonido y se aplica un procedimiento artesanal de reparación por soldadura. Los resultados fueron totalmente positivos, y, se convalida el proceso de reparación artesanal diseñado por los suscritos y aplicado en casos previos^{3,4}.

Abstract

The cause and magnitude of failures in one hot dip galvanization crucible for carbon steel sheets are investigated through Non Destructive Testing: Visual Inspection, Penetrant tests, Magnetic Particles, and ultrasonic. One artisanal procedure of welding repair is applied. The results were quite positive, and validate the craft repair process designed by the authors and applied in previous cases^{3,4}.

Palabras clave: Falla, Fatiga, Tintas Penetrantes, Luz Ultravioleta, Galvanización.

Introducción y Antecedentes

El presente caso lo constituye la investigación de las características, magnitud y causa de fallas producidas en un crisol de acero al carbono, AISI 1006, diseñado para su utilización como recipiente de zinc líquido a 460°C de temperatura, empleado en el proceso de galvanizado por inmersión en caliente de chapas de acero de diferentes calibres. El crisol es proporcionado por los fabricantes, originalmente, bajo un estricto control de calidad que incluye la aplicación de tratamientos térmicos, para evitar el efecto de las tensiones residuales, tanto mecánicas cuanto de origen térmico, originadas durante su manufactura.

Estos crisoles, antes de su puesta en uso, se recubren, en la planta de galvanización con acero inoxidable austenítico, para incrementar su resistencia al calor y la corrosión, por las temperaturas, materiales e insumos empleados para el proceso, y, luego se someten a tratamientos térmicos especiales para el alivio de tensiones producidas por los procesos de recubrimiento. En tal sentido, las paredes del crisol están compuestas por el acero al bajo carbono, un híbrido en la interfase acero al carbono y acero austenítico, y, el recubrimiento de acero austenítico en sí. Últimamente se emplean dos tipos de acero austenítico, uno sobre otro. Las características metalográficas, deben definirse en función de la interpretación de los diagramas Hierro-Carbono, Schaffler, De Long y Bystram y un amplio criterio en la interpretación de las interfases híbridas y las estructuras precipitadas durante el enfriamiento, así como de las características metalográficas de la zona afectada por el calor.

Metodología de Investigación de las Características de Falla

La identificación y magnitud de las fallas se determinó con el empleo de las técnicas de Ensayos No destructivos siguientes: Inspección Visual, Líquidos Penetrantes, partículas magnéticas, Ultrasonido, y, posteriormente se realizó un mapeo de Ensayos de Dureza.

La inspección visual, debido a la apariencia de las fallas y la zona en donde se presentaron, indicó la necesidad indispensable de aplicar ensayos no destructivos complementarios para poder identificarlas a plenitud. De esa manera, se aplicaron tintas penetrantes autoemulsificables y observación con luz ultravioleta, como puede observarse en las figuras 1, 2 y 3. Este método permitió identificar preliminarmente las fallas y su ubicación.

Posteriormente, se aplicaron partículas magnéticas y los resultados obtenidos pueden observarse en las figuras 5 y 6. Adicionalmente, se aplicó ultrasonido en toda la periferia cercana a las fallas, sin encontrarse discontinuidades adicionales. Se realizó un mapeo de dureza en las zonas aledañas a las fallas, tratando de constatar cambios de propiedades en el material del crisol que pudieran indicar posibilidades de falla posteriores o constituir el inicio de nuevas fisuras durante la aplicación de las soldaduras, habiéndose constatado que el resto de la chapa del crisol permaneció invariable después de la falla.

Resultados

Al realizar el análisis de los procesos de producción a que se somete el referido crisol, pudo constatarse que el mismo está sujeto a temperaturas de trabajo fluctuantes, en algunos casos con intervalos severos, debido al ritmo de producción impuesto que demanda la aplicación de temperaturas elevadas en el crisol para mantener la temperatura de galvanización adecuada en el baño de zinc.

Las fallas mayores se manifestaron en forma de desgarres con direcciones caprichosas, con muy escasas derivaciones secundarias.

Las fallas que se observan en las siguientes fotografías, se identificaron como producidas por fatiga mecánica combinada con fatiga térmica, debida a ciclos repetidos de subida y bajada de las temperaturas de operación. No se encontraron zonas de desgaste representativo en las zonas recubiertas con material austenítico, es decir, que dejaran al descubierto las paredes de acero al carbono. Los esfuerzos mecánicos a que se somete el crisol durante la producción quedan definidos por la presión metalostática del zinc y el plomo utilizados durante el proceso. Las presiones producidas por el zinc varían constantemente en función del consumo durante el proceso mismo. De tal manera, la fluctuación de los esfuerzos mecánicos en el material del crisol es evidente.

Fotografía N° 1. Se observa la pieza en el tiempo de penetración, durante la aplicación de líquidos penetrantes. Fuente: Archivos SIE-INDESA



las siguientes fotografías muestran los procesos de análisis e interpretación de las superficies observadas con los líquidos penetrantes y la aplicación de la luz ultravioleta:

Figura N° 2. Aplicación de luz ultravioleta. Fuente: Archivos SIE-INDESA

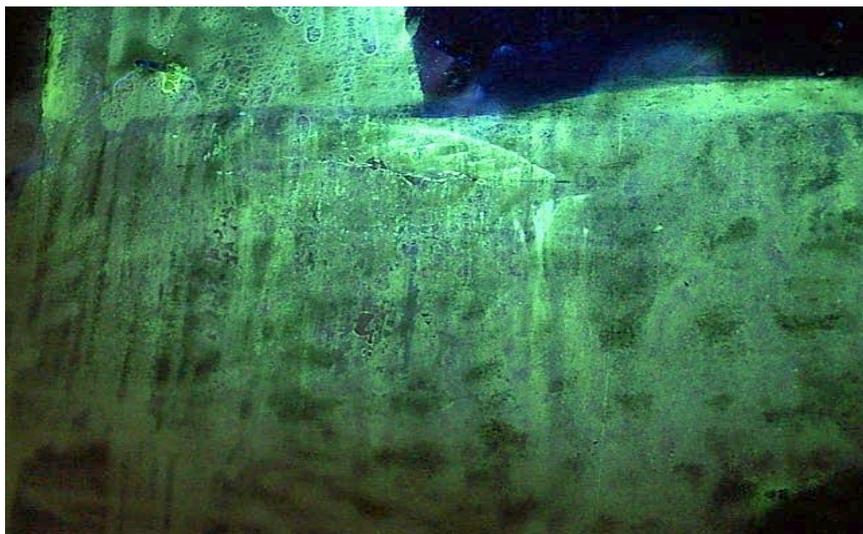
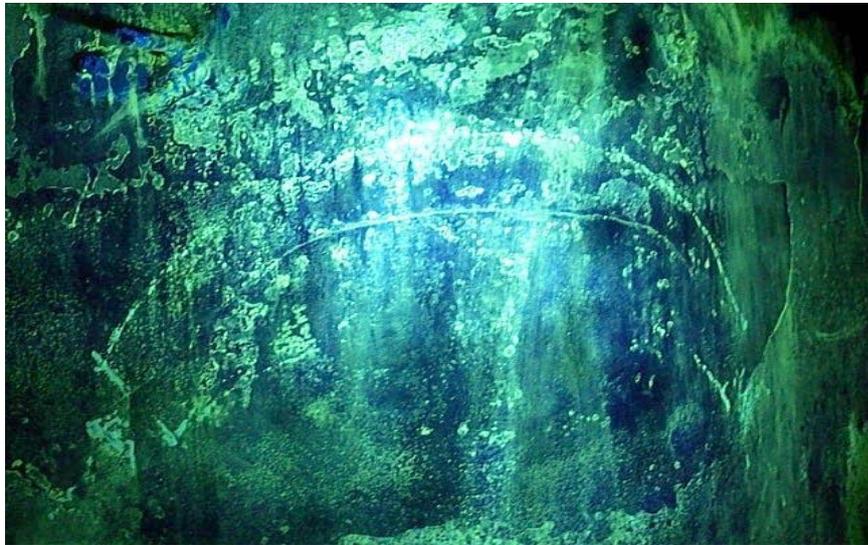


Fig. N° 3. Revelación de la fisura mayor con aplicación de luz ultravioleta. Fuente: archivos SIE-INDESA.



Las siguientes fotografías nos muestran las dos fisuras encontradas con la aplicación de partículas magnéticas:

Fig. N° 4. Revelación con partículas magnéticas. Fisura N° 1. Fuente: archivos SIE-INDESA



Fig. N° 5. Revelación con partículas magnéticas. Fisura número N° 2. Se convalida la revelación con tintas penetrantes



Conclusiones

1. La aplicación de los Ensayos No destructivos representa una herramienta fundamental en la investigación de la existencia de las fallas y discontinuidades de la maquinaria y equipo empleada en los procesos industriales.
2. La recurrencia de los resultados con el uso indistinto de los métodos superficiales convalida la aplicación de los mismos, que, cuando se tiene suficiente conocimiento en cuanto la aplicación de cada uno en particular, no es necesaria su utilización simultánea.
3. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los END facilitan el diseño y ejecución de los procesos de recuperación de los elementos dañados.
4. El proceso de reparación empleado por los autores, definido en los reportes incluidos en las referencias^{3, 4}, fue, al por demás, efectivo en el presente caso.
5. La efectividad repetitiva de los procesos de reparación por soldadura, con aplicación de TTT, en forma artesanal, diseñados por los suscritos en trabajos previos^{3, 4}, convalida la aplicación del método científico a través de los ensayos empíricos aplicados en el lugar de los hechos. (Hasta la fecha, los autores han realizado más de cuarenta reparaciones similares “en sitio” con una efectividad de 100%).

Recomendaciones

La aplicación de END y procesos de soldadura respaldados con la utilización de las normas AWS, ASTM y API, representan un recurso de la ingeniería local en la sustitución de importaciones de mayores volúmenes de maquinaria y

equipo, así como de mano de obra extranjera. En tal sentido, se recomienda a las instituciones involucradas en los procesos de desarrollo, ciencia y tecnología, brindar el apoyo necesario a la enseñanza y ejecución de las técnicas expuestas.

Referencias

1. Aguilar Rivas R. A. Introducción a la Inspección de Soldaduras. Proyecto Regional de Ensayos No Destructivos para América Latina y el Caribe. NU, RLA-82-T01 (1989). Guatemala.
2. Aguilar Rivas R. A. y Soria Lemus E. H. Inspección y Resolución de Fallas con aplicación de END y procesos de Soldadura en Equipos Industriales. Casos Reales. VI Congreso Nacional y III Regional de Ingeniería Mecánica. CIM 2009. Guatemala.
3. Aguilar Rivas R. A. y Soria Lemus E. H. Investigación y reparación de falla por fatiga en un balancín para la trituración de piedra en la fabricación de cemento. Presentado al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la FIUSAC. (2008). Guatemala.
4. Aguilar Rivas R. A. y Soria Lemus E. H. Inspección y Reparación de Fallas de un Horno de Clinker en la Industria Cementera. Presentado al Centro de Investigaciones de Ingeniería de la FIUSAC. (2009). Guatemala.
5. Soria Lemus E. H. Laboratorio de Ensayos No Destructivos de la Carrera De Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería, USAC. Trabajo de Graduación (2004). Guatemala.

Enrique Humberto Soria Lemus

Ingeniero Mecánico. Certificado de la AWS y de la API. Entrenamiento Avanzado en Ensayos No Destructivos, dentro de Proyecto Multinacional de Ensayos No Destructivos ONU-CNEA (Argentina). Director de SIE LTDA – Ensayos No Destructivos en Centroamérica y el Caribe –.

Roberto Alejandro Aguilar Rivas (Investigador Principal)

Dr. Sc. Ingeniero Mecánico, Post-Doctorado en Metalurgia. Ex Investigador Asociado de la USAC dentro del Programa Multinacional de Metalurgia OEA-CNEA, Argentina. Director de INDESA, – Ingeniería, Investigación y Desarrollo –. Profesor-Investigador Escuela de Ingeniería Mecánica FIUSAC.