

Lección 10

Monitorización del yodo en el lugar de trabajo



IAEA

International Atomic Energy Agency

Contenido

- Información general y relevancia
- Técnicas de medición
- Mediciones en tiempo real
- Calibración, pruebas y verificación

Información general

- El yodo puede ser encontrado:
 - como una molécula (I_2);
 - en el ácido hipoyodoso (HIO);
 - como compuesto orgánico;
 - como compuesto inorgánico (CsI).

Todos los compuestos químicos del yodo pueden volatilizarse al adherirse a aerosoles.

- En la industria nuclear, el yodo molecular (I_2) es el compuesto más común.



Importancia de la monitorización del yodo

- El yodo radioactivo es producido por fisión del ^{235}U y es un radionuclídeo dosimétricamente significativo.
- El yodo radioactivo y otros productos de fisión son liberados de barras (varillas) de combustible debido a fugas.
- Es retenido en sistemas primarios y posteriormente liberado en el ambiente de trabajo en caso de una pérdida de refrigerante.
- Instalaciones de reprocesamiento pueden liberar yodo radiactivo cuando se procesa el combustible gastado.

Importancia de la monitorización del yodo

- Hospitales e instituciones de investigación utilizan yodo radioactivo volátil. En caso de pérdida de contención, el yodo radiactivo puede alcanzar el ambiente de trabajo.
- Dependiendo de la instalación, se puede requerir el monitoreo de uno o más isótopos de yodo.
- En instalaciones no nucleares, típicamente se utiliza un radioisótopo de yodo.

Importancia de la monitorización del yodo

- Un reactor nuclear produce varios isótopos de yodo con rangos de vida media y emisiones. La proporción entre los diversos radionuclídeos del yodo se calcula usando software. ^{125}I , ^{129}I , ^{131}I y ^{135}I pueden ser detectados por MLT.
- El yodo se concentra en la glándula tiroidea de la persona expuesta y causa una dosis de radiación.

Monitorización del yodo

- Técnicas
- Equipo para medición retardada
- Equipo para medición en tiempo real
- Calibración, pruebas y verificación
- Interferencias e interpretación de los resultados

La técnica

La técnica

- La monitorización del yodo radioactivo en el lugar de trabajo puede realizarse de forma continua mediante monitorización en tiempo real o mediante muestreo secuencial y posterior análisis en el laboratorio = MMD.
- El yodo se retiene generalmente en un medio de recolección como el carbón activado o zeolita contenidos en un cartucho.

La técnica

- La actividad del yodo retenido se mide mediante espectrometría gamma, ya sea en tiempo real o en un laboratorio después de completar el muestreo.
- La medición en el laboratorio ayuda a reducir la interferencia debida a los productos de desintegración del radón.
- También puede haber interferencias de otros radionuclídeos gaseosos.

La técnica

- Normalmente el radionuclídeo más común, ^{131}I , se mide con un analizador de un canal, por lo general un detector NaI(Tl).
- Para la medición de múltiples isótopos del yodo se debe utilizar un analizador multicanal HPGe.

Equipo utilizado para muestreo y medición diferida (MMD)

Equipo para MMD

- Circuito de muestreo de aire (bomba, tuberías, etc.)
- Medio de recolección
- Pre-filtro y separador de agua deben colocarse antes del cartucho para retener aerosoles y humedad.
- Detector gamma
- Dispositivo de medición del volumen de aire de muestreo

Equipo para MMD

- Los caudales típicos varían entre 1 y 6 m³/h.
- Debe elegirse cuidadosamente la línea de muestreo (si es necesario). El yodo molecular puede adherirse a las tuberías.
- Utilizar material antiestático, como acero inoxidable con superficies electro-pulidas.
- Mantener las superficies internas secas y libres de polvo.

Medio de recolección

- Los cartuchos están diseñados para el muestreo de yodo radioactivo en el aire en forma molecular (I_2) u orgánica (CH_3I).
- El medio de recolección es carbón activado o zeolita de plata.

Medio de recolección

- Con el fin de mejorar la eficiencia de recolección, el carbón vegetal está generalmente impregnado con yoduro de potasio y diamina de trietileno (TEDA) para obtener una eficiencia de recolección cercana al 100%.
- La zeolita de plata absorberá menos gases nobles que el carbón activado.
- El cartucho debe almacenarse en un lugar seco: tener en cuenta las restricciones de almacenamiento y la vida útil.

Medio de recolección

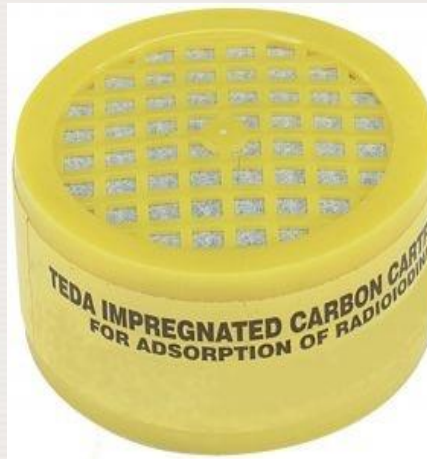
- El cartucho es diseñado de modo que la deposición del yodo sea tan uniforme como sea posible.
- El fabricante deberá indicar cómo la eficiencia de recolección está influenciada por la forma química del yodo, las condiciones atmosféricas y la presencia de otros compuestos químicos en el aire muestreado.
- El fabricante especificará las condiciones de almacenamiento del cartucho.

Medio de recolección

- Ejemplos de medios de recolección



Cartucho de zeolita de plata



Cartucho de carbón activado



Carbón activado

Equipo utilizado para medición en tiempo real (MMTR)

Equipo utilizado para medición en tiempo real

Un monitor de yodo en tiempo real consiste en:

- Circuito de muestreo de aire (bomba, tuberías, etc.)
 - Medio de recolección
 - Pre-filtro y separador de agua, que deben colocarse antes del cartucho para retener aerosoles y humedad.
 - Detector gamma
 - Dispositivo de medición del volumen de aire de muestreo
- y
- Software de procesamiento de datos
 - Dispositivo de alarma (Bq total o Bq/m³)

Circuito de muestreo de aire

El equipo de muestreo de aire consta de los siguientes componentes:

- Cabezal de muestreo;
- tubería para transportar el yodo al cartucho;
- dispositivo para medir la caída de presión del cartucho;
- dispositivo de medición de tasa (o volumen) de flujo.

Circuito de muestreo de aire

- Una bomba de muestreo.
- Se debe colocar un prefiltro antes del cartucho para retener aerosoles.
- El caudal de muestreo generalmente varía entre 30 y 100 litros por minuto. Este valor puede compararse con la tasa respiratoria de 20 litros por minuto de un hombre en el lugar del trabajo.

Conjunto de medición

- Los monitores disponibles actualmente están equipados con detectores NaI(Tl).
- Se debe colocar el detector a un lado del cartucho debido a que el yodo es retenido en el medio por capas sucesivas de arriba hacia abajo de la corriente de aire.
- De esta forma la eficiencia de detección es bastante independiente de la posición donde el yodo fue retenido.
- El fabricante especificará las características y las dimensiones del detector.

Electrónica y software asociadas y alarmas

- El software de procesamiento de datos se utiliza para calcular en tiempo real la actividad volumétrica del yodo, para activar alarmas y almacenar datos.
- Las alarmas sonoras y/o visuales informan al usuario cuando se ha excedido un límite de actividad volumétrica o cuando el equipo funciona mal o falla.

Detectores NaI

Ventajas:

- Alta eficiencia de detección.
- Bajo costo de mantenimiento.

Limitaciones:

- Sensible a la temperatura ambiental.
- Baja resolución del espectro gamma.

Detectores HPGe

Ventajas:

- Muy alta resolución del espectro gamma.

Limitaciones:

- Menor eficiencia de detección que los detectores NaI;
- Necesidad de enfriar el detector.

Ejemplos de monitores de yodo

Ejemplos de monitores de yodo



Detector NaI, límite inferior de detección: $3,7 \text{ Bq/m}^3$.



Detector NaI

Calibración, pruebas y verificación

Calibración, pruebas y verificación

- La tasa de muestreo del flujo debe verificarse a intervalos regulares.
- La eficiencia de detección debe determinarse utilizando fuentes trazables específicas para los medios de recolección utilizados. Típicamente una fuente estándar contendrá un radionuclídeo con energía gamma cerca de una fuente de ^{131}I , por ejemplo, ^{133}Ba .
- Las pruebas de funcionamiento deben llevarse a cabo de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Informe de “type test” y certificados (MMTR)

- Seleccione un monitor cuyas características y rendimiento cumplan con las recomendaciones de las normas IEC 60761-1 e IEC 60761-4. Estos se confirman durante las pruebas de aptitud (“type tests”) realizadas por el fabricante.
- El fabricante facilitará la siguiente información: tamaño, tipo y dirección del flujo del dispositivo de retención de yodo utilizado, y características de todas las fuentes utilizadas en las pruebas.

Informe de “type test” y certificados (MMTR)

El fabricante facilitará la siguiente información:

- Tiempo mínimo entre muestreo y medición;
- diferencia de presión máxima permitida del dispositivo de retención;
- respuesta a gases nobles y eficiencia de recolección de compuestos de yodo volátiles.

Calibración y pruebas de funcionamiento

- El fabricante debe indicar el factor de calibración para cada isótopo del yodo.
- ^{133}Ba o ^{137}Cs se utilizan en las pruebas de funcionamiento en las proporciones de actividad apropiadas y geometrías idénticas para simular un cartucho verdadero.
- Después se aplica un factor de corrección para la actividad $^{133}\text{Ba} \rightarrow ^{131}\text{I}$.

Recolección de yodo en el medio

Los factores que influyen en la determinación de la actividad volumétrica del yodo son:

- Eficiencia de recolección de yodo en el medio;
- desintegración radiactiva del yodo retenido;
- eficiencia de detección del conjunto de medición;
- volumen de aire muestreado.

Eficiencia de recolección de yodo

- La forma química del yodo, la humedad del aire o la presencia de vapor en el aire muestreado pueden influir en la eficiencia de recolección del medio.
- El fabricante debe proporcionar toda la información necesaria sobre la eficiencia de recolección del medio de recolección elegido. El fabricante también debe informar sobre el impacto de los factores que podrían influir en la medición.

Eficiencia de recolección de yodo

- En el caso de MMD con un largo tiempo de muestreo (una semana) o en una atmósfera húmeda, se recomienda usar un segundo cartucho después del primero. El segundo cartucho retendrá el yodo que pase a través del primer cartucho en caso de sobrecarga de éste.
- En caso de presencia de yodo en el primer cartucho, el segundo es analizado y la actividad total se debe usar para la determinación de la actividad volumétrica en el aire muestreado.

Desintegración radioactiva del yodo

- En caso de mediciones con un largo tiempo de muestreo en un laboratorio, para obtener el valor verdadero de la actividad volumétrica del yodo en el aire muestreado, la medición realizada debe corregirse, a fin de compensar la desintegración de ^{131}I (vida media de 8 días).

**Muchas gracias por
vuestra atención y...**

SE ABRE EL DEBATE