

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 558 117**

51 Int. Cl.:

**G21C 17/022** (2006.01)

**G21C 19/28** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012 E 12184395 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.11.2015 EP 2573777**

54 Título: **Procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de muestras de agua de reactor utilizando agua desmineralizada**

30 Prioridad:

**23.09.2011 US 201113242392**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

**02.02.2016**

73 Titular/es:

**GE-HITACHI NUCLEAR ENERGY AMERICAS LLC  
(100.0%)  
3901 Castle Hayne Road  
Wilmington, NC 28401, US**

72 Inventor/es:

**CAINE, THOMAS ALFRED**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 558 117 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de muestras de agua de reactor utilizando agua desmineralizada

### Antecedentes

#### 5 Campo

La presente invención se refiere a procedimientos para añadir oxígeno a flujos de muestra de agua de reactor.

### Descripción de la técnica relacionada

10 En determinadas situaciones del reactor, se desea la adición de oxígeno a un flujo de muestra de agua de reactor. Convencionalmente, la adición de oxígeno en dichas situaciones implica el burbujeo de oxígeno gaseoso en el flujo de muestra de agua de reactor, en el que el oxígeno gaseoso se suministra desde una fuente comprimida (por ejemplo, oxígeno embotellado. Sin embargo, el uso de oxígeno embotellado suscita una importante preocupación acerca de la seguridad debido a su estado relativamente muy presurizado.

15 El documento US 5.892.805 se refiere a un modo de funcionamiento de una planta de energía de un reactor nuclear de agua en ebullición. El documento US. 4.940.564 se refiere a la supresión de la deposición de sustancias radioactivas en una planta de energía nuclear de agua en ebullición. El documento US 2005/0018805 A1 se refiere a un procedimiento para mitigar el agrietamiento producido por la corrosión debida al estrés en materiales estructurales de un reactor nuclear.

### Sumario

20 La presente invención se refiere a un procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua del reactor en una planta nuclear de acuerdo con la reivindicación 1 del presente documento. El procedimiento incluye inyectar agua desmineralizada en la corriente secundaria de agua del reactor para producir una corriente oxigenada con una concentración de oxígeno aumentada.

25 La etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir agua desmineralizada con una concentración de oxígeno conocida con al menos 20 veces más oxígeno que la corriente secundaria de agua del reactor. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir la adición de agua desmineralizada a la corriente secundaria de agua del reactor, teniendo la corriente secundaria de agua del reactor menos de 100 ppb de oxígeno. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir agua desmineralizada con al menos 2000 ppb de oxígeno a la corriente secundaria de agua del reactor.

30 La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir ajustar un caudal del agua desmineralizada de tal manera que la temperatura de la corriente oxigenada es al menos de 204 °C (400 °F) tras inyectar el agua desmineralizada. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir ajustar un caudal del agua desmineralizada de tal manera que la relación molar de hidrógeno a oxígeno en la corriente oxigenada es mayor de 2 tras inyectar el agua desmineralizada.

35 La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada en un punto corriente abajo de un reactor y corriente arriba de un sistema de limpieza. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada en un punto corriente abajo de un reactor y corriente arriba de un sistema de recirculación. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada en un punto corriente arriba de un sistema de vigilancia de mitigación catalítica (MMS).

40 La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada a una conducción que transporta la corriente secundaria de agua del reactor en un punto que se encuentra a una distancia de al menos 10 veces un diámetro de la conducción corriente arriba a partir de un sensor de potencial de corrosión electroquímica (ECP). La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada a un caudal que es un 10 % o menos de un caudal de la corriente secundaria de agua del reactor.

45 La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada antes de una inyección de un metal noble y medir a la vez el potencial de corrosión electroquímica (ECP) para determinar el efecto catalítico del metal noble. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada durante la inyección de un metal noble y medir a la vez un potencial de corrosión electroquímica para determinar el efecto catalítico del metal noble. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir el agua desmineralizada tras la inyección de un metal noble y medir a la vez el potencial de corrosión electroquímica (ECP) para determinar el efecto catalítico del metal noble.

50 La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir agua desmineralizada en forma líquida. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir añadir agua desmineralizada que se ha producido en la propia planta nuclear. La etapa de inyectar agua desmineralizada puede incluir el bombeo del agua desmineralizada a la corriente secundaria de agua del reactor con una bomba de desplazamiento positivo.

La presente invención se refiere también a un procedimiento para determinar el efecto catalítico de un metal noble depositado en un sistema de reactor. El procedimiento puede incluir inyectar agua desmineralizada en la corriente secundaria de agua del reactor para producir una corriente oxigenada con una concentración de oxígeno aumentada de forma que la relación molar de hidrógeno a oxígeno de la corriente oxigenada es menor que infinito; y llevar a cabo una pluralidad de medidas del potencial de corrosión electroquímica (ECP) en la corriente oxigenada para determinar el efecto catalítico del metal noble depositado en el sistema de reactor.

### **Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora, por medio solo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua del reactor de acuerdo con una realización no limitante de la presente invención

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua del reactor de acuerdo con una realización no limitante de la presente invención.

### **Descripción detallada**

Debe entenderse que cuando se indica que un elemento o capa está "en", "conectado a", "acoplado a", o "que cubre", otro elemento o capa, puede estar directamente en, conectado a, acoplado a, o cubriendo el otro elemento o capa o pueden estar presentes elementos o capas intermedios. En contraste, cuando se indica que un elemento esta "directamente en", "directamente conectado a" o "directamente acoplado a" otro elemento o capa, no están presentes elementos o capas intermedios. Números iguales se refieren a elementos iguales a lo largo de la memoria descriptiva. Como se usa en el presente documento, el término "y/o" incluye cualquiera y todas las combinaciones de uno o más de los elementos relacionados asociados.

Debe entenderse que, aunque los términos primero, segundo, tercero, etc, pueden utilizarse en el presente documento para describir diversos elementos, componentes, regiones, capas y/o secciones, estos elementos, componentes, regiones, capas, y/o secciones no deben estar limitados por estos términos. Estos términos se usan solo para distinguir un elemento, componente, región, capa, o sección de otra región, capa, o sección. De esta manera, un primer elemento, componente, región, capa, o sección descritos a continuación podría denominarse un segundo elemento, componente, región, capa, o sección sin apartarse de las enseñanzas de las realizaciones ilustrativas.

Los términos espacialmente relativos (por ejemplo, "debajo", "por debajo", "inferior" "por encima", "superior" y similares) se pueden usar en el presente documento para el caso de una descripción, para describir un elemento o relación de característica con otro(s) elemento(s) o característica(s) como se ilustra en las figuras, debe entenderse que se prevé que los términos espacialmente relativos abarquen diferentes orientaciones del dispositivo en uso o funcionamiento además de la orientación representada gráficamente en las figuras. Por ejemplo, si el dispositivo en las figuras se hace girar, los elementos descritos como "por debajo" o "debajo" de otros elementos o características se orientarían en ese caso "por encima" de los otros elementos o características. De esta manera, el término "por debajo" puede abarcar una orientación de por encima y por debajo. El dispositivo puede orientarse de otra manera (girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos utilizados en el presente documento deben interpretarse de acuerdo con ello.

La terminología utilizada en el presente documento tiene el fin de describir solo diversas realizaciones y no se pretende que sea limitante de las realizaciones ilustrativas. Como se usa en el presente documento, se pretende que las formas singulares "un", "uno" y "el" incluyan también las formas plurales, a no ser que el contexto indique claramente otra cosa. Se entenderá además que los términos "incluye", "que incluye", "comprende", y/o "que comprende", cuando se usan en esta memoria descriptiva, especifican la presencia de las características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, y/o componentes indicados, pero no impiden la presencia o la adición de uno o más de otras características, números enteros, etapas, operaciones, elementos, componentes, y/o grupos de los mismos.

Se describen en el presente documento realizaciones ilustrativas con referencia a las ilustraciones de la sección transversal, que son ilustraciones esquemáticas de realizaciones idealizadas (y estructuras intermedias) de las realizaciones ilustrativas. De esta forma, se esperan variaciones en las formas de las ilustraciones como resultado, por ejemplo, de técnicas de fabricación y/o de las tolerancias. Así, las realizaciones ilustrativas no deben considerarse como limitadas a las formas de las regiones ilustradas en el presente documento, sino que incluyen desviaciones en las formas que son el resultado, por ejemplo, de la fabricación. Por ejemplo, una región implantada ilustrada como rectángulo tendrá, normalmente, características redondeadas o curvadas y/o un gradiente de concentración del implante en sus bordes más bien que un cambio binario de la región implantada a la no implantada. Igualmente, una región soterrada formada por implante puede dar como resultado algún implante en la región entre la región soterrada y la superficie a través de la cual tiene lugar el implante. De esta manera, las regiones ilustradas en las figuras son de tipo esquemático y no se pretende que sus formas ilustren la forma real de una región de un dispositivo y no se pretende que limiten el alcance de las realizaciones ilustrativas.

A no ser que se defina otra cosa, todos los términos (incluyendo los términos técnicos y científicos) utilizados en el presente documento tienen el mismo significado que entiende comúnmente una persona normalmente experta en la técnica a la cual pertenecen las realizaciones ilustrativas. Se entenderá además que los términos, incluyendo aquellos definidos en los diccionarios comúnmente utilizados, deben interpretarse con un significado que es consistente con su significado en el contexto de la materia relevante y no se interpretarán en un sentido idealizado o demasiado formal a no ser que se definan así expresamente en el presente documento.

Las realizaciones ilustrativas de la presente invención se refieren a la adición de oxígeno a muestras de agua de un reactor. En particular, los procedimientos de acuerdo con las realizaciones ilustrativas utilizan agua desmineralizada para ajustar la concentración de oxígeno de la corriente secundaria de agua de un reactor, en el que la corriente secundaria de agua del reactor puede ser un flujo de muestra de agua de reactor. Debe entenderse que las personas normalmente expertas en la técnica saben que el agua desmineralizada es agua desionizada (DI). El agua desmineralizada o el agua desionizada es agua a la que se han eliminado sus iones minerales (tales como cationes de sodio, calcio, hierro, cobre y aniones como cloruro y bromuro). Se puede desmineralizar o desionizar agua utilizando resinas de intercambio iónico que se unen a y filtran las sales minerales del agua. Como se usa en el presente documento, debe entenderse que agua desmineralizada significa agua desionizada y viceversa.

La FIG.1 es un diagrama de flujo que muestra un procedimiento para ajustar una concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua de reactor de acuerdo con una realización no limitante de la presente invención. En referencia a la etapa S100 de la FIG. 1, se puede inyectar agua desmineralizada en una corriente secundaria de agua de reactor para producir una corriente oxigenada: Debe entenderse que el agua desmineralizada se inyecta en forma líquida (por oposición a un estado gaseoso). El agua desmineralizada puede inyectarse en un punto corriente abajo de un reactor y corriente arriba de un sistema de limpieza. El agua desmineralizada puede también inyectarse en un punto corriente abajo de un reactor y corriente arriba de un sistema de recirculación. La presencia del oxígeno adicional introducido por el agua desmineralizada y el cambio posterior en la concentración del oxígeno se pueden medir y analizar. Como se ha indicado en la etapa S120 de la FIG.1, la corriente oxigenada puede someterse a ensayo para determinar el efecto del procedimiento de tratamiento en el sistema del reactor.

La FIG. 2 es un diagrama que ilustra un procedimiento para ajustar una concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua del reactor de acuerdo con una realización no limitante de la presente invención. En una planta nuclear, un procedimiento para ajustar una concentración de oxígeno de una corriente secundaria de agua del reactor puede implicar inyectar agua desmineralizada en la corriente secundaria de agua del reactor para producir una corriente oxigenada con una concentración de oxígeno aumentada.

En referencia a la FIG. 2, una planta nuclear puede incluir una conducción de agua del reactor 200 que sale de un reactor (no se muestra) hasta un sistema de vigilancia 230. Por ejemplo, la conducción de agua del reactor 200 puede conectarse a la parte inferior del reactor (no se muestra). Una corriente secundaria de agua del reactor 202 fluye desde el reactor (no se muestra) hasta el sistema de vigilancia 230 por medio de la conducción de agua del reactor 200. La corriente secundaria de agua del reactor 202 puede utilizarse como flujo de muestra.

Una conducción de agua desmineralizada 212 va desde un suministro de agua desmineralizada (no se muestra) hasta la conducción de agua del reactor 200. El suministro de agua desmineralizada (no se muestra) se produce en la propia planta nuclear. El suministro de agua desmineralizada (no se muestra) puede producirse específicamente para proporcionar una corriente de agua desmineralizada 214 en la conducción de agua desmineralizada 212. De forma alternativa, el suministro de agua desmineralizada (no se muestra) puede ser un suministro existente que proporciona agua desmineralizada para diversos usos en la planta nuclear, en el que una parte del suministro se deriva por la conducción de agua desmineralizada 212.

En comparación con el agua no tratada, el agua desmineralizada tiene una mayor resistividad y una menor conductividad debido a la eliminación de los iones minerales de la misma. Por ejemplo, el agua desmineralizada puede tener una resistividad de al menos  $0,1 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$  y una conductividad de casi  $10 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . En otro caso, el agua desmineralizada puede tener una resistividad de al menos  $1,0 \text{ M}\Omega\cdot\text{cm}$  y una conductividad de casi  $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . El agua desmineralizada tiene también un contenido relativamente alto de oxígeno en comparación con el agua no tratada. Por ejemplo, el agua desmineralizada puede tener al menos 2000 ppb de  $\text{O}_2$  y hasta 8000 ppb de  $\text{O}_2$  cuando el aire está saturado.

La conducción de agua desmineralizada 212 está conectada a la conducción de agua del reactor 200 en un punto de inyección 220. Durante la inyección del agua desmineralizada, la corriente de agua desmineralizada 214 puede introducirse en la corriente secundaria de agua del reactor 202 con una bomba 210. La bomba 210 puede ser una bomba de desplazamiento positivo, aunque las realizaciones ilustrativas no están limitadas a la anterior. El agua desmineralizada puede bombearse a la conducción de agua del reactor 200 a presiones que varían de 100 psig (689,5 kPa) a más de 1000 psig (6895 kPa) (por ejemplo, 1100 psig (7584,23kPa)).

Suponiendo que la conducción de agua del reactor 200 tenga un determinado diámetro en el punto de inyección 220, la mezcla de la corriente secundaria de agua del reactor 202 y la corriente de agua desmineralizada 214 puede completarse aproximadamente de 10 a 20 diámetros corriente abajo del punto de inyección 220 para producir una corriente oxigenada 224. De esta manera, la mezcla puede completarse en un punto oxigenado 222 que está

corriente abajo del punto de inyección 220 y corriente arriba del sistema de vigilancia 230. Dicho esto, la longitud de la conducción de agua del reactor 200 que va desde el punto de inyección 220 al sistema de vigilancia 230 será más largo que la longitud de la conducción de agua del reactor 200 que va desde el punto de inyección 220 al punto oxigenado 222. Dicho de forma más clara, una mínima longitud de la parte de la conducción de agua del reactor 200 que está corriente abajo del punto de inyección 220 es la distancia comprendida entre el punto de inyección 220 y el punto oxigenado 222.

La corriente secundaria de agua del reactor 202 puede tener una concentración de oxígeno que es menor de aproximadamente 100 ppb. En contraste, la corriente de agua desmineralizada 214 puede tener una concentración de oxígeno que varía de aproximadamente 2000 a 8000 ppb (por ejemplo, 5000 ppb). De esta manera, la corriente de agua desmineralizada 214 puede tener una concentración de oxígeno conocida que es de 20 a 80 veces mayor que la de la corriente secundaria de agua del reactor 202. Dicho esto, la adición de una cantidad relativamente pequeña de agua desmineralizada a la corriente secundaria de agua del reactor 202 puede aumentar la concentración de oxígeno de la mezcla resultante muy significativamente. Por ejemplo, la corriente de agua desmineralizada 214 puede añadirse a un caudal que es 10 % o menos de un caudal de la corriente secundaria de agua del reactor 202. En una realización no limitante, para añadir 100 ppb de oxígeno a la corriente secundaria de agua del reactor 202, puede añadirse una corriente de agua desmineralizada 214 con 8000 ppb de oxígeno a un caudal que es aproximadamente 1,25 % de la corriente secundaria de agua del reactor 202.

Puede tenerse también en cuenta la temperatura resultante de la corriente oxigenada 224 para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema de vigilancia 230. Por ejemplo, el caudal de la corriente de agua desmineralizada 214 puede ajustarse de tal manera que la temperatura de la corriente oxigenada 224 sea al menos de 204 °C (400 °F) tras inyectar el agua desmineralizada, aunque las realizaciones ilustrativas no se limitan al anterior. En una realización no limitante, la temperatura de la corriente secundaria del agua del reactor 202 puede ser aproximadamente 271 °C (520 °F), mientras que la temperatura de la corriente de agua desmineralizada 214 puede ser menor de aproximadamente 93 °C (200 °F) por ejemplo, 37 °C (100 °F)). De acuerdo con ello, el caudal de la corriente de agua desmineralizada 214 puede ajustarse de tal manera que la temperatura resultante de la corriente oxigenada 224 excede lo que es necesario para el funcionamiento fiable del sistema de vigilancia 230.

El sistema de vigilancia 230 puede ser un sistema de vigilancia de mitigación catalítica (MMS). En un sistema de reactor tal como un sistema de reactor de agua en ebullición (BWR), los iones oxígeno ( $O_2^{2-}$ ) están presentes como resultado del ambiente del reactor y pueden reaccionar con la conducción metálica del sistema de tal manera que producen agrietamiento por corrosión debida al estrés. Una solución para resolver el problema del agrietamiento por corrosión debida al estrés es un procedimiento On-line NobleChem (OLNC).

En el procedimiento On-line NobleChem, una sustancia química que contiene un metal noble tal como platino se inyecta al agua del reactor; cuando se descompone la sustancia química, se libera el platino de tal forma que el platino se deposita en las superficies internas del sistema de conducciones. Como resultado, el platino actúa como catalizador de la recombinación de los iones hidrógeno ( $H^+$ ) y los iones oxígeno ( $O_2^{2-}$ ) para formar agua ( $H_2O$ ), reduciendo de esta forma la cantidad de iones oxígeno ( $O_2^{2-}$ ) del sistema que, a su vez, mitiga o evita la incidencia de agrietamiento por corrosión debida al estrés. Un procedimiento On-line NobleChem puede llevarse a cabo tan frecuentemente como sea necesario (por ejemplo, cada año) para garantizar que las superficies internas del sistema de conducciones (así como cualesquiera nuevas grietas) se revistan adecuadamente con el platino.

Para evaluar la eficacia de un procedimiento On-line NobleChem se puede utilizar un sistema de vigilancia 230, que puede estar en la forma de un sistema de vigilancia con mitigación catalítica. El sistema de vigilancia 230 puede incluir sensores 230 para medir diversas propiedades, incluyendo un potencial de corrosión electroquímica (ECP), del agua del reactor. Por ejemplo, el potencial de corrosión electroquímica del agua del reactor puede ser -200 mV antes de la inyección de platino y -500 mV después de la inyección de platino, aunque las realizaciones ilustrativas no se limitan a lo anterior.

Sin embargo, en determinadas situaciones, el potencial de corrosión electroquímica puede ser ya de -500 mV antes de la inyección de platino. En otras situaciones, el potencial de corrosión electroquímica puede permanecer sin cambiar incluso después de la inyección de platino. En las anteriores situaciones, se cree que la longitud de la línea y/o el caudal puede ser tal que la mayoría o todo el oxígeno del agua del reactor puede haberse consumido ya (por ejemplo, por la conducción) antes incluso de que el oxígeno tenga una posibilidad de alcanzar el sistema de vigilancia. De tal manera, la medida del potencial de corrosión electroquímica posterior por el sistema de vigilancia puede ser relativamente baja debido a la ausencia de oxígeno en el agua del reactor en oposición a la recombinación catalítica del oxígeno con hidrógeno.

A la vista de lo anterior, para asegurar que la medida de un potencial de corrosión electroquímica de la corriente de agua del reactor 202 se puede usar como una evaluación directa de la mitigación, se puede añadir oxígeno a la corriente secundaria de agua del reactor 202 por medio de la corriente de agua desmineralizada 214. En particular, la adición del oxígeno aumentaría el potencial de corrosión electroquímica de la corriente oxigenada 224 antes de la inyección de platino, permitiendo de esta forma una disminución posterior en el potencial de corrosión electroquímica que se va a asociar con el efecto catalítico proporcionado por la inyección de platino. Como resultado, puede evaluarse la eficacia del procedimiento On-line NobleChem.

La corriente de agua desmineralizada 214 puede introducirse en la corriente secundaria de agua del reactor 202 antes de la inyección de un metal noble y a la vez que se mide el potencial de corrosión electroquímica con el fin de determinar el efecto catalítico del metal noble. Adicionalmente, la corriente de agua desmineralizada 214 puede introducirse en la corriente secundaria de agua del reactor 202 durante la inyección de un metal noble y a la vez que se mide el potencial de corrosión electroquímica (ECP) para determinar el efecto catalítico del metal noble. Además, la corriente de agua desmineralizada 214 puede introducirse en la corriente secundaria de agua del reactor 202 tras la inyección de un metal noble y medirse a la vez el potencial de corrosión electroquímica (ECP) con el fin de determinar el efecto catalítico del metal noble. Debe entenderse que puede llevarse a cabo la adición de agua desmineralizada durante una duración deseada (por ejemplo, unos pocos minutos) cada semana o mes durante el funcionamiento normal y/o llevarse a cabo continuamente o de forma horaria durante la inyección del metal noble. Aunque el anterior ejemplo se ha descrito con respecto a un procedimiento On-line NobleChem, debe entenderse que las realizaciones ilustrativas no se limitan a lo anterior y pueden aplicarse en otros casos en los que la adición de oxígeno es necesaria.

El caudal de la corriente de agua desmineralizada 214 puede ajustarse de tal manera que la relación molar de hidrógeno a oxígeno en la corriente oxigenada 224 es mayor que 2 (por ejemplo, una relación de 3 o 4). En una realización no limitante, la relación molar de hidrógeno a oxígeno puede variarse de 5 a 10 e incluso hasta 15 a 20. Para asegurar la mezcla adecuada, la corriente de agua desmineralizada 214 puede introducirse en la conducción del reactor 200 de tal manera que el punto de inyección 220 esté a una distancia de al menos 10 veces el diámetro de la conducción de agua del reactor 200 corriente arriba de un sensor del potencial de corrosión electroquímica en el sistema de vigilancia 230. El caudal de la corriente oxigenada 224 en el sistema de vigilancia puede ser de aproximadamente 5 gpm, aunque las realizaciones ilustrativas no se limitan a lo anterior.

Un procedimiento para determinar un efecto catalítico de un metal noble depositado en un sistema de reactor puede incluir inyectar una corriente de agua desmineralizada 214 en una corriente secundaria de agua del reactor 202 para producir una corriente oxigenada 224 con una concentración de oxígeno aumentada de tal manera que la relación molar hidrógeno a oxígeno de la corriente oxigenada 224 es menor que infinito. A continuación, se pueden llevar a cabo una pluralidad de medidas del potencial de corrosión electroquímica en la corriente oxigenada 224 para determinar el efecto catalítico del metal noble depositado en el sistema del reactor.

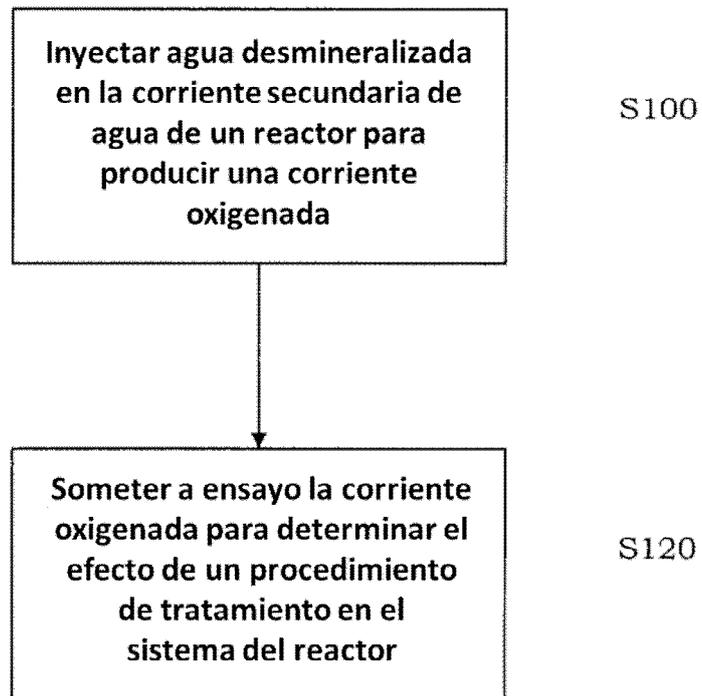
A la vista de lo anterior, las realizaciones ilustrativas de la presente invención proporcionan un medio relativamente seguro, simple, y eficaz de añadir oxígeno a la corriente de agua del reactor de una planta nuclear.

Aunque se han descrito en el presente documento numerosas realizaciones ilustrativas, debe entenderse que pueden ser posibles otras variaciones. Dichas variaciones no deben considerarse como desviaciones del alcance de la presente divulgación, y se prevé que todas las modificaciones mencionadas, como sería evidente para un experto en la materia, están incluidas en el alcance de las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para ajustar la concentración de oxígeno de la corriente secundaria del agua de un reactor en una planta nuclear, comprendiendo el procedimiento:
  - 5 inyectar agua desmineralizada (214) en la corriente secundaria de agua del reactor (202), teniendo el agua desmineralizada (214) una concentración de oxígeno al menos 20 veces mayor que la de la corriente secundaria de agua del reactor (202), para producir una corriente oxigenada (224) con una concentración de oxígeno aumentada.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la corriente secundaria del agua del reactor (202) tiene menos de 100 ppb de oxígeno.
- 10 3. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir agua desmineralizada (214) con al menos 2000 ppb de oxígeno a la corriente secundaria de agua del reactor (202).
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye ajustar el caudal del agua desmineralizada (214) de tal manera que la temperatura de la corriente oxigenada (224) sea al menos de 204 °C tras inyectar el agua desmineralizada (214).
- 15 5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye ajustar el caudal del agua desmineralizada (214) de tal manera que la relación molar de hidrógeno a oxígeno en la corriente oxigenada (224) sea mayor de 2 tras inyectar el agua desmineralizada (214).
6. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir el agua desmineralizada (214) en un punto corriente abajo del reactor y corriente arriba de un sistema de limpieza o un sistema de recirculación.
- 20 7. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir el agua desmineralizada (214) a la conducción (200) que transporta la corriente secundaria de agua de un reactor (202) en un punto que se encuentre a una distancia de al menos 10 veces el diámetro de la conducción (200) corriente arriba de un sensor de potencial de corrosión electroquímica (ECP).
- 25 8. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir el agua desmineralizada (214) a un caudal que es 10 % o menos del caudal de la corriente secundaria de agua del reactor (202).
9. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir el agua desmineralizada (214) antes, durante, o después de la inyección de un metal noble y medir a la vez el potencial de corrosión electroquímica (ECP) con el fin de determinar el efecto catalítico del metal noble.
- 30 10. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir el agua desmineralizada en un punto corriente arriba del sistema de vigilancia de mitigación catalítica (MMS).
- 35 11. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada (214) incluye añadir agua desmineralizada en forma líquida.
12. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye añadir agua desmineralizada (214) que se ha producido en la planta nuclear.
- 40 13. El procedimiento de cualquier reivindicación anterior, en el que la etapa de inyectar agua desmineralizada incluye bombear el agua desmineralizada a la corriente secundaria (202) de agua del reactor (214) con una bomba de desplazamiento positivo (210).

**FIG. 1**



**FIG. 2**

