QUIMICA

QUIMICA DEL AGUA EN LAS CENTRALES DE AGUA A EBULLICION

Luis FOYACA GARCIA-ROBES

INTRODUCCION

A semejanza con las centrales térmicas convencionales en las centrales nucleares de agua a ebullición, el agua actúa como elemento transmisor de la energía, estableciendo un circuito cerrado que va desde el condensador al reactor (Fig. I), donde se genera el vapor, que después de mover la turbina termina condensándose sobre los tubos del condensador.

Dada la importancia del agua en el ciclo, estas plantas necesitan un control químico riguroso de la calidad, además de un control del material radiactivo específico de este tipo de plantas. Aunque la radiactividad de las impurezas no afecta a la química del agua, tiene una gran importancia en el nivel de radiación de la central y en la contaminación de los derechos producidos por ésta.

A diferencia de los reactores de agua a presión, el hecho de que el agua pase en su totalidad a través del reactor impide la utilización de aditivos químicos en la misma para su control y obliga a mantener una muy alta pureza, que se logra con sistemas de filtración-desmineralización.

CICLO AGUA-VAPOR

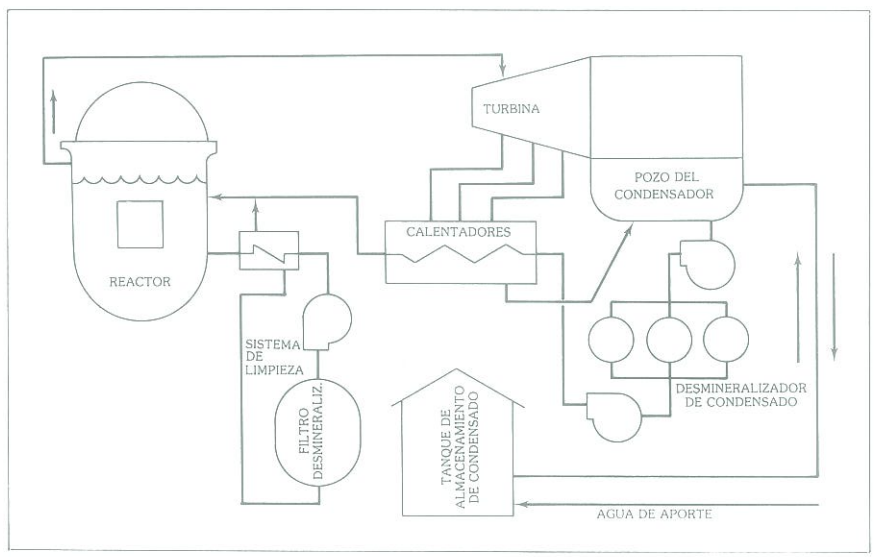
Como hemos citado anteriormente, el vapor procedente de la turbina es condensado a su paso a través de los tubos que cruzan el condensador, los cuales están refrigerados por un sistema denominado de agua de circulación, que emplea agua de río o agua de mar para esta función.

Posibles fugas en estos tubos darían lugar a la introducción de impurezas en el pozo del condensador. Cuando la refrigeración se realiza con agua de mar, pequeñas fugas producen contaminaciones muy altas y, por tanto, en el diseño de estas plantas se tienen especiales precauciones para afrontar esta eventualidad, tales como utilización de materiales especiales en el condensador, aumento de la capacidad de desmineralización del agua del ciclo, etc.

Aun siendo importantes todos los tipos de impurezas que puedan entrar en el agua del ciclo, causadas por fugas en los tubos del condensador, los cloruros tienen una especial relevancia debido a su gran efecto en los procesos de corrosión, que pueden producirse en el reactor donde se concentra. Adicionalmente en el pozo del condensador se presentan otros elementos, tales como el cobre y níquel, procedente de los tubos y placas soporte del condensador, hierro de los drenajes de los calentadores y de la propia estructura del condensador, materia orgánica y Sílice, que proviene de las distintas aportaciones de agua que recibe el ciclo y posibles entradas del agua de enfriamiento del condensador.

Por otro lado, aunque al condensador entran distintos gases, tales como oxígeno, hidrógeno y gases nobles, junto con el vapor que proviene de la turbina, además del mismo aire de su entorno, que penetra a través de pequeñas fugas, debido a las bajas presiones a las que necesariamente tiene que operar, el propio mecanismo establecido para la condensación y los sistemas destinados a mantener las bajas presiones en su interior contribuyen a reducir sensiblemente su presencia.

F I *Ciclo del agua en «BWR».*



Luis FOYACA GARCIA-ROBES, es Licenciado en Ciencias Químicas por la Universidad Complutense de Madrid. Ha realizado entre otros los cursos de: Corrosión y Protección (Facultad de Ciencias), Tecnología Nuclear Básica (IEN), B.W.R. Technology (G.E.), B.W.R. Chemistry (G.E.), Radiological Engineering (G.E.), Planning Preparadness and Response to Radiological Emergencies (OIEA). Desde 1968 viene realizando sus trabajos en Hidroeléctrica Española, en la puesta en marcha y explotación de las Centrales Térmicas de Escombreras, Aceca y Castellón. Desde 1975 desempeña el puesto de Jefe de Química, Protección Radiológica y Seguridad e Higiene en la Central Nuclear de Cofrentes.

FILTRACION Y DESMINERALIZACION

Este agua condensada es utilizada para alimentar el reactor después de un calentamiento progresivo, lo que se consigue por el paso a través de una serie de calentadores. Dado que sus características químicas no se adaptan al alto grado de pureza requerido en el reactor, después de una primera fase de calentamiento, el agua es pasada a través de desmineralizadores y unidades de filtración.

Los sistemas de desmineralización y filtración empleados para eliminar los contaminantes solubles e insolubles presentes en el agua son de dos tipos:

a) Filtros de lecho profundo que trabajan con resinas intercambiadores de bolas que retienen los cationes y aniones disueltos, sustituyéndolos por iones H^+ y OH^+. Estos filtros tienen una gran capacidad de desmineralización del agua, pero una baja eficacia para la filtración de los insolubles presentes.

b) Filtros de polvo de resina, con una capacidad de intercambio iónico reducida, debido a que la capa de polvo de resina utilizada es de muy pequeño espesor. Su gran ventaja es su alta eficacia para la filtración.

La utilización de estos sistemas depende fundamentalmente del agua que se emplea para enfriamiento del vapor en el condensador. El agua de mar obliga necesariamente al empleo de filtros de alta capacidad de desmineralización para poder afrontar en las debidas condiciones pequeñas entradas de agua salada y permitir la parada ordenada de la unidad con una protección adecuada del reactor, cuando la intrusión de agua salada vaya en aumento.

La tendencia actual es la utilización en serie de ambos sistemas, en orden a minimizar los aportes al reactor de materiales solubles e insolubles con el agua de alimentación, componente crítico del ciclo.

REACTOR

Las impurezas introducidas con el agua de alimentación al reactor aumentan los depósitos de metales sobre el combustible, debido a una rápida precipitación sobre la superficie de sus vainas, por la vaporización del agua. Tales depósitos dificultan la transmisión del calor, pudiendo dar lugar a su perforación, con la consiguiente fuga al ciclo de productos de fisión, lo que da lugar a un aumento de la actividad.

Un reactor, a semejanza de una caldera, produce grandes volúmenes de vapor, que arrastra cantidades muy pequeñas de impurezas. La entrada constante de materiales con el agua de alimentación da lugar a una concentración de impurezas en el mismo, las cuales no pueden ser controladas por medio de la purga, como en las calderas convencionales.

En su lugar, los reactores de agua a ebullición disponen de un sistema de purificación por medio de resinas en polvo, que permite reducir los materiales solubles e insolubles concentrados en el agua. La comparación entre los niveles de productos de corrosión presentes en el agua de alimentación y los concentrados en el reactor, nos indican claramente que el sistema de purificación elimina sólo una pequeña cantidad de los mismos. Ello es debido a que el proceso de deposición sobre las vainas del combustible y el resto de las partes metálicas del reactor tiene lugar a una gran velocidad. Por ello, sólo un 10 % de las impurezas aportadas al reactor pueden llegar a ser eliminadas por este sistema de purificación. Es esta la razón principal, por lo que es necesaria una alta calidad en el agua aportada al mismo.

La presencia de las citadas impurezas hace que sean activadas por el flujo neutrónico existente en el reactor, las cuales, sumadas a los productos de fisión producidos, originan los niveles de radiación tanto del ciclo agua vapor como de alguno de los sistemas auxiliares, y, en consecuencia, son la causa de la radiación de las distintas áreas de la planta en las que están ubicados. Un aumento de estos productos radiactivos producirá el consiguiente aumento de la dosis recibida por el personal que opera en la central, el riesgo de contaminación de las personas y materiales y la radioactividad de los residuos producidos.

Además de los problemas producidos por la deposición de las impurezas, tales como metales, sílice, etc., llevadas al reactor con el agua de alimentación, la presencia de cloruros, cobre, oxígeno, valores anormales de pH, etc., originan serios problemas de corrosión en las vainas del combustible y tuberías de acero inoxidable.

El oxígeno aportado al reactor es arrastrado de manera continua con el vapor que produce éste y eliminado en el condensador, después de pasar por la turbina. El aumento de oxígeno que se presenta en el agua del reactor y en el vapor por este generado es debido a la descomposición radiolítica que se produce por el alto flujo neutrónico existente.

CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA

El control de la calidad del agua está orientado, como hemos citado antes, fundamentalmente para reducir al mínimo la corrosión de los materiales y minimizar los niveles de núclidos radiactivos en el reactor.

El control de la calidad del agua comienza ya en el diseño con la elección de los sistemas necesarios para conseguir una correcta eliminación del oxígeno e impurezas del agua, sigue en la construcción, procurando la ausencia de suciedad en las tuberías y evitando la intrusión de materiales extraños en los sistemas. El arranque de la central debe ser realizado con un agua de la debida calidad, a pesar de las mayores dificultades que en esta fase inicial puede suponer el conseguir este objetivo, por la presencia de contaminantes procedentes de la construcción. Asimismo, independientemente de los requerimientos ya citados para la operación de la planta, no debe de ser descuidado el mantenimiento de una alta calidad del agua en las paradas.

Dentro de los controles establecidos para controlar la pureza del agua, la conductividad es el más representativo de la calidad de la misma, pequeñas cantidades de iones disueltos producen variaciones claras de la conductividad.

Otro parámetro importante es el pH, que nos indicará la acidez de las muestras, y detecta, entre otras cosas, intrusiones de materia orgánica. Valores bajos del pH aceleran los procesos de corrosión.

La utilización del acero inoxidable en el reactor convierten a los cloruros y el oxígeno en parámetros básicos por su relación con las corrosiones intergranulares bajo tensión.

Los cuatro parámetros citados se consideran como los más importantes en el control de la calidad del agua, por lo que su control se realiza de manera continua.

Los metales, tales como el Fe, Cu, Cr, Ni y Co son vigilados en el agua en los distintos puntos del sistema, tanto en su forma soluble como insoluble. Para conseguir controlarlos de manera continua y poder detectar los niveles requeridos se procede a la recolección de muestras integradas por medio de filtros y análisis por técnicas de absorción atómica y cromatografía.

Las deposiciones de la sílice, la materia orgánica y otras impurezas son controladas, asimismo, en los distintos puntos del ciclo.

Tiene especial interés en el control químico el seguimiento de la capacidad de desmineralización de los sistemas de purificación existentes tanto en el ciclo agua-vapor como en otros sistemas auxiliares, lo que nos permiten determinar el momento en que el cambio de las resinas es necesario. Los mencionados controles están basados en el análisis de algunos de los parámetros citados anteriormente, tales como sílice, conductividad, metales, etcétera.

CONCLUSIONES

De lo expuesto se puede deducir que las centrales de agua a ebullición basan su funcionamiento en una muy alta calidad del agua que utilizan en los distintos puntos del ciclo, para la cual aunque existen límites orientativos, se hace un especial énfasis en que estos deben de ser reducidos todo lo que sea posible.

La calidad del agua se consigue fundamentalmente con la elección adecuada de los materiales en el diseño de la planta, con el correcto funcionamiento de los sistemas de purificación utilizados y la rápida detección de las desviaciones producidas de los múltiples parámetros químicos utilizados.

Sucesivas mejoras en las técnicas de operación de los sistemas permiten la reducción de los productos de corrosión y consecuentemente de la radiación en las distintas zonas de la central.