

de cómo este método analítico puede ser utilizado para determinación de impurezas en los metales, para la valoración del estroncio en cenizas de huesos, e incluso para el esclarecimiento de delitos. En efecto, V. P. Guinn (Estados Unidos), que expuso varios ejemplos del empleo del análisis por activación, manifestó que algunos lubricantes para automóvil existentes en el mercado contienen impurezas que permiten determinar el origen del lubricante de que se trata, y que la identificación de vestigios de esos lubricantes mediante el análisis por activación puede servir para descubrir a los conductores que se dan a la fuga después de haber provocado un accidente.

Métodos de producción

No siempre es necesario, sin embargo, obtener los radioisótopos en reactores locales. En algunos casos, como señaló P. C. Aebersold (Estados Unidos), puede resultar más conveniente producir isótopos de período superior a 12 horas y de elevada actividad específica en grandes reactores, dejando que se desintegren durante el transporte, siempre y cuando las exigencias en materia de blindaje no sean excesivas.

Se prestó considerable atención a los problemas que plantea la introducción de las muestras en el reactor, para su irradiación, y su subsiguiente extracción y tratamiento. La tendencia moderna está orientada a utilizar sistemas neumáticos para el transporte de las muestras, en los que el recipiente que las contiene, familiarmente conocido como *rabitt* ("conejo"), se desplaza en una tubería de aire comprimido o de vacío. No obstante, C. Taylor, señaló que también era posible utilizar un sistema eficaz para el desplazamiento de las muestras que funcionase según el principio de correa transportadora.

Otro procedimiento para obtener radioisótopos de período corto, descrito por L. G. Stang (Estados Unidos), consiste en el denominado "sistema de separación periódica", en el que el producto obtenido del reactor no es el radioisótopo de período corto que necesita el usuario, sino un isótopo "precursor" de período largo que se desintegra luego, dando origen a un producto "descendiente" de período corto. El usuario recibe un recipiente que contiene el "precursor" y el "descendiente" en un estado de equilibrio que se restablece espontáneamente después de extraer el producto "descendiente".

INSTRUMENTOS NUCLEOELECTRONICOS PARA PAISES TROPICALES

El clima de las regiones tropicales suele entorpecer el funcionamiento de los instrumentos electrónicos. Este problema reviste especial importancia para las múltiples aplicaciones de la energía atómica -por ejemplo, el empleo de radioisótopos-, en las que los instrumentos electrónicos desempeñan un papel fundamental. En efecto, estos aparatos de gran sensibilidad se construyen actualmente en muy pocos países, casi todos de clima templado, mientras que muchos de los países en vías de desarrollo que los necesitan se encuentran en zonas tropicales. Si no se diseñan y construyen estos instrumentos de manera que soporten climas tropicales, pueden sufrir averías que entorpezcan gravemente el desarrollo de los programas de energía nuclear.

Esta cuestión interesa sobremanera al Organismo Internacional de Energía Atómica, pues el suministro de equipo nuclear es parte importante de su programa de asistencia técnica. La mayoría de los países que precisan la asistencia del Organismo pertenecen

a zonas tropicales, mientras que los pocos países que pueden suministrar instrumentos nucleoelectrónicos se encuentran principalmente en zonas templadas. Por eso el OIEA tiene gran interés en que los instrumentos que suministra a los países tropicales cumplan ciertas especificaciones destinadas a garantizar su buen funcionamiento en los trópicos.

Antes que nada hay que determinar cuáles son estas especificaciones. En diciembre de 1961, el Organismo reunió un grupo de consultores de once países para examinar el problema y formular recomendaciones sobre las condiciones técnicas que deberían reunir los instrumentos nucleoelectrónicos que se utilicen en países tropicales. Basándose principalmente en dichas recomendaciones, se ha preparado ahora un documento que servirá de guía al Organismo en la adquisición de equipo para países tropicales. En este artículo se resumen algunas de las especificaciones principales descritas en dicho documento, así como las consideraciones en que se basan.

Condiciones climáticas y de empleo

El documento del Organismo destaca que de las dos principales características climáticas de las zonas tropicales, que son el calor húmedo y el calor seco, la primera es generalmente la más perjudicial para el funcionamiento y rendimiento de los instrumentos electrónicos. También en las regiones calurosas y secas se tropieza con problemas difíciles por las grandes y rápidas variaciones de temperatura y por la cantidad excesiva de polvo. El documento lleva un apéndice con la lista de los países tropicales y el tipo de clima que caracteriza a cada uno (calor húmedo o seco).

Hay regiones de elevada temperatura y grado de humedad, como Malasia, Birmania, Tailandia, las Indias orientales, el litoral de la India, las Guayanas, el Africa ecuatorial, Madagascar (República Malgache), las Indias occidentales hasta 15° de latitud norte, etc. Las condiciones climáticas son especialmente duras durante la estación de los monzones o de las lluvias, que puede durar hasta seis meses, y en las regiones donde las lluvias son siempre abundantes. La situación se agrava aún más porque esto sucede durante los calores estivales.

En el litoral de algunos países, las temperaturas estivales pueden subir hasta 40°C durante el día y experimentar grandes variaciones durante la jornada. En cambio, la temperatura mínima registrada bajo techo durante la noche en la estación más fría es de unos 20°C. Esto hace que el grado de humedad relativa sea siempre muy elevado y se aproxime con frecuencia a la saturación, principalmente en las regiones forestales. Con semejantes condiciones climáticas se produce moho en todas partes y proliferan los parásitos.

Las regiones de temperatura elevada pero poco húmedas son el norte de Africa, el Sáhara, Arabia, Irán, Turquía, la parte central de la India, etc.; la temperatura puede alcanzar durante el día 60°C y descender por la noche hasta 20°C bajo cero. Por lo general, su variación diaria es de unos 40°C. La humedad relativa suele ser muy baja, a veces hasta del 5 por ciento. En estas regiones, el polvo y la arena constituyen un problema especial que hay que tener muy en cuenta al diseñar o elegir el equipo. La luz del sol también ejerce efectos nocivos sobre algunos materiales, como el caucho y ciertas materias plásticas.

Aparte de las condiciones climáticas generales, en el diseño y la fabricación de los instrumentos para países tropicales hay que tener en cuenta las condiciones de empleo y las del medio ambiente inmediato. Por ejemplo, las fluctuaciones de tensión son muy grandes en algunas regiones. Como no es posible fabricar todos los instrumentos de manera que puedan tolerarlas, se sugiere que todo el equipo que vaya a utilizarse en países tropicales pueda soportar en fun-

cionamiento normal una variación de un 10 por ciento de la tensión nominal de la red y, de cuando en cuando, una disminución de hasta el 20 por ciento.

También es importante el ambiente en que haya de funcionar el instrumento, pues la influencia de las condiciones climáticas varía según se opere al aire libre o en un laboratorio y, en este último caso, según que el laboratorio tenga acondicionamiento de aire o no. Así pues, cabe distinguir tres casos principales en que el empleo de instrumentos nucleoelectrónicos acusa en grado diferente la influencia de las condiciones climáticas de las regiones tropicales: empleo a la intemperie, empleo en laboratorios sin acondicionamiento de aire y empleo en laboratorios con aire acondicionado o en espacios controlados especialmente. En un apéndice del documento figura una lista donde se indican las condiciones específicas aplicables en cada caso.

Principales especificaciones

El documento indica las condiciones específicas que han de reunir los materiales y las piezas de electrónica de los instrumentos que van a utilizarse en países tropicales.

Para todos los materiales, la condición general es que sean de primera calidad y perfectamente adecuados a los fines a que se destinen en las condiciones ambientales que describe el documento. Otras condiciones más específicas exigen, por ejemplo, que los adhesivos sean insensibles a la humedad y al enmohecimiento, que los materiales aislantes sean hidrófugos, y que la viscosidad de los lubricantes no sufra alteraciones anormales en las condiciones de empleo en países tropicales. Los metales tienen que soportar las condiciones del medio ambiente, especialmente la corrosión. Para evitar la corrosión debida a la acción electrofítica que se ejerce entre metales distintos en un ambiente húmedo, es preferible elegirlos de manera que la diferencia de potencial de contacto entre ellos no exceda de 0,5 voltios. Si esto no es posible, habrá que galvanizar las superficies de contacto o darles un acabado que mantenga la diferencia de potencial por debajo de dicho límite y, en último término, aislar las superficies adyacentes.

Gran parte del informe trata de las especificaciones de las piezas de electrónica. Se indican los requisitos mínimos que han de cumplir estas piezas para resistir los efectos del calor, de la humedad, del enmohecimiento, del salitre, de las vibraciones, etc. A esto siguen especificaciones detalladas para los diversos tipos de piezas. Se señala, por ejemplo, que siempre que sea posible hay que emplear válvulas electrónicas de larga duración y hay que prestar especial atención al calentamiento por calor radiante. Si se emplean transistores hay que asegurarse sobre todo de que no se superará su temperatura máxima de funcionamiento; no hay que olvidar que el equipo en que se van a emplear tendrá que funcionar

a temperaturas ambiente de más de 40°C sin que su rendimiento sea inferior al que tendría en las condiciones climáticas normales de las zonas templadas.

Entre otras cosas, el documento da las especificaciones que han de cumplirse al diseñar y construir el equipo, y al probarlo, marcarlo, etiquetarlo y embalarlo. Todos los instrumentos que encargue el Organismo para su envío a países tropicales tendrán que ir embalados de manera que su rendimiento y su precisión no disminuyan con las vibraciones y golpes que puedan sufrir durante el transporte, ni aunque se les manipule con poco cuidado durante las operaciones de carga y descarga. Por lo que respecta a las pruebas, todos los instrumentos adquiridos por el Orga-

nismo tienen que haber funcionado por lo menos 100 horas en las condiciones que suelen reinar en un laboratorio o en una fábrica antes de someterlos a los ensayos finales, que se efectuarán en presencia de un representante o un agente designado por el Organismo. En algunos casos se necesitarán ensayos especiales para comprobar la resistencia de un instrumento o de cualquiera de sus piezas a las variaciones bruscas del calor y de la humedad.

Se ha procurado que todas las recomendaciones que contiene el documento se basen en procedimientos convenidos internacionalmente; para ello se han utilizado las normas recomendadas y publicadas por la Comisión Electrotécnica Internacional.

CORROSION DE LOS MATERIALES PARA REACTORES

La ingeniería nuclear y la ingeniería astronáutica, que son las dos ramas más jóvenes de la tecnología, exigen materiales cada vez más perfectos con especificaciones sumamente rigurosas entre las que figuran propiedades físicas y químicas que antes no se tenían en cuenta. Una de las características que esos materiales deben necesariamente reunir es una gran resistencia a la corrosión. Se ha dicho con frecuencia que la resistencia a la corrosión es el principal problema que plantea la elección de materiales para reactores.

Entre esos materiales figuran los combustibles nucleares (principalmente uranio, pero también plutonio y torio), el revestimiento del combustible y las tuberías y recipientes por los que circula el refrigerante (acero, aluminio, circonio y diversas aleaciones), los moderadores (grafito, berilio, etc.), los blindajes (hormigones de diversa composición) y los metales utilizados en los componentes del reactor. Todos estos materiales están expuestos a la fuerte acción corrosiva de refrigerantes a temperaturas y presiones elevadas; las radiaciones reducen, además, la resistencia de algunos de ellos a la corrosión.

Una corrosión intensa puede afectar al rendimiento de ciertas partes del reactor y reducir su vida útil. Ello requerirá trabajos de reparación y acondicionamiento que obligarán a aumentar el número de paros; este factor tiene suma importancia dado el considerable costo de los reactores.

Hay que tener también en cuenta los peligros que puede entrañar la contaminación del circuito primario de refrigeración con productos de fisión altamente radiactivos liberados por la corrosión del revestimiento de los elementos combustibles. Además, un escape en el circuito primario, ocasionado por la corrosión, puede contaminar las instalaciones adyacentes e incluso los alrededores del reactor. Los productos de la corrosión no sólo pueden entorpecer el flujo de los líquidos refrigerantes en los intercambiadores de calor y en los circuitos de refrigeración, sino que también pueden hacerse radiactivos y contaminar todo el sistema emitiendo radiaciones muy peligrosas. Por último, la contaminación radiactiva puede obligar a parar el reactor durante un período prolongado, con las consiguientes pérdidas económicas.

Como, en general, la eficacia de un reactor aumenta precisamente con los factores que incrementan la corrosión (principalmente, la elevación de la temperatura), la resistencia a la corrosión tiene una considerable importancia económica.

Durante los últimos años y, en particular, desde que terminó la Conferencia sobre Utilización de la Energía Atómica con Fines Pacíficos, celebrada en Ginebra en 1958, se ha acumulado una gran cantidad de datos experimentales sobre la corrosión de los materiales para reactores. Teniendo en cuenta la necesidad de reunir y analizar críticamente los resultados obtenidos desde entonces por los investigado-