

Estudiando alternativas del combustible

por Ray Sollychin

En el marco del INPRO, los expertos están estudiando la posibilidad de utilizar ciclos de combustible basados en el torio para contribuir a lograr una energía nuclear sostenible en el siglo XXI.

El torio, al igual que el uranio, es un material fértil que puede servir para producir material fisible, que puede usarse a su vez como combustible en un reactor nuclear. El empleo del torio en apoyo del futuro despliegue en gran escala de sistemas de energía nuclear se está estudiando en el marco del INPRO en un proyecto en colaboración que lleva por título "Investigación adicional de los ciclos del combustible de torio". Participan en el proyecto la Comisión Europea, la India, el Canadá, China, Eslovaquia, la Federación de Rusia, Francia y la República de Corea.

Los neutrones de una reacción de fisión iniciada por U 235 pueden usarse también para la conversión mediante captura de material fértil, como el U 238 y el Th 232, con miras a generar nuevo material fisible, el Pu 239 y el U 233, respectivamente, lo que tiene importancia para aumentar la disponibilidad del material fisible que da sostenibilidad a la energía nuclear.

La principal preocupación que suscita la producción de gran cantidad de Pu 239 se debe a la proliferación del material, ya que el Pu 239 puede servir para fabricar un arma nuclear. Esta misma preocupación se da en cuanto a la proliferación de materiales con el uso del torio, pues el U 233 puede utilizarse teóricamente en un arma nuclear. Sin embargo, una pequeña cantidad de producto de fisión U 232, cuya desintegración radiactiva emite un rayo gamma potente y sumamente penetrante, hace que las armas de U 233 sean mucho más difíciles de ocultar y mucho más peligrosas de manipular. Además, no hay hoy día en el mundo armas conocidas en desarrollo basadas en el U 233, y en el marco de la moratoria de pruebas actualmente en vigor, el desarrollo de una nueva tecnología armamentística basada en el U 233 sería difícil de demostrar o probar.

La resistencia a la proliferación del ciclo de combustible del torio podría también mejorarse en los futuros diseños de los reactores térmicos mediante el 'reciclado' del U 233 dentro del reactor, sin retirarlo de la instalación protegida para su reprocesamiento.

El uso de torio podría reducir la producción de plutonio y elementos transuránicos, y contribuir a la disposición del plutonio militar. En algunos diseños

concretos de reactor que emplean torio, el plutonio se puede 'quemar', ofreciendo un método práctico y económico para la disposición del material válido para armas nucleares.

El combustible de torio presenta mejores propiedades térmicas y físicas, así como un mejor rendimiento de la irradiación, que el combustible de uranio. Podría representar una mejor opción de combustible para los diseños de sistemas de energía nuclear que funcionan a una temperatura superior, como las aplicaciones no eléctricas. Además, el punto de fusión del dióxido de torio es unos 500 grados centígrados más alto que el del dióxido de uranio. Esta diferencia ofrece un margen añadido de seguridad en caso de sobrevoltaje temporal o pérdida de refrigerante en un reactor.

Otra posible ventaja del ciclo de combustible de torio guarda relación con la gestión a largo plazo del combustible gastado. En comparación con los ciclos de combustible de uranio-plutonio, los ciclos de combustible de torio producen una menor cantidad de combustible gastado de alto nivel, con productos de fisión que tienen períodos más cortos. Las técnicas para la disposición a largo plazo de los desechos del ciclo de combustible del torio pueden ser menos exigentes que las del ciclo de combustible de uranio-plutonio, tanto desde el punto de vista de la vida del repositorio como de las necesidades de espacio.

La elevada radiactividad del combustible gastado de torio, debida principalmente a la presencia del U232 que emite rayos gamma y su cadena de desintegración, plantea problemas técnicos, pero no problemas fundamentales de física, a los diseñadores y explotadores de las instalaciones de gestión de combustible gastado. Por otra parte, la presencia de potentes emisores de rayos gamma brinda también oportunidades de creaciones innovadoras de nuevas aplicaciones industriales. Por ejemplo, el combustible gastado de torio puede incorporarse en el diseño de combustible de larga vida (para reactores de pequeñas y medianas dimensiones sin recarga de combustible in situ) como disuasivo inherente del sabotaje o el robo durante el envío a un centro de tratamiento centralizado del combustible gastado. Otras aplicaciones podrían guardar relación con la esterilización de

Las opciones de torio del INPRO

Durante una reunión de consulta del OIEA/INPRO celebrada en enero de 2009, se sometieron a la consideración de los Estados Miembros del INPRO una serie de opciones del ciclo del combustible basado en el torio. En la reunión se determinaron los tres grupos que se indican a continuación de opciones del ciclo del combustible adecuadas para aplicaciones a corto y mediano plazo:

- ❶ El ciclo de combustible uranio/torio sin reprocesamiento en reactor de agua pesada (HWR), reactor de agua a presión (PWR), reactor de agua en ebullición (BWR) y reactor de alta temperatura refrigerado por gas (HTGR). Esta opción comprende ciclo convencional sin reprocesamiento, la redistribución del combustible y el reciclado de combustible reconfigurado mecánicamente;
- ❷ El ciclo de combustible plutonio/torio sin reprocesamiento en HWR, PWR, BWR y HTGR. Esta opción es similar a la primera, salvo que se utiliza el Pu 239 existente, en lugar del U 235, para iniciar el proceso de fisión antes de que se haya creado suficiente U 233 en el núcleo del reactor. Una variante especial son los diseños destinados a reducir el plutonio como material potencial para la fabricación de armas; y
- ❸ La sinergia entre reactores rápidos y reactores térmicos, en la que cierto número de los primeros funcionan como fábricas de conversión del Th 232 en U 233 para alimentar otros reactores.

Además de los miembros que participan en el proyecto en colaboración, tomaron parte en la reunión varios observadores de Thorium Power (EE.UU.), Thor Energy (Noruega) y el Instituto de Investigaciones sobre la Energía de Juelich (Alemania).

equipo médico y la utilización en la irradiación de alimentos, equipo de radioterapia, equipo de diagnóstico médico y servicio de inspección aduanera, etc.

La economía del combustible de torio

Aplicado en gran escala, el ciclo de combustible de torio puede potencialmente ofrecer una ventaja económica en comparación con el ciclo abierto actual de combustible basado en el uranio, pese a la posibilidad de que el costo de fabricación del combustible de torio pueda ser superior al del combustible de uranio.

El temor a que el costo pueda resultar más elevado se debe a la mayor dificultad de manipulación del U 233 y del sumamente radiactivo U 232 asociado. Sin embargo, otros factores pueden atenuar el mayor costo de fabricación, por ejemplo, el hecho de que en el ciclo de combustible de torio no hace falta enriquecimiento y se precisan menos pasos en el proceso de conversión que en el caso del uranio para transformar el óxido natural de torio en formas de combustible listas para la primera irradiación.

Además, es probable que la capacidad 'recicladora' del combustible de torio y la posibilidad de funcionamiento a una temperatura superior representen alguna ventaja económica adicional. La conversión de Th 232

fértil en U 233 se produce durante la fisión, esto es, mientras se genera energía, y el U 233 fisible resultante puede seguir experimentando la fisión y producir energía durante mucho rato (consumición más alta), hasta el límite impuesto por el comportamiento del material de revestimiento del combustible y las estructuras de apoyo. El funcionamiento a una temperatura superior de los futuros diseños de reactor basados en el torio debería elevar la eficiencia térmica de los sistemas de energía nuclear del mejor porcentaje actual (34%) hasta el 50% o incluso más, contribuyendo directamente a una reducción del costo de combustible por unidad de generación de energía.

¿Por qué no podemos empezar a usar el torio?

Con ciertas modificaciones del diseño y de la licencia, la utilización de torio podría empezar hoy en la producción actual de los sistemas de energía nuclear. Ahora bien, en un ciclo de combustible sin reprocesamiento (o sea, sin reciclado para recuperar el U 233 restante después de la descarga), el uso del combustible de torio no resulta muy económico.

Se están desarrollando varios diseños avanzados para utilizar el torio de forma más idónea con una mayor eficiencia o con fines concretos (por ejemplo, la disposición recuperable del plutonio). Entre éstos hay diseños modificados o diseños evolutivos basados en los tipos actuales de reactor, como el reactor avanzado de agua pesada de la India y basado en el torio VVR-100, desarrollado conjuntamente por los EE.UU. y Rusia; el reactor de lecho de bolas basado en torio, reactores rápidos (metal líquido enfriado y gas enfriado); y diseños avanzados como el reactor de sales fundidas y el sistema accionado por aceleradores.

Además, se han propuesto varios conceptos de reactor y se están desarrollando en la actualidad con miras a cubrir las necesidades de los pequeños usuarios de energía. Algunos de estos conceptos de diseño se pueden perfeccionar para el empleo de combustible de torio.

El problema más grave que afronta la introducción del ciclo de combustible de torio para la generación comercial de energía es la falta de infraestructura para la fabricación de combustible.

La industria nuclear aprovechó la existencia de una infraestructura similar para el combustible de uranio, posibilitada por la inversión en el pasado para aplicaciones no civiles, pero la infraestructura de fabricación de combustible para el ciclo de combustible de torio tendrá que desarrollarse por consideraciones comerciales. ☼

*Ray Sollychin es Director Ejecutivo de Neopanora Institute-Network of Energy Technologies; fue miembro del Grupo del INPRO de 2006 a 2009 como experto gratuito patrocinado por el Gobierno del Canadá.
Correo-e: ray.sollychin@neopanora.com*