

Vigilancia del desgaste y la corrosión en las máquinas y los sistemas industriales: Un uso de las radiaciones

En el marco de un proyecto apoyado por el OIEA, los países están estudiando las aplicaciones de una técnica conocida como activación de capas delgadas

por I.O.
Konstantinov
y B.V.
Zatolokin

Es un hecho consabido que los procesos de degradación, como el desgaste y la corrosión, influyen notablemente en la fiabilidad de los equipos y las máquinas de las industrias, los sistemas de transporte, las centrales nucleares y convencionales, las tuberías y otros materiales. Por razones de seguridad y de índole económica, la vigilancia oportuna de las averías podría impedir accidentes peligrosos durante la explotación de las instalaciones industriales o los vehículos, y evitar pérdidas en la producción por rotura de la maquinaria.

Los métodos nucleares se han convertido en poderosos instrumentos para examinar la superficie de los componentes de máquinas que son de difícil acceso o se encuentran ocultos por estructuras superpuestas. Entre esos métodos cabe mencionar la radiografía con rayos X, la radiografía neutrónica y una técnica conocida como activación de capas delgadas (ACD).

La ACD es uno de los métodos más eficaces para vigilar el desgaste y la corrosión. Mediante la telemetría se pueden examinar las piezas críticas de una máquina o una planta de elaboración en condiciones reales de trabajo, y determinar la tasa de desgaste y corrosión. Este método tiene como característica principal la creación de una capa radiactiva delgada debajo de la superficie investigada, lo cual se logra comúnmente irradiando el objeto de estudio en un acelerador (ciclotrón).

Los métodos para activar los componentes de las máquinas mediante el uso de un acelerador han alcanzado suficiente nivel de desarrollo. En la actualidad permiten efectuar mediciones altamente sensibles de la tasa de destrucción de la superficie en un margen de 0,0001 a 1 milímetros anuales. La ACD se ha utilizado para medir la tasa de desgaste de diversos componentes, a saber, cojinetes, ejes de

leva, discos de frenos de vehículos, así como los aros de los pistones y la caja del cilindro de los motores de combustión interna. En fecha más reciente se ha aplicado para evaluar la corrosión y erosión de las tuberías, los álabes de las turbinas de gas y de vapor, las plataformas situadas mar adentro y las centrales nucleares. Los beneficios que reporta para la industria exceden, con mucho, los gastos incurridos en irradiar los componentes de la máquinas en los aceleradores y comprar el equipo radiométrico apropiado.

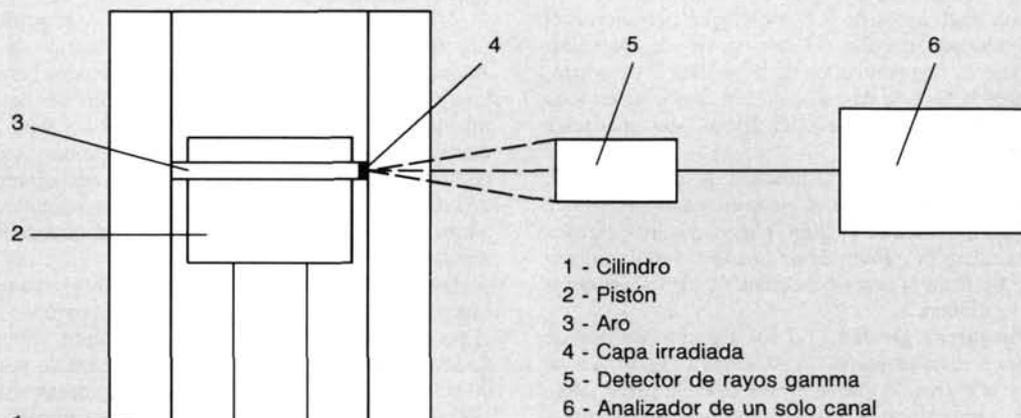
En respuesta al interés despertado entre sus Estados Miembros, el OIEA inició en 1991 un programa coordinado de investigación sobre métodos nucleares para vigilar el desgaste y la corrosión en la industria, que abarca el perfeccionamiento de una técnica de irradiación basada en el uso de aceleradores de partículas cargadas, así como varios estudios técnicos sobre aplicaciones prácticas de la ACD en diferentes industrias. En este programa participan seis institutos de China, Hungría, India, Rumania y Rusia, cuyos esfuerzos se centran, entre otros aspectos, en la creación de nuevos dispositivos de irradiación, sistemas de medición, y vigilancia práctica del desgaste y la corrosión. En este artículo se hace una breve descripción técnica de la ACD, incluidos informes de varios estudios de casos.

ACD: Tecnología de trazadores modificada

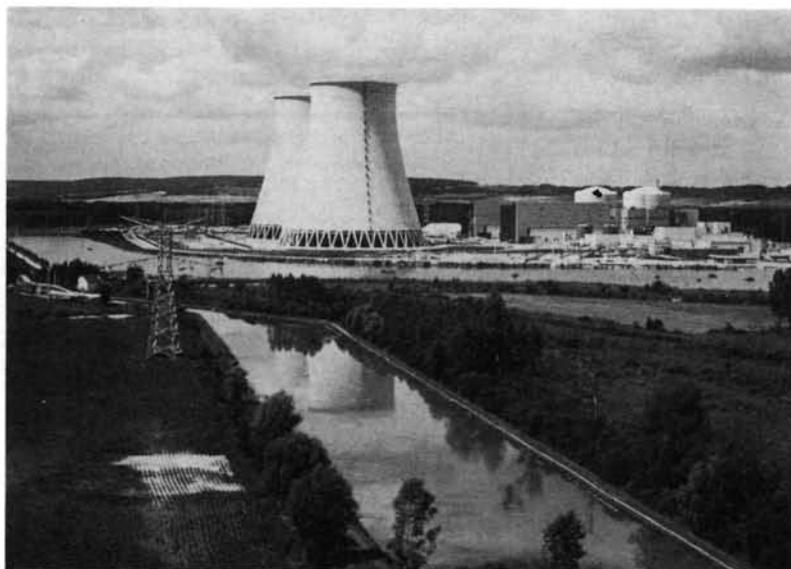
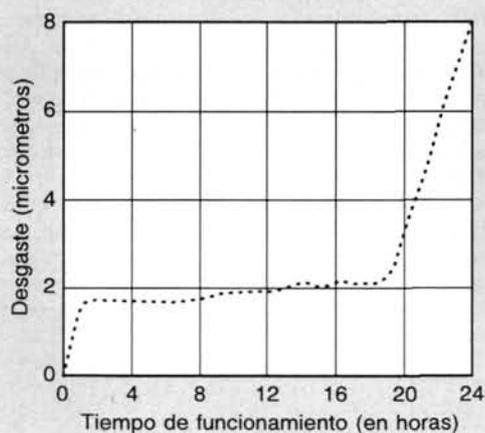
La activación de capas delgadas debe considerarse una modificación de la tecnología de trazadores radiactivos. Con arreglo a este método se crean trazadores radiactivos mediante la exposición de los objetos que se investigan a la irradiación de un acelerador. Dado el alcance limitado de partículas cargadas presentes en la materia condensada, el espesor de la capa activada suele ser considerablemente menor que el del componente de la máquina. En términos generales, la distribución de la profundidad del trazador radiactivo no es uniforme y debe determinarse en un experimento aparte utilizando técnicas especiales.

El Sr. Konstantinov es funcionario del Instituto de Física y Energética de Obninsk, Rusia, y el Sr. Zatolokin es funcionario de la División de Investigaciones e Isótopos del OIEA. Pueden solicitarse referencias técnicas completas a los autores.

Estructura experimental típica para la vigilancia del desgaste y la corrosión mediante la ACD



Desgaste de un aro de pistón en motores de combustión interna



Seguidamente, el componente irradiado se ensambla en la máquina y la actividad del trazador radiactivo se mide con un sistema apropiado de espectrometría gamma. En el caso de los procesos de desgaste (corrosión o erosión) la actividad del trazador disminuye a un ritmo superior al de su desintegración natural. La actividad del trazador radiactivo no suele sobrepasar de unos 10 microcurios y, en la mayoría de los casos, no se precisa un blindaje especial contra las radiaciones. (Véanse el gráfico y el cuadro.)

Actualmente se realizan estudios de activación de capas delgadas (ACD) a escala industrial para medir y vigilar el proceso de degradación de las máquinas y sus componentes. Entre las aplicaciones recientes figuran la evaluación de los fenómenos de corrosión y erosión en tuberías, álabes de turbinas, plataformas petroleras situadas mar adentro y centrales nucleares.

Estudios de casos basados en las actividades de investigación

Motores de combustión interna. En la actualidad la ACD se utiliza ampliamente para vigilar el desgaste de las piezas de los motores de combustión interna, incluidos pares de fricción tan importantes como el aro y el cilindro del pistón.

Los investigadores rusos han estudiado la tasa de desgaste de un aro de pistón en diversas condiciones de trabajo. En un experimento, la superficie cromada del aro de pistón se irradió con partículas alfa de 28 megaelectrón-voltios (MeV) de energía en un ángulo de 30° con relación a la superficie. El espesor de la capa activada, que contenía el radionucleido manganeso 54, equivalía a 25 micrómetros. Los resultados indicaron que la tasa de desgaste aumenta drásticamente después de unas 18 horas de funcionamiento. (Véase el gráfico.)

En el Instituto de Física e Ingeniería Nuclear de Bucarest, Rumania, también se han obtenido resultados interesantes con la utilización de la ACD. Por ejemplo, la parte exterior del aro de un pistón se activó con deuterones de 8,5 MeV, que produjeron el radionucleido cobalto 57 que sirvió de marcador radiactivo. Los resultados de la vigilancia demostraron que la tasa de desgaste no era uniforme en toda la circunferencia del aro del pistón, sino que tenía dos puntos máximos.

También se están examinando otros aspectos del proceso de transporte. Por ejemplo, en el Instituto de Energía Atómica de Beijing, China, los investigadores estudian la influencia de la calidad del combustible diesel en la tasa de desgaste de las locomotoras que lo utilizan.

Vasijas de presión. En los Estados Unidos de América se ha empleado la ACD para vigilar la erosión y la corrosión que se producen en la pared interna de acero al carbono de una lejiadora para pasta papelera en una fábrica de papel. Se irradiaron y probaron muestras representativas del mismo acero utilizado en la pared de la lejiadora. Las mediciones posteriores de la pérdida de peso y su comparación

con las mediciones ultrasónicas del espesor demostraron que la medición de la tasa de corrosión con la ACD arrojaba resultados exactos en un tiempo mucho más corto.

Máquinas herramienta. En Hungría, científicos del Instituto de Investigaciones Nucleares de la Academia de Ciencias han elaborado métodos para la medición en línea del desgaste del filo de herramientas de tornería hiperduras hechas a base de diamante policristal artificial y nitruro de boro cúbico. Los investigadores irradiaron las herramientas con protones en un ciclotrón, y luego las sometieron a prueba en condiciones de laboratorio utilizando una amoladora.

Otros materiales. También se están efectuando investigaciones en que se utiliza la ACD para vigilar el proceso de degradación de, por ejemplo, lóbulos de leva de motores, máquinas para tejidos de punto de la industria textil, articulaciones de caderas artificiales, cañones de fusiles, compresores, materiales para centrales nucleares, cojinetes, carriles y ruedas de coches de ferrocarril, engranajes y tuberías.

Una tecnología aplicable

Las aplicaciones prácticas, sobre todo en los países industrializados, y las investigaciones en marcha, indican la posibilidad de aplicar la ACD fácilmente en más países en desarrollo, siempre que cuenten con la infraestructura adecuada. Cabe subrayar que no es indispensable para utilizar esta técnica disponer en el país de un acelerador apropiado (por ejemplo, un ciclotrón o un acelerador tándem). La irradiación de los componentes de las máquinas podría realizarse en los países que ya lo poseen. Este tipo de enfoque evitaría la necesidad de realizar grandes inversiones de capital para construir una instalación de aceleradores, y agilizaría la transferencia de esta tecnología al mundo en desarrollo.

Distribución del cobalto 58 en el hierro irradiado según la profundidad

Distancia de la superficie (micrómetros)	Actividad del cobalto 58 (unidad relativa)
0	1,000
40,6	0,992
82,3	0,982
120	0,970
159	0,957
197	0,940
234	0,916
270	0,896
306	0,874
341	0,842
376	0,806
409	0,779
442	0,748
473	0,705
505	0,657
535	0,605
565	0,551
593	0,491
622	0,432
648	0,378
675	0,323
693	0,272
726	0,229
749	0,183
773	0,143
795	0,107
816	0,074
837	0,050
856	0,026
875	0,014
893	0,004
910	0,001

Nota: Irradiación por protones con una energía inicial de 22 MeV.

