

comportamiento y estado químico de los combustibles irradiados

En el mes de agosto se reunió en la Sede del OIEA un Grupo de expertos para examinar el comportamiento y el estado químico de los productos de fisión en los combustibles irradiados. A la reunión, presidida por el Dr. K. E. Crouthamel del Argonne National Laboratory, asistieron 19 expertos de siete países, tres de ellos asociados a la EURATOM. Se presentaron y discutieron 23 comunicaciones escritas. Se está preparando la publicación de las actas pero, entretanto, el presente informe de la conferencia constituye un resumen de su labor.

OBJETIVO

El objetivo del Grupo de expertos fue examinar nuestros actuales conocimientos acerca del comportamiento químico de los combustibles para reactores sometidos a la irradiación en condiciones típicas de funcionamiento, y llegar a un consenso respecto de los problemas que quedan pendientes en esta esfera. Dicho comportamiento se refiere a las numerosas interacciones químicas que se producen entre el combustible, los productos de fisión, los revestimientos y el refrigerante, y a cómo dichas interacciones afectan a los requerimientos del diseño de los elementos combustibles. Este tema, con sus importantes consecuencias para la seguridad y la economía de las instalaciones, está vinculado con uno de los problemas más críticos de la tecnología de los reactores, como es la producción de combustible seguro, de buen funcionamiento y de elevado rendimiento.

El Organismo no se había ocupado nunca directamente de este tema concreto, y la reunión del Grupo en aquel momento se consideró acertada teniendo en cuenta la amplia labor en curso en esa esfera, especialmente en países que desarrollan reactores reproductores rápidos. El interés prestado a los combustibles para esta clase de reactores se reflejó en los debates del Grupo de expertos, que se centraron en los combustibles del tipo óxido, actualmente del máximo interés para los sistemas de reactores reproductores rápidos de metal líquido (LMFBR). Pero es considerable la labor realizada con respecto a combustibles avanzados, de carburo y de otros tipos, por lo que el Grupo debatió también resultados alcanzados recientemente en esta esfera.

El Grupo de expertos guarda estrecha relación con el programa que el Organismo continúa desarrollando en la esfera de la tecnología del combustible, materia sobre la que recientemente ha patrocinado otras reuniones, entre ellas las siguientes: a) el simposio sobre métodos analíticos en el ciclo del combustible nuclear (diciembre de 1971); b) el Grupo de expertos en física del grado de combustión (julio de 1971); c) el Grupo de expertos sobre el empleo del plutonio en los reactores de potencia de neutrones térmicos (junio de 1971); y d) el simposio sobre el empleo de plutonio como combustible nuclear (marzo de 1967).

ASPECTOS TECNICOS DE MAYOR INTERES

La irradiación del combustible en los reactores da lugar a procesos químicos de singular complicación. La transformación en nuevas especies de determinada fracción de los elementos actínidos originales, la generación de productos de fisión tanto solubles como insolubles en la matriz de combustible, la redistribución de las especies móviles y sus reacciones químicas con el combustible, el revestimiento y el refrigerante constituyen tan sólo algunas de las variaciones que es preciso estudiar y comprender para que las centrales nucleares funcionen bien y en condiciones de seguridad.

Entre los tipos de combustible que se examinaron, el Grupo dedicó la máxima atención al tipo de combustible de óxido, revestido con acero inoxidable, que actualmente se prefiere para los reactores LMFBFR, debido a que en un próximo futuro entrarán en funcionamiento varias grandes centrales equipadas con esta clase de reactor.

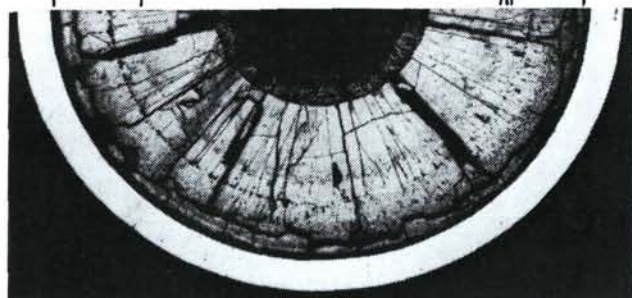
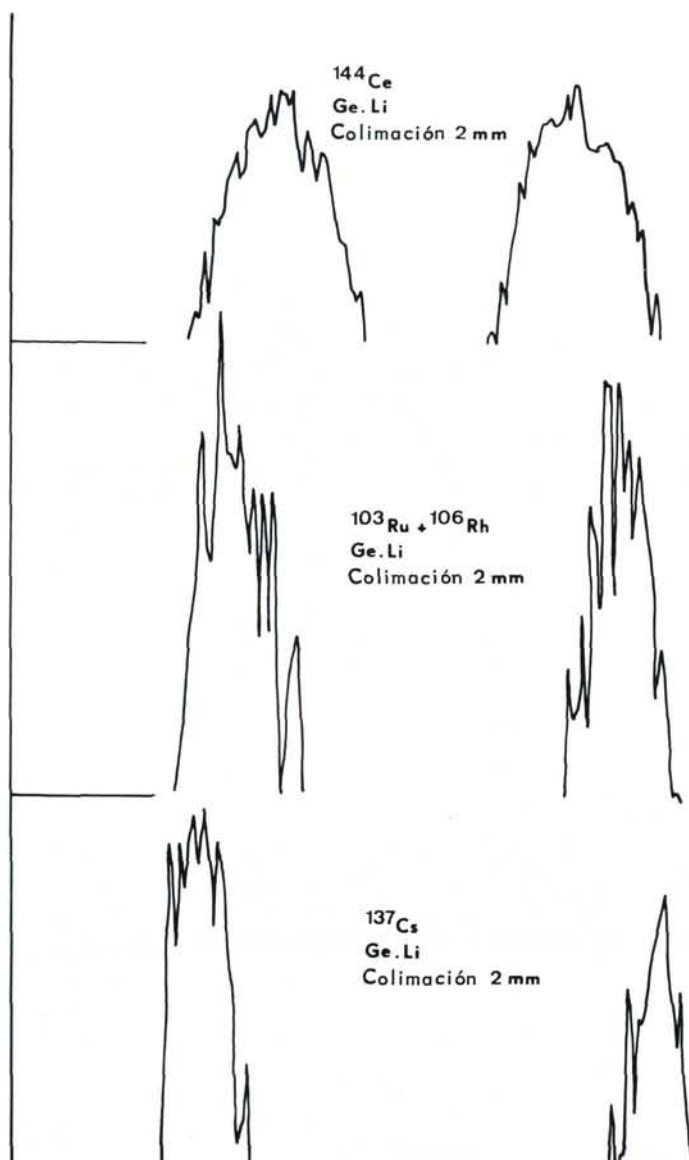
El control de los productos de fisión, que constituye una parte considerable del costo de las centrales nucleares, comprende muchas medidas fuera del propio elemento combustible. Sin embargo, el aspecto más importante del control se refiere a la integridad del revestimiento del combustible, por lo que las reacciones fisicoquímicas que se producen entre el combustible, los productos de fisión y el revestimiento presentan interés como posible mecanismo causa de averías. Algunos de los mecanismos que se han de tener en cuenta como causa de averías del revestimiento son el aumento de la presión interna debido a gases de fisión, la corrosión del revestimiento y la hinchazón o la densificación del combustible. Por ejemplo, para elementos combustibles de mezcla de óxidos revestidos de acero inoxidable la corrosión interna constituye un fenómeno importante de interacción química para el que el potencial de oxígeno en la interfase combustible-revestimiento es una variable fundamental. La relación entre esa magnitud y el grado de combustión, el gradiente de temperatura, las condiciones de funcionamiento y otros parámetros no se conoce adecuadamente y sigue siendo un problema importante porque su determinación presenta dificultades experimentales y analíticas.

El Grupo de expertos examinó los problemas desde tres aspectos principales:

a) Fenómenos de transporte, entre ellos la distribución variable en el tiempo de la razón oxígeno/metal en la matriz de combustible; la redistribución de U/Pu; problemas de transporte, retención y liberación de gases de fisión y problemas del transporte de los productos de fisión volátiles y sólidos.

b) Interacciones del combustible y los productos de fisión con el revestimiento, entre ellas, en especial, el importante problema de la corrosión debida a la variación del potencial de oxígeno en los combustibles de óxido y de mezcla de óxidos.

c) Termodinámica y equilibrios de fase, incluida la aplicación de los datos disponibles sobre termodinámica y equilibrios de fase para obtener información sobre el estado químico del combustible irradiado.



Análisis radial de los productos de fisión por espectrometría gamma.

Se señalaron diversos aspectos que plantean problemas y requieren mayor estudio. Entre ellos destacan los siguientes:

1. La necesidad de medir directamente la redistribución del oxígeno y evaluarla en términos de las correspondientes especies portadoras de oxígeno;
2. Se necesitan conceptos mecanicistas y modelos de redistribución para predecir las variaciones que se producen en el combustible bajo diferentes condiciones. Del mismo modo es necesario comprender los factores cinéticos que influyen en el transporte del oxígeno y de los productos volátiles de fisión con el fin de predecir la hinchazón de las barras de combustible y la corrosión del revestimiento por determinados constituyentes reactivos;
3. Para comprender plenamente las condiciones en que empieza la corrosión del revestimiento se necesita más información acerca de la termodinámica y las relaciones de fase de los diferentes reactivos y productos, cómo los productos de fisión atacan las propiedades protectoras de las capas de óxido del revestimiento, la función del cesio y el telurio en la interacción entre el combustible y el revestimiento, y el efecto de los adsorbentes para evitar la oxidación del revestimiento.
4. La medición del potencial de oxígeno en los diferentes sistemas resulta esencial para comprender plenamente los procesos que se desarrollan. Entre esas mediciones figura la del potencial de oxidación del sistema de mezcla U-Pu-O a temperaturas superiores a 3000 °C y su dependencia de los iones de tierras raras presentes, así como el potencial de oxígeno al que comienza la oxidación de las inclusiones que contienen Mo en los combustibles irradiados.

RECOMENDACIONES

El Grupo de expertos recomendó que el Organismo examine la posibilidad de patrocinar una intercomparación internacional de las técnicas analíticas de predicción de la composición química de los combustibles irradiados.

La decisión de convocar otro Grupo de expertos en esta esfera debe basarse en los adelantos de los próximos años. Se consideró que la actual esfera de interés del Grupo constituye una pequeña parte de un activo campo en rápido desarrollo y que deberá estudiarse la posibilidad de celebrar una futura reunión de alcance más amplio.