

Una mirada al método de inspección de materiales por corrientes inducidas

Introducción

El método de inspección de materiales por corrientes inducidas (CI) es un *Ensayo No Destructivo* (END) que permite inspeccionar y comprobar la integridad de miles de tubos metálicos en forma rápida y confiable. Este método es muy útil en el mantenimiento de centrales nucleares.

¿Dónde hay miles de tubos para inspeccionar?

Intercambiadores de calor

En una central nuclear la reacción de fisión producida en el núcleo del reactor genera energía térmica, y parte de ésta termina transformándose en energía eléctrica. Esta transformación se realiza a través de las siguientes etapas: el calor generado en el núcleo se transfiere al fluido *moderador*, que a su vez lo transfiere al agua del circuito secundario, que se transforma en vapor, que por presión hace girar una turbina. La turbina mueve el eje de un alternador acoplado, generándose energía eléctrica entre sus terminales de salida.

Las etapas que manejan fluidos están constituidas por distintos equipos, que reciben el nombre genérico de *intercambiadores de calor*. Estos equipos están formados por miles de tubos y una carcasa. Por el interior de los tubos circula un fluido y por su exterior, dentro de la carcasa, otro. Por ejemplo, en el *generador de vapor* (GV), se extrae calor del moderador (que circula por dentro de los tubos) y se produce vapor de agua a presión. Los fluidos de los distintos circuitos no deben mezclarse. Por ello, es necesario asegurar que los miles de tubos metálicos que componen los intercambiadores de calor no tengan fisuras ni pinchaduras.

Durante las paradas programadas de las centrales nucleares se realizan múltiples operaciones de mantenimiento, entre ellas inspecciones mediante técnicas de END de los distintos equipos que la componen. La inspección de los tubos de los intercambiadores de calor por END es lo que se explica a continuación.

¿Qué son las corrientes inducidas?

En el siglo XIX, el físico francés Léon Foucault observó que si un material conductor se encuentra en un campo magnético variable, este campo genera en el material conductor una corriente eléctrica. Estas corrientes, también conocidas como *corrientes de*



Autor:

Marta C. Ruch

Doctora en Ciencias Físicas
UBA

Especialista en Ciencias de
Materiales y END

Investigadora en CNEA –
Departamento ENDE

Con certificación Nivel 3 en
END por Corrientes Inducidas
IRAM-ISO 9712

Foucault o corrientes parásitas, son el producto de la inducción electromagnética.

¿Cómo podemos utilizar este fenómeno para inspeccionar piezas metálicas?

Por ejemplo, deberíamos ser capaces de llevar un campo magnético variable a la cercanía de las piezas, y recorrerlas, mientras se estudian las corrientes que se inducen en las mismas. El elemento más sencillo para generar un campo magnético variable es una bobina por la cual circula una corriente alterna. Cuando se acerca esa bobina a un material conductor, se inducen corrientes en éste. La Fig. 1 ilustra este fenómeno.

Si se quiere inspeccionar tubos metálicos, lo mejor es construir bobinas con la forma y el tamaño adecuados para “calzar

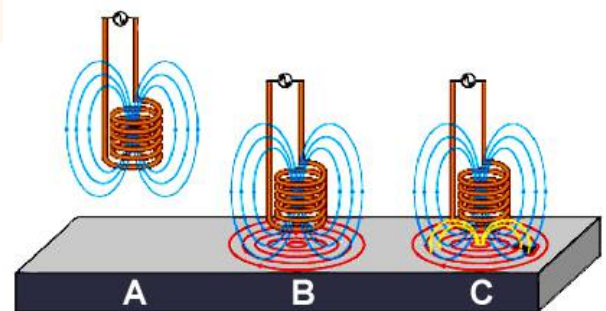


Fig.1 Una bobina por la que circula corriente alterna induce corrientes en un material conductor. Si hay un defecto, la corriente se distorsiona porque cierra su camino “esquivándolo”.

- La corriente alterna que fluye por la bobina genera un campo magnético alrededor de la bobina (dibujo en color azul).
- Cuando se acerca la bobina a un material conductor de la electricidad, se inducen corrientes en el material (rojo).
- Si un defecto en el material conductor perturba la circulación de la corriente, el acoplamiento magnético con el sensor cambia y se obtiene una señal de defecto midiendo la variación de impedancia de la bobina (amarillo).

justo” en el interior de los tubos en cuestión. En la jerga de los ensayos no destructivos, se habla del:

Método de Inspección de tubos por Corrientes Inducidas

El ensayo de tubos por CI consiste en recorrer el interior de los mismos con una sonda como las que se muestran en la Fig. 2, por la cual circula corriente alterna. Las sondas normalmente están compuestas por dos bobinados, montados sobre una pieza plástica de mayor longitud, que le otorga rigidez, y que tiene un sistema de centrado respecto del interior del tubo. Este diseño hace más suave y uniforme el recorrido, evitando señales espurias, conocidas como “cabeceo”.

A medida que la sonda recorre el tubo, el campo magnético asociado a la primera induce corrientes en la pared del tubo. Si hay discontinuidades en la pared, las corrientes se distorsionan. Si la distorsión ocurre en la cercanía de uno de los bobinados, se obtendrá una señal *no nula*. Efectivamente, en esas condiciones esa bobina “ve” algo diferente de lo que “ve” la otra. Las señales típicas tienen forma de “8”. Para las inspecciones en las centrales nucleares, se utilizan equipos automatizados que digitalizan y graban las señales de cada tubo. Este registro luego es analizado por triplicado: por el sistema automático y por dos personas especialistas por separado.

Como se trata de una técnica comparativa, previamente se calibran los aparatos utilizando tubos de prueba con características (diámetro y material) similares a las de los tubos reales a inspeccionar. Con esta calibración previa se construyen curvas para evaluar las posibles discontinuidades de los tubos (estimar profundidad y tamaño de las mismas) a partir de las “indicaciones” (señales) de impedancia que se obtienen en los ensayos.

Previo a las tareas, se elabora un *plan de inspección* (secuencia en la que se examinarán los distintos tubos). En algunos casos, se utiliza algún sistema robótico (llamado comúnmente *monito*), para ubicar la sonda en la entrada al intercambiador con acceso al interior de los tubos. Cabe aclarar que en el caso de los generadores de vapor, la longitud de los tubos (en forma de U) puede llegar hasta los 25 m, y su diámetro externo puede medir entre 18 y 25 mm, con un espesor de pared del orden de 1 mm.

Otras aplicaciones

El método de CI también se puede apli-

car al estudio de superficies. Se puede utilizar para medir espesores de óxidos u otros recubrimientos no conductores sobre sustratos metálicos, para clasificar materiales (por ejemplo, detectar monedas falsas por su conductividad eléctrica). Para estas situaciones de ensayos se desarrollan sensores de diferentes geometrías. Es de uso habitual para la inspección de remaches y zonas críticas en la industria aeronáutica. También se aplica en control de calidad en la fabricación de tubos metálicos.

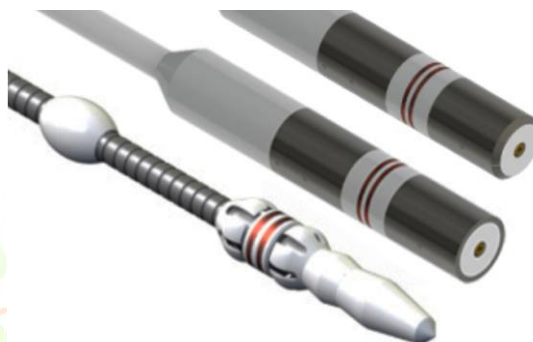


Fig. 2 Distintos tipos de sonda para la inspección de tubos.

Resumiendo

El método de CI se utiliza para la inspección no destructiva de tubos de intercambiadores de calor en centrales térmicas de potencia, ya sea que usen combustible nuclear o fósil. Debido a su alta sensibilidad, permite detectar pequeñas discontinuidades en las paredes de los tubos y diagnosticar eficientemente el estado de salud de los mismos. Las señales pueden ser digitalizadas y almacenadas para posterior análisis y también ser utilizadas como referencia en ensayos futuros. Como en todos los casos de aplicación de END, las inspecciones y demás tareas asociadas deben ser ejecutadas por personal certificado en el método.

ABREVIATURAS

CNEA: Comisión Nacional de Energía Atómica.

END: Ensayo No Destructivo.

ENDE: Departamento de Ensayos No Destructivos y Estructurales.

UBA: Universidad Nacional de Buenos Aires.

REFERENCIAS

1 Más información en Serie Hojitas de Conocimiento Una mirada a las técnicas de Ensayos No Destructivos (Pág. 135).

2 Más información en Serie Hojitas de Conocimiento Una mirada a una Central Nuclear (Pág. 31).

3 La impedancia es una medida de la oposición que presenta un circuito a la circulación de corriente, cuando se aplica una tensión.

4 Fuente: <http://www.zetec.com/products/eddy-current/probes/tubing-bobbin-probes/>

5 Ver imagen en Hojita: Una mirada a la gestión de vida de instalaciones industriales y nucleares (Pág. 64).



Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable
Comisión Nacional de Energía Atómica

Tel: 011-4704-1485 www.cnea.gov.ar/ieds

Av. del Libertador 8250 (C1429BNP) C. A. de Buenos Aires - República Argentina

Año de edición: 2017 ISBN: 978-987-1323-12-8