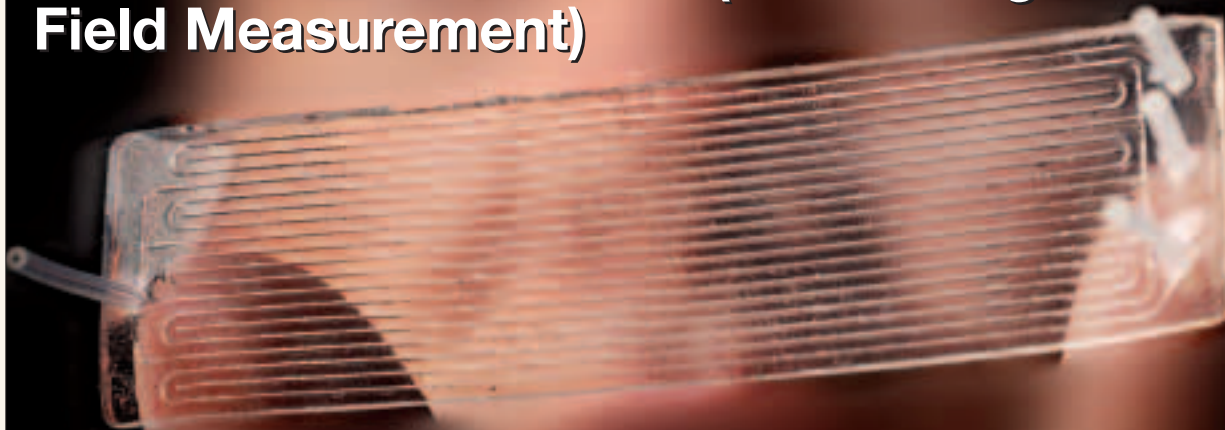


NUEVAS TÉCNICAS EN ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: ACFM (Alternating Current Field Measurement)



**NEW TECHNIQUES IN NON DESTRUCTIVE TESTING:
ACFM (ALTERNATING CURRENT FIELD MEASUREMENT)**

RESUMEN

El afán por optimizar tanto la productividad, como los métodos de inspección ha hecho que a lo largo de los últimos años hayan sido muchos los esfuerzos por encontrar nuevos métodos de Ensayo No Destructivos (END) con el fin de complementar a los tradicionales e intentar solventar las desventajas que estos últimos presentan.

Uno de estos nuevos métodos es el conocido como ACFM (Alternating Current Field Measurement). Mediante el empleo de esta técnica es posible detectar y dimensionar grietas superficiales en cordones de soldadura y piezas metálicas en general, de forma rápida y sencilla gracias a la capacidad de trabajo sin necesidad de preparaciones de superficie, calibraciones y posibilidad de inspección de forma remota.

En este artículo se detallan tanto el principio de funcionamiento de la técnica ACFM, como los campos de aplicación de la misma.

Palabras clave: Detección y dimensionado de grietas, sin preparación de superficie, sin calibración.

Recibido: 03/08/07

Aceptado: 19/11/07

Pablo Lorenzo Fernández
Ingeniero Industrial
Álava Ingenieros
Departamento de Ensayos Ambientales y END.



ABSTRACT

During last years, a lot of effort has been taken in order to find new Non Destructive Testing (NDT) methods to complement the traditional ones and try to solve their usual disadvantages.

One of these new methods is the one known as ACFM (Alternating Current Field Measurement). This technique allows the user to detect and size surface cracks in welds and metallic components in general, in a fast and easy way thanks to the capability to work without the need of preparing the surface, calibrations and the possibility of remote inspections.

Key words: Crack detection and sizing, no surface cleaning, no calibration.

INTRODUCCIÓN

La aparición de grietas superficiales en zonas de concentración de tensiones de elementos sometidos a fatiga es un fenómeno habitual. En función de la labor que desempeñen dichos elementos, la aparición de este tipo de grietas puede ser crítica y, en muchos casos, puede acabar con la rotura del elemento si éstas no son detectadas a tiempo. La lentitud de los métodos de inspección habituales hace que en muchos casos no pueda

Son dos las componentes del campo (B_x y B_z) las que se tienen en cuenta a la hora de detectar y dimensionar una grieta

llegarse a tiempo a la hora de detectar y evaluar el tipo de fallo que nos ocupa.

Con el tiempo han ido apareciendo nuevas técnicas como ACFM. Este método comenzó a desarrollarse durante los años 80 con el fin de dar servicio al sector petro-químico, concretamente, a plataformas petrolíferas. Con el tiempo, se ha ido extendiendo a otros sectores tales como el energético, ferroviario, ingeniería civil y pesada, nuclear, etc. La técnica permite inspeccionar cordones de soldadura y otras zonas críticas de elementos metálicos de forma rápida y sencilla gracias a que no es necesaria calibración ni preparación de la superficie. Además, es posible dimensionar (longitud y profundidad) las grietas detectadas mediante el empleo de un algoritmo desarrollado a tal efecto.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

ACFM se basa en la inducción de corrientes eléctricas alternas por medio de un campo magnético. Gracias a que las corrientes son alternas, su penetración en el material es mínima, esto es, circulan muy próximas a la superficie, haciendo que la sensibilidad a la hora de detectar grietas de tipo superficial sea óptima. Al inducir una corriente de forma remota sobre el material a inspeccionar, el flujo de corriente será uniforme siempre que no existan defectos que lo dificulten. En el momento en que aparece una grieta, el flujo de corriente se ve interrumpido, de forma que tiene que bordear la grieta para poder seguir su camino. La figura 1 muestra un esquema con el flujo de corriente evitando una grieta.

Asociado a las corrientes que fluyen por la superficie del material existe un campo magnético sobre dicha superficie que, al igual que las

nentes en tres dimensiones pero mediante la selección de ejes ortogonales, es posible medir las variaciones en las componentes del campo que

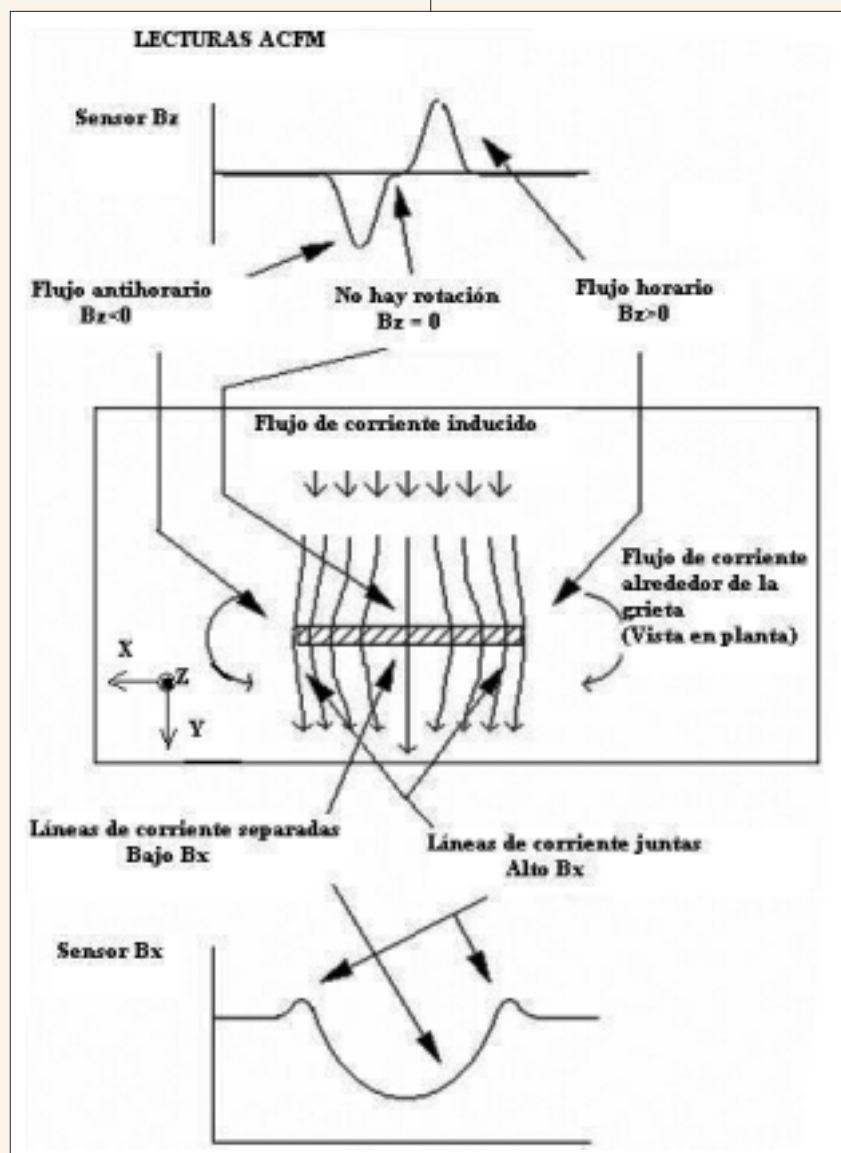


Figura 1: Flujo de corriente alrededor de una grieta

corrientes, se verá alterado por la presencia de defectos. Este campo magnético es complejo y con compo-

dan información sobre los parámetros de las grietas (en el caso de que éstas existan). En concreto, son dos

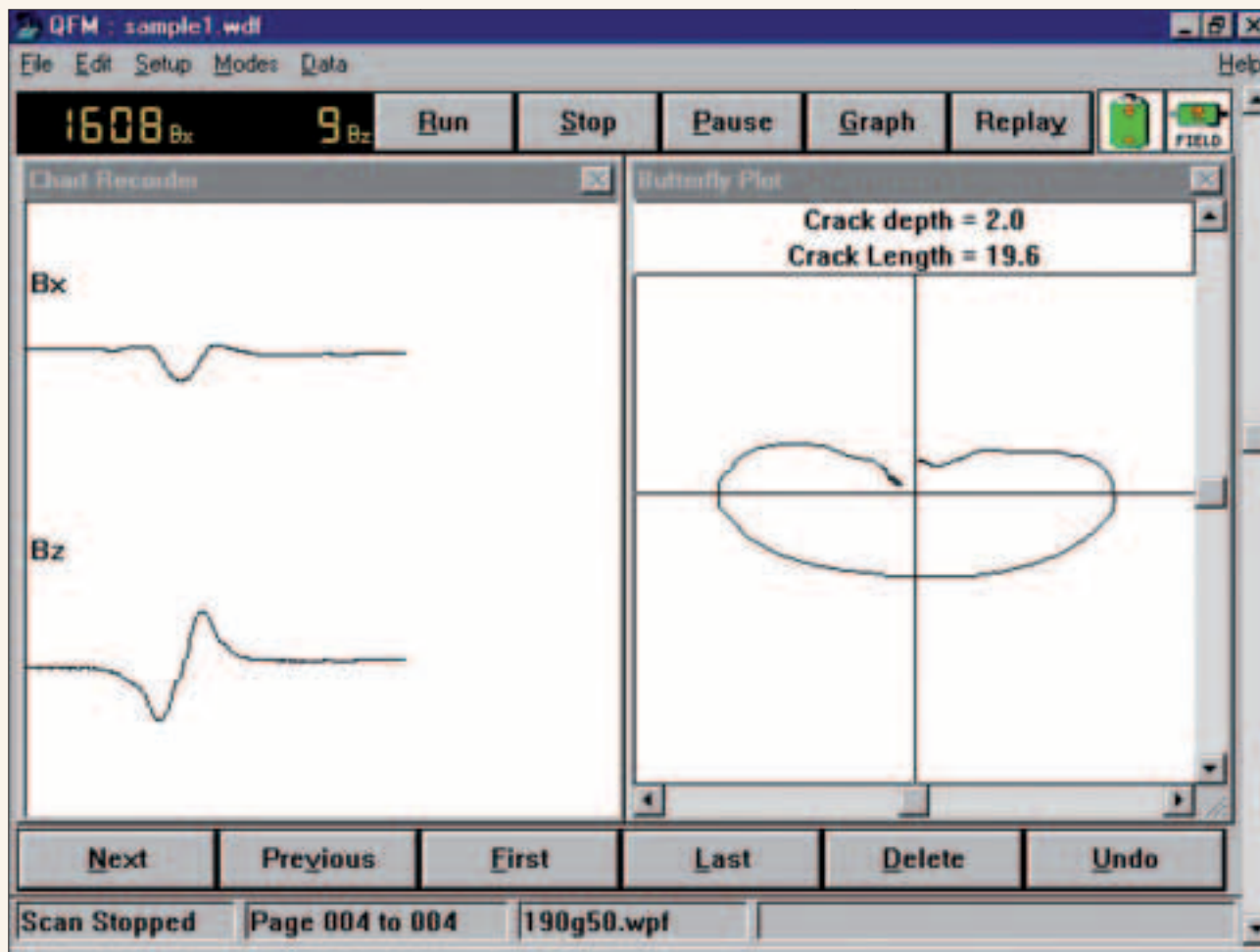


Figura 2: Software de registro y análisis

las componentes del campo (B_x y B_z) las que se tienen en cuenta a la hora de detectar y dimensionar una grieta. La componente B_z corresponde a la generación de dos polos correspondientes a los bordes (inicio y fin) de la grieta, como consecuencia del giro de las líneas de flujo al encontrarse dichos bordes. Las variaciones en esta componente del campo permitirán calcular la longitud de la grieta. Por el contrario, las variaciones en la componente B_x corresponden a variaciones en la densidad de flujo. Las caídas en la densidad de flujo están íntimamente relacionadas con la profundidad de la grieta, por lo que el sensor correspondiente a B_x permitirá calcular dicha profundidad.

Tanto la bobina de generación de campo magnético como los sensores B_x y B_z se encuentran integrados en

una sonda que será la que se deslice sobre el componente a inspeccionar y que se debe conectar al equipo de generación de señal. El sistema de inspección mediante ACFM se complementa con un software de cálculo y registro que deberá ser instalado en un PC conectado al equipo de generación de señal.

La interpretación de los resultados y el cálculo de las dimensiones

de las grietas se realizan por medio de un software de registro y análisis que permite realizar las inspecciones en tiempo real o en cualquier otro momento. La figura 2 muestra un ejemplo de la pantalla visualización de este software en el que aparece una grieta longitudinal de 19.6mm de largo y 2mm de profundidad.

En el display del software aparecen tres gráficas: la correspondiente

Las variaciones en esta componente del campo permitirán calcular la longitud de la grieta

al sensor Bz (longitud de la grieta), la del sensor Bx (profundidad de grieta) y un tercer gráfico correspondiente a la composición de los dos anteriores. Éste último se conoce como gráfico de mariposa (Butterfly plot) y sirve para ayudar al inspector a la detección de cualquier grieta existente, de forma que cuando este gráfico adopta una forma de bucle cerrado, la indicación corresponde (inequívocamente) a la existencia de una grieta. En función de la geometría de ese bucle, se podrá conocer si se trata de una grieta longitudinal, transversal, o inclinada. El cálculo de las dimensiones de grieta se realiza automáticamente gracias a la presencia de un encóder en la sonda de inspección y a un algoritmo de cálculo que asume la grieta como semi-elíptica. Gracias al valor de la longitud inicial, el software calcula la profundidad máxima de forma inmediata.

El hecho de que las corrientes inducidas en el componente objeto de ensayo sean de tipo alterno no sólo consigue una sensibilidad óptima a la hora de detectar grietas superficiales, sino que gracias a que su penetración en el material es mínima, se consigue que la geometría del componente no afecte a los resultados de la inspección.

En resumen, ACFM es una técnica que trabaja realizando medidas cuantitativas de perturbaciones en campo magnético producidas cuando una corriente eléctrica se ve afectada por la presencia de una grieta.



Figura 3: Operario (centro imagen) manejando la sonda de inspección mientras el inspector (esquina inferior izquierda) evalúa los datos obtenidos

VENTAJAS

La principal ventaja que presenta esta técnica es el ahorro en el tiempo para la realización de la inspección. Este ahorro se debe, entre otros factores, a que no es necesario calibrar el equipo de inspección y no es necesario preparar la superficie. Además, ACFM permite calcular la profundidad de las grietas, lo cual facilitará la evaluación a la hora de decidir si se trata o no de un defecto crítico.

La forma de trabajo del equipo hace que no sea necesario calibrarlo. Ésto se debe a que el campo magnético que se genera es uniforme y el equipo corrige de forma automática la caída que se produce al acercar la sonda a la superficie a inspeccionar.

Al tratarse de una técnica de inducción mediante campo magnético, no es necesario el contacto eléctrico. Ésto permite la realización del ensayo sin preparar la superficie y sin eliminar recubrimientos. De hecho, es posible dimensionar las grietas de forma fiable a través de recubrimientos de hasta 5mm de espesor.

La detección de grietas a través de recubrimientos de espesores mayores es posible, pero dependerá del material que se esté inspeccionando y de la configuración del sistema. Por último, cabe destacar que el efecto "lift off" no afectará a los resultados obtenidos mediante ACFM, al ser las corrientes inducidas mediante el campo magnético.

El cálculo de las dimensiones de grieta se realiza automáticamente gracias a la presencia de un encóder en la sonda de inspección y a un algoritmo de cálculo que asume la grieta como semi-elíptica

Otra ventaja importante es que se pueden inspeccionar metales, tanto ferro-magnéticos, como no ferro-magnéticos. Para la detección y dimensionado de defectos en metales ferro-magnéticos se usa una configuración de trabajo de 5 kHz. Lo único que debe tenerse en cuenta a la hora de trabajar con metales no ferromagnéticos es que la penetración de las corrientes inducidas en el material es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de la permeabilidad magnética del material. Por tanto, la penetración de las corrientes en el material será mayor en estos metales, perdiéndose sensibilidad frente a defectos de tipo superficial. Este problema se soluciona con un simple cambio en la configuración de trabajo, de 5 a 50 kHz.

En cuanto a la temperatura de trabajo, es posible operar desde temperaturas bajo cero hasta los 500°C, lo cual permite evitar paradas de planta, etc.

Además de poder trabajar a bajas y altas temperaturas, es posible realizar inspecciones “en aire” y subacuáticas.

Como se ha comentado anteriormente, el sistema de inspección se completa con un PC de registro y análisis, esto es, no es necesario que el inspector porte el equipo ni maneje la sonda, sino que puede realizar la inspección desde el PC en tiempo real (mientras un operario maneja la sonda), o en otro momento simplemente reproduciendo el archivo de registro que se haya creado durante la inspección. Esta característica es muy útil en zonas de difícil acceso, en donde no haría falta que el inspector manejase la sonda, sino que un operario podría hacerlo por él mientras se realiza la inspección. La figura 3 muestra un ejemplo. Además, es posible archivar las inspecciones para auditorías posteriores y/o incluso compartir archivos vía e-mail para poder compartir opiniones entre dis-

tintos inspectores que se encuentren en distintos lugares de forma inmediata.

Por último, una ventaja importante en ciertas aplicaciones es la posibilidad de poder automatizar y robotizar las inspecciones.

APLICACIONES

Las aplicaciones de ACFM van desde el mercado Petroquímico hasta el Naval, pasando por la ingeniería civil y pesada, Nuclear, Offshore, Energético (Centrales térmicas, etc.), Ferroviario y Parques temáticos.

La forma de trabajo de esta técnica hace que su objetivo sea la detección y dimensionado de grietas superficiales en metales, por lo que su principal aplicación serán componentes en servicio sometidos a fatiga. De todos modos, la técnica será aplicable a cualquier componente metálico con posibles grietas superficiales.

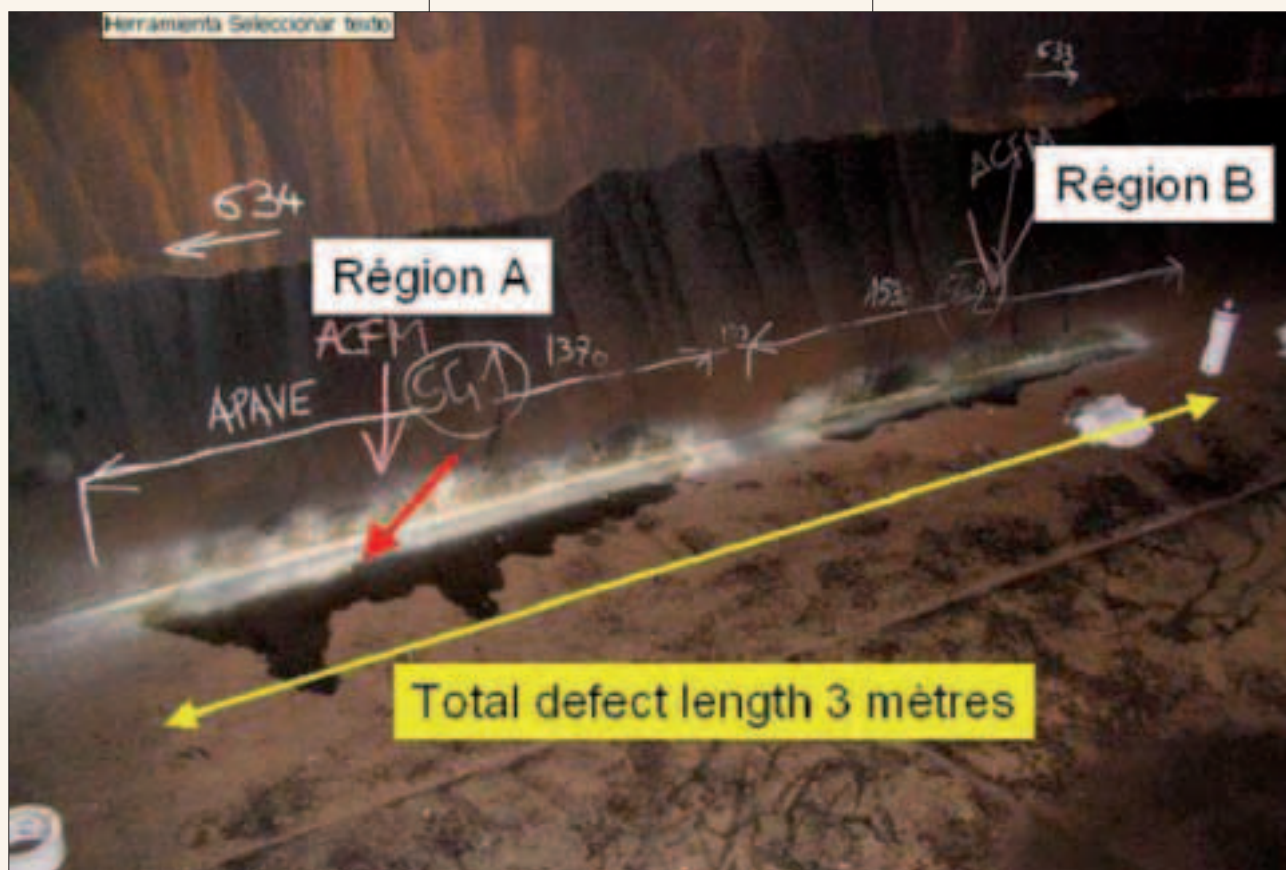


Figura 4: Defecto localizado durante la inspección de un tanque de almacenamiento de combustible



Figura 5: Tanque de almacenamiento de combustible

Existen multitud de sondas con distintas geometrías, e incluso la posibilidad de disponer de sondas a medida. Esto hace que multitud de componentes y elementos puedan ser inspeccionados: soldaduras, turbinas, álabes, roscas, hélices y un largísimo etcétera.

Una de las aplicaciones más destacables y que se ha desarrollado con más éxito es la inspección de tanques de almacenamiento de combustible. Esta aplicación se ha llevado a cabo en varios países. Concretamente, APAVE (Francia) y SIEEND (México) han conseguido velocidades de inspección superiores a los 100 metros por hora. La figura 4 muestra una grieta detectada durante una de estas inspecciones con ACFM. En este caso, la inspección visual no permitía ver la grieta debido a la existencia de un recubrimiento epóxi. Tras eliminar el recubrimiento y volver a inspeccionar mediante partículas magnéticas, se confirmó la presencia de la grieta que ACFM había detectado antes de

eliminar el recubrimiento.

CONCLUSIONES

ACFM es una técnica poco conocida en España, pero actualmente se usa en multitud de países, entre otros: Sudáfrica, Arabia Saudita, Reino Unido, Francia, Holanda, Noruega, Rusia, Lituania, India, Corea del Sur, China, Japón, Taiwán, Tailandia, Malasia, Australia, México, Brasil, Canadá, Estados Unidos, etc.

Gracias a las ventajas que presenta, ACFM ha sido reconocida por Lloyds, ABS, BV, DNV y OCB Germanischer Lloyd. Además, ACFM está recogida dentro del código ASME, ASNT, ASTM y COFREND.

Los éxitos obtenidos mediante esta técnica están llevando a nuevas investigaciones en generación de corrientes alternas por campo magnético. Una de las aplicaciones que más se ha desarrollado es la conocida como ACSM (Alternating Current Stress Measurement), con el ob-

jetivo de medir tensiones basándose en los mismos principios en que se basa ACFM. A día de hoy, ACSM ya ha sido usada en proyectos de experimentación en obra civil (puentes colgantes, Metro de Londres, etc.) y será cuestión de tiempo que se extienda por todo el mundo gracias a su gran potencial.

BIBLIOGRAFÍA

- A. M. Lewis, D. H. Michael, M. C. Lugo and R. Collins "Thin-Skin electromagnetic fields around surface-breaking cracks in metals" J.Appl.Phys.64(8), pp 3777-3784, 1988
- Collins R., Dover W. D. and Michael D. H. 1985 Research Techniques in Non-destructive testing, 8 (R S Sharpe, ed, Academic Press, London, pp 211-267
- W.D. Dover, J.R. Rudlin, C.C. Monahan, and M.C. Lugg (1992) ACFM Inspection of offshore structures. Proc. 6th Int. Conf. Behaviour of offshore structures (BOSS'92), London, pp. 643-657 ■