

# EXTRACCION DEL CALOR GENERADO EN EL NUCLEO DE LOS REACTORES RAPIDOS

Cualquiera que sea la opinión que pueda sustentarse sobre la fecha en que los reproductores de neutrones rápidos alcanzarán la fase de utilización comercial e industrial, es evidente que existe un amplio y creciente interés por el desarrollo de su tecnología. Estos reactores reciben la denominación de «reproductores» porque son capaces de producir una cantidad de material fisionable superior al que se consume en sus propios núcleos. Dentro del marco de un programa del Organismo relativo al estudio de los aspectos tecnológicos y económicos de este tipo de reactores, se ha celebrado en Viena, del 28 de noviembre al 2 de diciembre, un simposio sobre «Refrigerantes metálicos alcalinos — Estudios sobre corrosión y experiencia práctica adquirida».

Asistieron a la reunión más de 100 participantes de 16 Estados Miembros del OIEA y de la EURATOM y se presentaron 50 memorias procedentes de nueve países. En su discurso de apertura, el profesor Iván Zheludev, Director General Adjunto de Actividades Técnicas del Organismo, pasó revista a las razones que explican el interés despertado por los reactores de neutrones rápidos. Señaló que, si bien existen ya reactores, instalados en centrales grandes, que producen energía en condiciones rentables, es sabido que el combustible a base de uranio no se utiliza de manera eficaz en estos reactores. Si el mundo continúa construyéndolos, pronto se plantearán problemas debidos al agotamiento de las reservas de uranio de bajo costo. Queda, pues, patente la necesidad de perfeccionar reactores que permitan aprovechar mejor esas reservas. Como consecuencia, muchos países conceden una gran importancia al proyecto de reactores reproductores rápidos. Al permitir la utilización de los combustibles nucleares con un rendimiento muy elevado, desaparecerían los temores que, por causa de su escasez, pudieran abrigarse respecto del fomento de programas nucleoelectricos de gran envergadura en el mundo entero.

Basándose en la experiencia adquirida con el reactor de Dounreay, el Reino Unido ha decidido construir un prototipo con una potencia de 250 MW, que podrá entrar en funcionamiento en 1971. La Unión Soviética, aprovechando los datos reunidos con la explotación del reactor BR-5, está construyendo un

reactor rápido de doble finalidad para la producción de electricidad y desalinización de agua, con una potencia de 1 000 MW(t). En los Estados Unidos, ya llevan algún tiempo en funcionamiento los reactores reproductores rápidos Enrico Fermi y EBR-II. Cuando recientemente surgieron ciertos problemas, la central Enrico Fermi estaba a punto de funcionar a plena potencia. Por su parte, Francia se encuentra empeñada en la ejecución de su programa con el reactor Rhapsodie, de 20 MW(t), destinado a servir de base para el proyectado reactor reproductor de neutrones rápidos Phénix.

El simposio recientemente celebrado constituye parte del programa de actividades del Organismo relativo a los aspectos tecnológicos y económicos de los reactores reproductores rápidos. Los problemas que la tecnología del plutonio plantea se examinan en las actas del Grupo de expertos en la utilización del plutonio, que se publicaron en 1965. En el presente año, se ha publicado un estudio general de los reactores rápidos de potencia y se está trabajando en la preparación de un simposio sobre el empleo de plutonio como combustible nuclear, que se celebrará en Bruselas en marzo de 1967, y de otro, que tendrá lugar más adelante, sobre física de los reactores rápidos y problemas conexos de seguridad. La ejecución de este programa proseguirá en 1968.

Los principales temas examinados en el curso del Simposio sobre refrigerantes fueron seleccionados por un grupo de trabajo constituido por especialistas que se reunieron en Viena en el pasado mes de marzo. Entre estos temas figuran estudios de la corrosión producida por los metales alcalinos en materiales tales como el acero inoxidable, las aleaciones a base de níquel, las aleaciones de vanadio y las aleaciones metálicas refractarias, así como de los problemas que plantea la descarburación de los aceros y las alteraciones que experimentan las propiedades mecánicas y metalúrgicas de los materiales de construcción en un medio constituido por metales alcalinos. Se dedicaron también algunas sesiones a la experiencia adquirida en la esfera del proyecto y funcionamiento de los circuitos de metales alcalinos y de los dispositivos experimentales conexos, y a la detección y control de las impurezas, y al comportamiento de los productos de fisión en el seno del sodio.

Los temas, en general, han girado en torno al hecho fundamental de que es preciso extraer enormes cantidades de calor de los núcleos relativamente pequeños de los reactores de neutrones rápidos, a fin de poder utilizar este calor en la generación del vapor necesario para accionar las turbinas, lo cual plantea determinados problemas de transmisión de calor. En virtud de sus propiedades, los metales alcalinos resultan especialmente adecuados como agentes de extracción del calor, pero originan ciertas dificultades relacionadas con la corrosión y con los demás efectos de la irradiación y del calor. Las instalaciones actualmente en servicio utilizan sodio como refrigerante, pero se han estudiado también otros metales en diversos países.

De las 50 memorias presentadas, 20 procedían de los Estados Unidos, nueve de la Unión Soviética, seis del Reino Unido, también seis de Francia,

cuatro de Alemania, dos de Bélgica, en tanto que Austria, Checoslovaquia y los Países Bajos han aportado una cada uno.

Al final de la semana se discutieron algunos problemas cuya importancia se había señalado en el curso del simposio. El Sr. John R. Weeks (Estados Unidos), que actuó como Presidente en la última sesión vespertina, manifestó que, desde que tuyo lugar hace cuatro años una reunión patrocinada por el OIEA sobre la corrosión de los materiales empleados en los reactores, había aumentado de modo evidente el interés de muchos países por estos temas. Todos los países que poseen experiencia en la esfera de los reactores rápidos han superado la etapa de sus diseños iniciales, que eran muy moderados en sus innovaciones, y están a la búsqueda de procedimientos que les permitan aprovechar plenamente las elevadas temperaturas y los favorables coeficientes de transmisión del calor que se les ofrecen. Se está tratando de encontrar materiales distintos del acero inoxidable para el revestimiento de los combustibles. En conjunto, los informes procedentes de los países que tienen reactores rápidos en funcionamiento siguen las mismas líneas generales, si es que no concuerdan plenamente. Por regla general los estudios sobre los mecanismos no han evolucionado al mismo ritmo que el concepto de la utilización de los reactores rápidos, pero la situación está cambiando y se han presentado dos interesantes memorias sobre mecanismos y problemas generales de corrosión. Se ha puesto de relieve un gran interés por el papel desempeñado por las impurezas, y la Unión Soviética ha contribuido al estudio de esa cuestión. Si bien se han examinado los problemas planteados por el carbono, el Sr. Weeks estimó que se precisa seguir trabajando a fin de poder comprender el mecanismo exacto que tiene lugar. Se necesitan datos más detallados acerca del grado en que la transferencia de carbono puede alterar las propiedades mecánicas de las partículas de combustible. Se han suscitado muchas interrogantes acerca de la conveniencia de emplear revestimientos con carbono estabilizado por metales refractarios y, en caso afirmativo, cuáles serían las velocidades de transferencia del carbono. Se están empezando ahora a comprender y valorar debidamente los efectos de la corrosión en la reacción sodio-agua. Por otra parte, se ha planteado el tema de las ventajas relativas de los circuitos simples de sodio en comparación con los circuitos complejos. Los circuitos simples originales han cedido el paso a otros mucho más complicados, pero el Sr. Weeks indicó que también se habían formulado observaciones en el sentido de que algunas de las instalaciones estaban resultando demasiado complejas y de que se deseaba algo más sencillo a fin de poder lograr una mejor comprensión de las mismas y obtener los datos necesarios. Se ha examinado asimismo la necesidad de controlar las impurezas en el sodio, así como la manera en que trabajan los distintos instrumentos indicadores, sobre todo en vista de la gran diferencia que se observa en las memorias procedentes de la Unión Soviética, en el sentido de que frente al hidrógeno los resistivímetros poseen una mayor sensibilidad que frente al oxígeno, a diferencia de lo que anteriormente se creía. Por tanto, se ha puesto en duda la conveniencia de emplear los resistivímetros de una manera permanente para la detección exclusiva del oxígeno. Procede estudiar la información recogida y alterar, quizá, los programas actuales a fin de coordinar mejor las actividades de todos los interesados. La necesidad del Simposio celebrado ha sido claramente sentida, como lo es la de que tengan lugar nuevas reuniones sobre esta

esfera de la tecnología y otras disciplinas afines. Podría prestarse una mayor atención a la transmisión del calor y al estudio de los componentes y de los mecanismos que entran en juego e, igualmente, el tema de la corrosión merecería, por sí solo, que se le dedicara por completo una reunión.

El Sr. W.L. Chase (Estados Unidos) formuló la sugerencia de que el problema más importante radicaba en el extremo opuesto de la cadena de transmisión del calor, esto es, en el generador de vapor, tema que sería merecedor de una reunión especial. El Sr. R. Davies (Reino Unido) manifestó su conformidad con el anterior punto de vista y señaló que convendría disponer de más información sobre el tema sodio/agua.

El Sr. J.P. Lagowski (Estados Unidos) estimó que se debería proseguir con todo interés el estudio del carbono y del hidrógeno en una instalación proyectada para una duración de veinte o treinta años.

Por su parte, el Sr. M.N. Ivanowskii (Unión Soviética) dijo que los datos recogidos en el curso de la semana contribuirían sin duda alguna a dar una orientación más clara y un carácter más representativo a los trabajos, cuya ejecución convendría intensificar en diversos países. Reconoció, también, la importancia que ofrece el diseño de generadores de vapor que merezcan plena confianza. Se deberían examinar los problemas relativos al intercambio de calor, a las elevadas temperaturas que reinan en el flujo y en las paredes y a diversos factores de inestabilidad de carácter termodinámico. Vería con satisfacción una reunión de especialistas en los diferentes campos y confiaba en que se pudiese convocar una conferencia en el plazo de un año para tratar de la interacción sodio-agua. Manifestó igualmente su esperanza de que tenga lugar el más amplio intercambio de información sobre conferencias y otros tipos de reuniones que se proyecten en los distintos países, a fin de poder preparar los informes correspondientes.

El Sr. C. Tyzack (Reino Unido) hizo observar que numerosos científicos están procediendo a la medida de las velocidades de corrosión de los materiales en aquellos puntos de los circuitos en que las temperaturas alcanzan sus valores máximos, pero que estas determinaciones carecen en cierto modo de sentido si los resultados no se examinan en función de la concentración de hierro o de níquel en el circuito. Es indispensable proseguir los trabajos sobre el balance de material, así como sobre el transporte global que tiene lugar en los circuitos de acero. Recordó que en un reactor de gran potencia suelen circular miles de libras de productos de corrosión de cuyo destino final no se tiene una idea clara, ya que se ignora si van a quedar retenidos en las trampas a baja temperatura o si se van a depositar en las superficies frías. Recalcó también la necesidad de realizar nuevas mediciones termodinámicas fundamentales de los calores de formación de los compuestos oxigenados del sodio a partir de éste en estado metálico y de proseguir los trabajos sobre los procesos de carburación y de descarburación. Un aspecto que se había mencionado era la corrosión en el lado del vapor y agua de los intercambiadores de calor, pero, al parecer, se dispone de muy escasa información sobre las velocidades de corrosión que se producen con los elevadísimos flujos a que se ha de trabajar.

Correspondió al Sr. L.F. Epstein (Estados Unidos) dar un toque de atención. A su juicio, debe resistirse toda presión en el sentido de acelerar la obtención de resultados, dado que, con el sodio, resultan inconcebibles experimentos «rápidos y sucios». Asimismo, al tratar de eludir complicaciones excesivas, ha de ponerse gran cuidado en no llegar a conclusiones precipitadas.

El Sr. B.V. Kulpin (Unión Soviética) afirmó que, para lograr un conocimiento más profundo de la corrosión de los materiales de construcción en una corriente de sodio y agua, era menester estudiar minuciosamente la cinética de la interacción de estos refrigerantes. Si se llega a comprender la corrosión de los materiales de construcción, será posible impedir los efectos perjudiciales que se producen en las superficies de transmisión térmica de los generadores de vapor.

El Sr. Duncombe (Reino Unido) trató el tema de los instrumentos de protección. La detección de rupturas de vainas y de obstrucciones en el núcleo, el arrastre de gases y la iniciación de la reacción sodio-agua, que se presenta también en los intercambiadores de calor, plantean problemas que a juicio del Sr. Duncombe deben ser sometidos a un análisis más detallado. Mencionó asimismo el tema de las vibraciones y del ruido. Los efectos de cavitación pueden constituir un verdadero problema en todos los puntos del núcleo. En el mejor de los casos, las medidas ordinarias de control contribuirán a asegurar que la instalación funcione del modo previsto, pero los detalles más concretos sólo se obtendrán con ayuda de la toma de muestras y análisis, procedimiento que puede ser oneroso, pero eficaz.

El Sr. R.E. English (Estados Unidos) indicó la posibilidad de que las turbinas de gas puedan competir con las de vapor, después de hacer observar que se habían mencionado para el sodio temperaturas del orden de los 1500°F (800°C). El Sr. Duncombe recordó que en los medios comerciales se afirmaba que las instalaciones con turbinas de gas resultaban económicas y el Sr. J.H. de Van (Estados Unidos) hizo notar que, en Oak Ridge, las turbinas de vapor de potasio ofrecían muy buenas perspectivas como ciclo superpuesto en cualquier reactor de potencia que funcione a la temperatura indicada. El Sr. Weeks citó el mercurio como material que ofrece características satisfactorias.

El Presidente señaló que consideraba de la máxima importancia el perfeccionamiento de materiales adecuados en el aspecto económico para los reactores de sodio. Aunque es de desear, por supuesto, que estos reactores resulten comerciales, existe la profunda convicción de que lo esencial es encontrar materiales para confinar el fluido de trabajo y, de hecho, la instalación completa.

Al clausurar el Simposio, el Sr. D.G. Hurst, Director de la División de Energía Nucleoeléctrica y Reactores del OIEA, recordó que un experto de la Unión Soviética había afirmado recientemente que en la actualidad no era mucho más difícil manejar muchas toneladas de sodio en la instalación de un reactor que manejar agua. No obstante, quedan aún muchos problemas por resolver en la tecnología de los reactores de neutrones rápidos, y el Sr. Hurst expresó su convencimiento de que la reunión celebrada había contribuido activamente al estudio de algunos de ellos.