

Métodos de inspección, ensayos, análisis y especificaciones para prolongar la vida útil en servicio de acumuladores de energía solar térmica.

Inspection methods, tests, analysis and specifications to extend the useful life in service of solar thermal energy accumulators.

Presentación: 21/10/2023

Sergio Tomas Farías Padilla

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Córdoba, Argentina
sergio.farias.padilla@mi.unc.edu.ar

Jorge Edison Baldo

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Córdoba, Argentina
jbaldo@inti.gob.ar

Costa Julio

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Córdoba, Argentina
jcosta@inti.gob.ar

Juan Carlos Gozálvez

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Córdoba, Argentina
gozálvez@inti.gob.ar

Guillermo Garrido

Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Córdoba, Argentina
ggarrido@inti.gob.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una descripción de los métodos de inspección, análisis y ensayos que deberían ser utilizados en la fabricación, montaje y mantenimiento de los equipos de Energía Solar Térmica, para prolongar la vida útil en servicio. En la fabricación se debe certificar el material “304 L”, controlar el diseño y la protección catódica. Durante el montaje se debe tener en cuenta la instalación del equipo como el buen funcionamiento de los componentes del sistema, y en el mantenimiento es fundamental la verificación de la protección catódica, la presencia de incrustaciones/sarro, y comprobar mediante un ensayo de hermeticidad que las pérdidas/fugas de agua no provengan de ninguna de las conexiones, existiendo una alta probabilidad que sea a través de fisuras debido a un proceso de corrosión bajo tensión, y si el agua es ligeramente ácida, con cloruros y el equipo no está protegido catódicamente, puede además fallar de forma prematura.

Palabras clave: Corrosión Bajo Tensión, Protección Catódica, etc.

Abstract

This work presents a description of the inspection, analysis and testing methods that must be used in the manufacture, assembly and maintenance of Solar Thermal Energy equipment, to prolong the useful life in service. During manufacturing, the “304 L” material must be certified, the design and cathodic protection must be controlled. During assembly, the installation of the equipment must be taken into account as well as the proper functioning of the system components, and in maintenance it is essential to verify the cathodic protection, the presence of scale, and verify by means of a test. tightness that the water losses/leaks do not come from any of the connections, there is

a high probability that it is through fracture due to a stress corrosion process, and if the water is slightly acidic, with chlorides and the equipment is not cathodically protected, it can also fail prematurely.

Keywords: Stress Corrosion Cracking, Cathodic Protection, etc.

Introducción

Para la fabricación de los acumuladores actualmente se utilizan chapas de 0,4 mm de espesor de acero inoxidable austenítico del tipo 304 L soldado. Este tipo de acero inoxidable presenta una muy buena resistencia a la corrosión generalizada, pero puede presentar Corrosión localizada [1] por Picaduras “Pitting”, Rendijas “Crevice”, Inducida Microbiológicamente MIC y fisuras por Corrosión Bajo Tensión “Stress Corrosion Cracking” SCC. El mecanismo de deterioro en la mayoría de los equipos fallados es por corrosión bajo tensión [2], un fenómeno en que actúan simultáneamente tensiones de tracción (acción mecánica) en un medio corrosivo (acción química), en este caso en particular en una solución acuosa, ligeramente ácida y en presencia de cloruro [3].

Desarrollo

En la fabricación se debería certificar el material o caracterizarlo mediante análisis químico, para conocer la composición química y ensayos de tracción para determinar las propiedades mecánicas del material para corroborar que se trata de un acero inoxidable austenítico del tipo 304 L, verificar el diseño con la memoria de cálculo [4], condiciones de trabajo, además demostrar el funcionamiento de la protección catódica [5], con ánodos de sacrificio de magnesio, del tamaño según la geometría y capacidad del tanque, con un extremo roscado de bronce o acero inoxidable de 3/4”, que son materiales conductores y resistentes a la corrosión.

Tanto fabricantes nacionales como extranjeros deben certificar sus equipos de EST según la resolución 520/18 de la Secretaría de Comercio del Ministerio de la Nación, luego de realizar una serie de ensayos de acuerdo con la norma IRAM 210015-1 [6], ensayos realizados por el grupo de Energía Solar Térmica del INTI.

En el montaje se debería verificar la correcta instalación del equipo, el funcionamiento del tubo de venteo, tanque compensador, Resistencia eléctrica y prestar atención en la existencia tanto de bombas de presurización como válvulas de retención en el sistema, durante esta etapa se debería realizar una minuciosa inspección del sistema de protección catódica por ánodos de sacrificio, ya que es la principal protección a la corrosión localizada del ac. inox. austenítico 304L.



Figura 1: Equipo de energía solar térmica AEST, con vista parcial y en corte del acumulador.

Para la protección catódica se debe testear la conductividad eléctrica entre el ánodo de magnesio y la rosca metálica de bronce y luego de colocar el ánodo, medir también el contacto eléctrico Ω/cm entre el ánodo y el tanque de acero inoxidable, mediante un multímetro (Figura 2).



Figura 2: Medición de la conductividad en ánodo.

En la “Guía de buenas prácticas para proteger adecuadamente a los acumuladores de energía solar térmica del INTI, recomendamos hacer un mantenimiento preventivo al año de la instalación del equipo, reiterando la inspección cada dos años (Figura 3), realizando una exhaustiva inspección interna del equipo, sacando algunos de los tubos para examinar el estado superficial (figura 4), la presencia de incrustaciones/sarro, el estado del ánodo de magnesio, evaluar su posible recambio y verificar la conductividad eléctrica también por medio de un multímetro, en este caso colocando un borne sobre el ánodo y el otro sobre el tanque.



Figura 3: Mantenimiento, inspección y limpieza. Figura 4: Morfología del ataque corrosivo.

Además, aconsejamos realizar un análisis del agua para determinar si es propensa a generar sarro-incrustaciones midiendo la resistividad del agua y determinar el pH con papel colorimétrico para conocer la acidez del medio, porque pueden ser algunas de las causas fundamentales de la falla.

Además, si se detectan pérdidas/fugas de agua durante el servicio se debe realizar como primera medida un ensayo de hermeticidad y en el caso de corroborar las pérdidas, y comprobar que no provengan de ninguna de las conexiones, existe una probabilidad muy alta que sea a través de fisuras por corrosión bajo tensión (Figura 5).

Para corroborar este fenómeno aconsejamos realizar la técnica de líquidos penetrantes [7] que ponen de manifiesto la presencia de numerosas fisuras ramificadas típicas de corrosión bajo tensión del acero inoxidable austenítico 304L (Figura 6), en soluciones ligeramente ácidas, entre temperaturas de 50°C a 80°C y en presencia de iones cloruros.



Figura 5: Fisuras por SCC, transgranular ramificada. Figura 6: Ensayo “END” por líquidos penetrantes.

En tal caso se debe inhabilitar al equipo porque el deterioro avanzará con el tiempo, por otra parte, la aislación húmeda reducirá el rendimiento térmico del equipo.

Resultados

Mantenimiento predictivo

Analizando los mecanismos de deterioros en los equipos de energía solar térmica y realizando una casuística de análisis de falla [8] pudimos determinar cuáles son las posibles causas de falla.

Mantenimiento preventivo

Con la finalidad de evitar futuras anomalías e imprevistos proponemos realizar en forma programada y periódica una serie de análisis, ensayos y métodos de inspección

Mantenimiento correctivo

En caso de presentar fisuras y determinar que se trata de un proceso de corrosión bajo tensión, aconsejamos inhabilitar el equipo y sacarlo fuera de servicio por no tener reparación.

Conclusiones

Por tal motivo es de vital importancia solicitar las especificaciones del fabricante, realizar una sistemática inspección durante el montaje de toda la instalación del acumulador de EST. En el mantenimiento preventivo realizar una inspección periódica del equipo, del sistema de protección catódica y en particular de pérdidas/fugas de agua, para prolongar la vida útil en servicio de estos equipos. En el caso de presentar fisuras debido a un proceso de corrosión bajo tensión sugerimos inhabilitar el equipo por no poder remediar.

Referencias

- [1] Domínguez y J. Baldo, Mecanismos de deterioro en acumuladores de Energía Térmica Solar EST, Seminarios INTI organizado con la Cámara de la Industria Energética de Córdoba CADIEC, Córdoba, 2020.
- [2] J. Costa, J. Gozalvez, J. Baldo y A. Domínguez, Falla prematura de un acumulador de energía solar térmica AEST, Encuentro de Jóvenes Investigadores en Ciencia y Tecnologías de Materiales JIM2023, FRC-UTN, Córdoba, 2023.
- [3] J. Baldo, Módulos “Mecanismo de Deterioro” y “Tratamiento de agua en calderas” del Curso de Inspección de Calderas y Recipientes a Presión desarrollado por el INTI del Programa de la Junta Nacional de Calderas y Recipientes a Presión.
- [4] Domínguez, Módulo “Normas de fabricación y reparación del Código ASME” del Curso de Inspección de Calderas y Recipientes a Presión desarrollado por el INTI del Programa de la Junta Nacional de Calderas y Recipientes a Presión.
- [5] Protezione catodica. L. Lazzari y P. Pedferri, Sienza e Tecnica dei Materiali.
- [6] Norma IRAM 210015- Resistencia al impacto, resistencia a la presión interna, pérdida térmica y fluido caloportador.
- [7] J. Gozalvez, Módulo “Métodos de Inspección del Código NBIC” del Curso de Inspección de Calderas y Recipientes a Presión desarrollado por el INTI del Programa de la Junta Nacional de Calderas y Recipientes a Presión.
- [8] Domínguez y J. Baldo, Mecanismos de deterioro en acumuladores de Energía Térmica Solar EST, Seminarios INTI organizado con la Cámara Argentina de Fabricantes de Equipos de Energía Solar Térmica CAFEEST, Córdoba, 2020.