

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 478 013**

51 Int. Cl.:

G21D 1/00 (2006.01)

G21C 19/02 (2006.01)

G21C 19/307 (2006.01)

G21D 3/08 (2006.01)

G21F 9/00 (2006.01)

G21F 9/28 (2006.01)

G21C 17/022 (2006.01)

G21C 7/10 (2006.01)

G21C 13/08 (2006.01)

G21C 15/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.08.2008 E 08827827 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.06.2014 EP 2180483**

54 Título: **Método para inhibir la adhesión de una sustancia radiactiva**

30 Prioridad:

23.08.2007 JP 2007217541

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

18.07.2014

73 Titular/es:

**KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA (100.0%)
1-1 SHIBAURA 1-CHOME
MINATO-KU TOKYO 105-8001, JP**

72 Inventor/es:

**YAMAMOTO, SEIJI;
ENDA, MASAMI;
AOI, HIROMI y
URUMA, YUTAKA**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 478 013 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

Método para inhibir la adhesión de una sustancia radiactiva

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método para la supresión de la adhesión de una sustancia radiactiva sobre la superficie de materiales metálicos en miembros estructurales de una planta nuclear.

10 Antecedentes la invención

En un reactor de agua ligera (LWR) que usa agua como refrigerante, son importantes las medidas para reducir la dosificación de exposición radiactiva de los trabajadores durante los trabajos de inspección periódica, trabajos de mantenimiento preventivos, etc. Dentro de dichas medidas, con frecuencia se aplica una descontaminación química a los miembros estructurales del reactor nuclear (tales como un recipiente de presión del reactor, una estructura dentro del horno) y las tuberías. En la descontaminación química, las películas de óxido formadas en superficie de los materiales metálicos en los miembros estructurales del reactor nuclear y las tuberías se eliminan mediante la combinación de procesos de reducción y oxidación, etc., usando productos químicos, eliminando así las sustancias radiactivas, tales como el cobalto 60 y el cobalto 58 que existen en la película de recubrimiento o de óxido sobre la superficie de un material metálico.

No obstante, si el reactor nuclear se vuelve a poner en marcha después de la descontaminación, las sustancias radiactivas se vuelven a adherir a la superficie del material metálico que forman los miembros estructurales o las tuberías del reactor nuclear. La adhesión de sustancias radiactivas tiene lugar junto con la generación de películas de óxido. En la superficie metálica tratada después de la descontaminación, la velocidad de crecimiento de una película de óxido es rápida, de forma que la incorporación de sustancias radiactivas se produce de forma particularmente veloz. Como consecuencia, la velocidad de dosificación de la superficie del material metálico se vuelve a incrementar en un corto periodo después de la descontaminación.

Con el fin de resolver este problema, se ha propuesto repetir de manera alternativa la inyección de un agente oxidante y un agente reductor a los instrumentos y tuberías de una planta de generación de energía nuclear para así formar una película de óxido sobre la superficie de los materiales metálicos de los instrumentos o tuberías anteriormente mencionados después de la descontaminación, suprimiendo de esta forma la adhesión de una sustancia radiactiva (Documento de Patente 1).

Además es sabido que poner en contacto oxígeno u ozono calientes con las tuberías de un sistema de extracción de calor residual después de la descontaminación forma una película de óxido sobre la superficie de las tuberías, suprimiendo así la adhesión de una sustancia radiactiva (Documento de Patente 2).

También es sabido que poner en contacto un compuesto químico que contiene iones de hierro con la superficie de miembros metálicos que constituyen una planta nuclear forma una película de ferrita sobre la superficie, suprimiendo así la adhesión de sustancias radiactivas (Documento de Patente 3).

Además, se conoce la formación de una película de óxido que contiene un óxido que tiene propiedades de semiconductor de tipo P sobre la superficie de miembros estructurales de un reactor nuclear en una planta de generación de energía nuclear, y a continuación el depósito de una sustancia catalítica que tiene propiedades de semiconductor de tipo N sobre la película de óxido, suprimiendo así el desarrollo del agrietamiento por corrosión bajo tensión (Documento de Patente 4).

50 [Documento de Patente 1] Documento JP-A 2004-294393
 [Documento de Patente 2] Documento JP-A 2002-236191
 [Documento de Patente 3] Documento JP-A 2006-38483
 [Documento de patente 4] Documento JP-A 2006-162522

55 El documento EP 0 826 789 A1 desvela un método de tratamiento de un componente metálico para mitigar el agrietamiento en una superficie de dicho componente metálico durante el uso en un reactor nuclear refrigerado por agua o su equipo asociado, que comprende las etapas de formación de una película de óxido sobre dicha superficie de dicho componente metálico, y el dopado de dicha película de óxido con especies de un metal no noble, en el que dichas especies se incorporan a dicha película de óxido para reducir el potencial de corrosión electroquímico en dicha superficie y mitigando así el agrietamiento.

65 El documento de Estados Unidos 5.608.766 desvela un método de inhibición de la corrosión de un componente de aleación en un reactor nuclear refrigerado por agua o su equipo asociado, que comprende las etapas de eliminación de al menos una parte de una película de óxido que existe previamente sobre la superficie de dicho componente de aleación, y la inyección de una solución o suspensión de un compuesto que contiene un metal en el agua de dicho reactor para provocar que al menos parte de dicho metal inyectado se incorpore a una nueva película de óxido a

medida que se forma dicha nueva película de óxido en donde ha sido eliminada la película de óxido que existía previamente, en el que dicho metal se selecciona del grupo constituido por metales nobles y metales que inhiben la corrosión.

5 El documento JP 2002-131473 A se refiere a un método de control de la calidad del agua que restringe que una sustancia radiactiva se adhiera a la estructura interna central del reactor y a la superficie de una tubería.

10 El documento de Estados Unidos 6.487.265 B1 desvela un método de tratamiento superficial de los componentes estructurales de una planta de energía nuclear, dicho método que comprende la humectación de las superficies de los componentes estructurales de la planta de energía nuclear que van a ser expuestos al agua del reactor con una solución de deposición no electrolítica que contiene al menos una sustancia eléctricamente aislante o un óxido que tiene la propiedad de difundir aniones de oxígeno reticulares para reducir el potencial de corrosión electroquímico.

15 El documento JP 2003-139891 A se refiere a un método de formación de una película fotocatalizadora de un material de la estructura de un reactor.

Divulgación de la invención

20 Cuando se forma una película de óxido o una película de ferrita sobre la superficie del material metálico que forma los miembros estructurales de una planta de generación de energía nuclear como en los Documentos de Patente 1-3, es posible suprimir la cantidad de captación de la sustancia radiactiva que acompaña a la corrosión inicial del material metálico, pero no necesariamente se suprime la propia captación, de forma que la sustancia radiactiva se acumula con el tiempo.

25 En el Documento de Patente 4, se usa óxido de titanio como sustancia catalítica. No obstante, el Documento de Patente 4 reduce el potencial de corrosión mediante una unión PN de la película de óxido y la sustancia catalítica, llevando a cabo de esta forma la supresión del desarrollo de agrietamiento por corrosión bajo tensión, y no tiene por objetivo suprimir la adhesión de una sustancia radiactiva.

30 En vista de las circunstancias anteriormente mencionadas, un objetivo de la presente invención es proporcionar un método para suprimir una sustancia radiactiva, mediante el cual se puede suprimir la adhesión de una sustancia radiactiva sobre la superficie de materiales metálicos que forman los miembros estructurales de una planta nuclear.

35 El método de supresión de la adhesión de una sustancia radiactiva de acuerdo con la presente invención comprende: la eliminación de una película de óxido formada sobre una superficie de un material metálico que forma un miembro estructural de una planta nuclear mediante un tratamiento de descontaminación químico, a continuación el depósito de óxido de titanio como sustancia para suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva directamente sobre la superficie de un material metálico que forma un miembro estructural de una planta nuclear mediante la pulverización de un líquido en suspensión del óxido de titanio sobre la superficie del material metálico, y a continuación el mantenimiento del óxido de titanio a 80 °C o superior.

45 De acuerdo con la presente invención, la incorporación o la captación de la sustancia radiactiva en el interior de la película de óxido formada sobre la superficie del material metálico anteriormente mencionado se inhibe con el óxido de titanio que inhibe la adhesión de sustancia radiactiva dispuesta sobre la superficie del material metálico que forma el miembro estructural de una planta nuclear, por lo que se puede suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva a la superficie del material metálico.

Breve descripción de los dibujos

50 La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra un sistema de agua de refrigeración primario para un reactor de agua en ebullición, al que se le puede aplicar el método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva de acuerdo con la invención.

La Figura 2 es una vista en sección que muestra una parte de una tubería que es un miembro estructural en una planta de generación de energía nuclear como se muestra en la Figura 1.

55 La Figura 3 es una gráfica que muestra los resultados del ensayo acerca de la adhesión de una sustancia radiactiva a la superficie de la tubería mostrada en la Figura 2 de acuerdo con el primer ejemplo comparativo.

La Figura 4 es una vista en sección que muestra una parte de una tubería para ilustrar una realización del método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva de la presente invención.

60 La Figura 5 es una gráfica que muestra los resultados del ensayo acerca de la adhesión de una sustancia radiactiva a la superficie de la tubería mostrada en la Figura 4.

Mejor modo de realización de la invención

65 A continuación se describen los mejores modos para poner en práctica la presente invención y se describen tres ejemplos comparativos con referencia a los dibujos. No obstante, la presente invención no está limitada a estas realizaciones.

[A] Primer ejemplo comparativo (Figura 1 - Figura 3)

La Figura 1 es un diagrama de flujo que muestra un sistema de agua de refrigeración primario para un reactor de agua en ebullición, al cual se le aplica un primer ejemplo comparativo de un método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva. La Figura 2 es una vista en sección que muestra una parte de una tubería que es un miembro estructural en una planta de generación de energía nuclear como se muestra en la Figura 1.

Se proporciona un reactor de agua en ebullición 10 en una planta de generación de energía nuclear con un sistema de agua de refrigeración primario que incluye un sistema de vapor principal 11, un sistema de suministro de agua reciclada 12, un sistema de recirculación al reactor nuclear 13, un sistema de eliminación del calor residual 14, y un sistema de purificación del refrigerante del reactor nuclear 15, etc.

Más específicamente, el reactor de agua en ebullición 10 incluye un recipiente de presión del reactor 16 y un núcleo 17 acomodado en el recipiente 16. El sistema de vapor principal 11 suministra vapor generado en el recipiente de presión del reactor 16 a través de la tubería del sistema de vapor principal 18 hacia una turbina de vapor (no mostrada). En el sistema de suministro de agua reciclada 12, el vapor que ha producido trabajo después de haber sido enviado hacia la turbina de vapor se condensa con un condensador (no mostrado) para formar agua reciclada, que a continuación se recircula hacia el recipiente de presión del reactor 16 a través de la tubería del sistema de suministro de agua reciclada 20 equipado con una bomba de alimentación 19 y un calentador de agua de alimentación (no mostrado).

El sistema de recirculación del reactor nuclear 13 fuerza el envío de agua de refrigeración (refrigerante) hacia el núcleo del reactor 17. Más específicamente, el sistema de recirculación del reactor nuclear 13 incluye una pluralidad de bombas de inyección 22 dispuestas en una zona descendente entre el revestimiento del núcleo del reactor 21 dispuesto para así rodear el núcleo reactor 17 y el recipiente de presión del reactor 16, y las bombas del sistema de recirculación 24 dispuestas en las tuberías del sistema de recirculación 23 para elevar la presión del agua de refrigeración extraída del recipiente de presión del reactor 16. En el sistema de recirculación del reactor nuclear 13, el agua de refrigeración, de la cual se ha incrementado su presión mediante las bombas del sistema de recirculación 24, se conduce hacia las bombas de inyección 22 que succionan el agua de refrigeración de los alrededores y fuerzan el envío del agua de refrigeración hacia la parte inferior del núcleo del reactor 17.

El sistema de eliminación del calor residual 14 incluye tuberías del sistema de eliminación del calor residual 25 conectadas en una posición aguas arriba de la bomba del sistema de recirculación 24 en las tuberías del sistema de recirculación 23, y una bomba del sistema de eliminación del calor residual 26 y un intercambiador de calor 27 dispuestos en las tuberías del sistema de eliminación del calor residual 25. En el sistema de eliminación del calor residual 14, el agua de refrigeración dirigida hacia las tuberías del sistema de eliminación del calor residual 25 desde el sistema de recirculación del reactor nuclear 13 se enfría mediante el intercambiador de calor 27 y se dirige hacia el recipiente de presión del reactor 16.

El sistema de purificación del refrigerante del reactor nuclear 15 incluye tuberías del sistema de purificación del refrigerante 28 conectadas en una posición aguas arriba de la bomba del sistema de eliminación del calor residual 26, y un intercambiador de calor 29, una bomba del sistema de purificación del refrigerante 30 y un desmineralizador de filtración 31 dispuesto en las tuberías del sistema de purificación del refrigerante 28. En el sistema de purificación del refrigerante del reactor nuclear 15, el agua de refrigeración (refrigerante) dirigida hacia las tuberías del sistema de purificación del refrigerante 28 desde el sistema de recirculación de reactor nuclear 13 se enfría mediante el intercambiador de calor 29 y se dirige y se purifica mediante el desmineralizador de filtración 31, y el agua de refrigeración purificada se dirige hacia las tuberías del sistema de suministro de agua reciclada 20.

Ahora, los miembros estructurales en la planta de generación de energía nuclear que incluyen, por ejemplo, el recipiente de presión del reactor 16; estructuras dentro del reactor, tales como el revestimiento del núcleo del reactor 21 y la bomba de inyección 22; instrumentos dentro del reactor (tales como un separador de gas-agua y un desecador de vapor); e instrumentos tales como bombas, y tuberías en el sistema de agua de refrigeración primario (que incluye el sistema de vapor principal 11, el sistema de suministro de agua reciclada 12, el sistema de recirculación del reactor nuclear 13, el sistema de eliminación del calor residual 14, y el sistema de purificación del refrigerante del reactor nuclear 15), se exponen a agua de refrigeración caliente que contiene sustancias radiactivas, de manera que sobre las superficies de los materiales metálicos que forman los miembros estructurales se forman las películas de óxido que han captado las sustancias radiactivas. De acuerdo con este ejemplo comparativo, la incorporación o captación de sustancias radiactivas por esta película de óxido se inhibe para suprimir la adhesión de sustancias radiactivas sobre las superficies de los materiales metálicos anteriormente mencionados.

Por ejemplo, una tubería 32 mostrada en la Figura 2 es un miembro estructural (que forma una parte de las tuberías en el sistema de agua de refrigeración primario) en una planta de generación de energía nuclear, y el agua de refrigeración primaria (denominada simplemente "agua de refrigeración" de aquí en lo sucesivo) del reactor de agua en ebullición 10 fluye a través de su interior. La tubería 32 está compuesta de un material metálico, tal como acero inoxidable, y sobre la superficie (superficie interna) de la tubería 32 se forma una película de óxido 33.

Sobre la película de óxido 33 se pulveriza una solución o suspensión (una suspensión en un ejemplo particular) de una sustancia que suprime la adhesión 34 capaz de inhibir la adhesión de la sustancia radiactiva 36 (mencionada a continuación) de forma que se adhiera sobre la superficie de la película de óxido 33, formando así una capa de la sustancia que suprime la adhesión 34. La sustancia que suprime la adhesión 34 es una sustancia que contiene óxido de titanio como compuesto de titanio. La sustancia que suprime la adhesión 34 preferentemente se forma en una capa sobre toda la superficie de la película de óxido 33, pero se puede formar de manera discreta sobre la superficie de la película de óxido 33.

A continuación, una parte que tiene la sustancia que suprime la adhesión 34 se mantiene a 80 °C o superior en aire, vapor o agua para aumentar la compactación de la sustancia que suprime la adhesión 34, en particular óxido de titanio, y también aumentar la adhesión de la sustancia que suprime la adhesión sobre la película de óxido 33.

Después de que se le suministre la sustancia que suprime la adhesión 34, la tubería 32 se usa en funcionamiento. La tubería 32, como miembro estructural en una planta de generación de energía nuclear, entra en contacto con el agua de refrigeración primaria en el reactor nuclear a través de la película de óxido 33 y la sustancia que suprime la adhesión 34 o a través al menos de la sustancia que suprime la adhesión 34. En este estado, la tubería 32 entra en contacto con agua de refrigeración caliente (agua de refrigeración del reactor nuclear) 35, por lo que la película de óxido 33 aumenta y la corrosión de la tubería 32 avanza. El agua de refrigeración 35 contiene una sustancia radiactiva 36, tal como cobalto 60. En caso de que la película de óxido 33 formada sobre la superficie 32A de la tubería 32 no esté provista de la sustancia que suprime la adhesión 34, la sustancia radiactiva 36 es llevada a la película de óxido 33 a medida que avanza la corrosión de la tubería 32. No obstante, la captación de la sustancia radiactiva 36 en la película de óxido 33 se ve inhibida por la formación de la sustancia que suprime la adhesión 34 en una capa compacta como se ha mencionado anteriormente independientemente del avance de la corrosión de la tubería 32.

Ahora, en la Figura 3 se muestra un resultado del ensayo de haber evaluado el efecto del óxido de titanio para suprimir la adhesión del cobalto 60. La Figura 3 muestra los resultados de un ensayo en el que piezas de ensayo de SUS316L se sumergieron en agua a 280 °C para formar una película de óxido sobre ellas, y a continuación se sumergieron en agua a 280 °C que contiene cobalto 60 durante 500 horas. Como se muestra en la Figura 3, la cantidad de sustancia radiactiva adherida (cobalto 60) sobre una pieza de ensayo recubierta con óxido de titanio (denotada por A en la Figura 3) se puede reducir hasta aproximadamente la mitad de la cantidad de una pieza de ensayo sin óxido de titanio (denotada por B en la Figura 3).

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con este ejemplo comparativo, la captación de sustancia radiactiva 36 (por ejemplo, cobalto 60) por una película de óxido 33 se inhibe mediante la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio dispuesto mediante una película de óxido 33 sobre la superficie 32A de una tubería 32 que es un miembro estructural de una planta de generación de energía nuclear. Como consecuencia, se puede suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva sobre la superficie 32A de la tubería 32.

[B] Primera realización (Figura 4, Figura 5)

La Figura 4 es una vista en sección que muestra una parte de una tubería para ilustrar una realización del método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva de la presente invención. En esta realización, partes idénticas a las del primer ejemplo comparativo están denotadas por números idénticos y su explicación está simplificada o se omite.

Esta realización de la invención difiere del primer ejemplo comparativo anterior en que la película de óxido 33 formada sobre la superficie 32A de una tubería 32 es eliminada por un tratamiento de descontaminación químico antes de la pulverización de la suspensión de óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34.

Así, en esta realización, la película de óxido 33 formada en la superficie 32A de la tubería 32 se elimina primero mediante un tratamiento de descontaminación químico. El tratamiento de descontaminación químico es un tratamiento que incluye al menos un periodo de disolución reductora o disolución oxidativa con un compuesto químico, o al menos un periodo de alternancia de la disolución reductora y disolución oxidativa anteriormente mencionadas.

A continuación, se deposita óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 sobre la superficie 32A de la tubería 34 de la que se ha eliminado la película de óxido 33 mediante el tratamiento de descontaminación químico anteriormente mencionado. Según el caso, se puede formar óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 sobre toda la superficie 32A de la tubería 32, o se puede formar de manera discreta sobre la superficie 32A mediante pulverización de una suspensión de óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34.

A continuación, una parte que tiene óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 se mantiene a 80 °C o superior en aire, vapor o agua para aumentar la compactación del óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34, y también la adhesión del óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 sobre la superficie 32A de la tubería 32.

Después de que se le suministre la sustancia que suprime la adhesión 34, la tubería 32 se usa en funcionamiento, y se pone en contacto con el agua de refrigeración caliente 35 para que se corroa, por lo que se forma una película de óxido 33 entre el óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 y la superficie 32A de la tubería 32. Además en este caso, sin embargo, se suprime la captación de la sustancia radiactiva 36 por la película de óxido 33 formada sobre la superficie 32A de la tubería 32 mediante la formación de óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 en comparación con el caso en el que está ausente la sustancia que suprime la adhesión 34.

Ahora, en la Figura 5 se muestra un resultado del ensayo de haber evaluado el efecto del óxido de titanio para suprimir la adhesión del cobalto 60. La Figura 5 muestra los resultados de un ensayo en el que piezas de ensayo de SUS316L se sumergieron en agua a 280 °C para formar una película de óxido sobre ellas, y a continuación se sumergieron en agua a 280 °C que contiene cobalto 60 durante 500 horas. Como se muestra en la Figura 5, la cantidad de cobalto 60 adherido sobre una pieza de ensayo a la que se le ha eliminado la película de óxido (denotada por D en la Figura 5) se incrementó dos veces o superior en comparación con el caso en el que se retiene la película de óxido (denotada por B en la Figura 3). No obstante, incluso en el caso de haber eliminado la película de óxido, la cantidad de cobalto 60 adherido sobre la pieza de ensayo provista de óxido de titanio (denotada por C en la Figura 3) se pudo reducir en aproximadamente 1/5 de la cantidad de una pieza de ensayo sin óxido de titanio (denotada por D en la Figura 5).

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con esta realización, la captación de sustancia radiactiva 36 (por ejemplo, cobalto 60) por una película de óxido 33 se inhibe mediante óxido de titanio como sustancia que suprime la adhesión 34 dispuesto mediante una película de óxido 33 sobre la superficie 32A de una tubería 32 que es un miembro estructural de una planta de generación de energía nuclear. Como consecuencia, se puede suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva sobre la superficie 32A de la tubería 32.

Dicho sea de paso, esta realización se ha descrito con respecto al caso en el que la película de óxido 33 se elimina de la superficie 32A de la tubería 32, y cabe esperar un efecto similar incluso si esta realización se aplica a una tubería que no contiene película de óxido desde el comienzo, como por ejemplo una tubería tratada.

[C] Segundo ejemplo comparativo (Figura 4)

El segundo ejemplo comparativo difiere del primer ejemplo comparativo y la primera realización descritos anteriormente en que el método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva se lleva a cabo en el momento de la inspección del reactor nuclear, por ejemplo, en el momento de la inspección periódica del reactor de agua en ebullición 10. Además, en este ejemplo comparativo, partes idénticas a las del primer ejemplo comparativo y la primera realización están indicadas por números idénticos y su explicación está simplificada o se omite.

Así, en este ejemplo comparativo, en el momento de la inspección periódica del reactor de agua en ebullición 10, se aplica un tratamiento de descontaminación, tal como un tratamiento de descontaminación químico, a la tubería 32 que es un miembro estructural como se ha descrito anteriormente en una planta de generación de energía nuclear, y la película de óxido 33 se elimina de la superficie 32A de la tubería 32.

A continuación, la tubería 32 a la que se le ha eliminado la película de óxido 33 se llena con agua de refrigeración 35, en la que se inyecta una suspensión de la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio. Como consecuencia, la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio se deposita y se forma sobre la superficie 32A de la tubería 32.

A continuación, la temperatura del agua de refrigeración 35 en la tubería 32 se mantiene a 80 °C-100 °C para aumentar la compactación de la sustancia que suprime la adhesión 34, en particular el óxido de titanio, y también aumentar la adhesión de la sustancia que suprime la adhesión 34 (en particular el óxido de titanio) sobre la película de óxido 33.

Además en esta realización, de forma similar a la segunda realización anterior, se forma la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio sobre la superficie 32A de la tubería 32 que es un ejemplo de un miembro estructural en una planta de generación de energía nuclear, y, debido a la sustancia que suprime la adhesión 34, incluso si la tubería 32 se usa en funcionamiento, se puede inhibir la captación de sustancia radiactiva 36 (por ejemplo, cobalto 60) por la película de óxido 33 formada sobre la superficie 32A de la tubería 32. Como consecuencia, es posible suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva 36 a las superficies de los materiales metálicos de los miembros estructurales anteriormente mencionados, tales como la superficie 32A de la tubería 32, expuestos al agua de refrigeración primaria o a su vapor de agua en el reactor de agua en ebullición 10.

[D] Tercer ejemplo comparativo (Figura 1)

El tercer ejemplo comparativo difiere del primer y segundo ejemplos comparativos y la primera realización descritos anteriormente en que el método para suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva se lleva a cabo durante el momento de inicio, parada o funcionamiento de un reactor nuclear. Además, en este ejemplo comparativo, partes idénticas a las del primer ejemplo comparativo y la primera realización comparativa están indicadas por números

idénticos y su explicación está simplificada o se omite.

5 Así, en este ejemplo comparativo, el sistema del aparato de la Figura 1 está provisto de un primer punto de inyección 37 aguas arriba de la bomba de alimentación 19 en las tuberías del sistema de suministro de agua reciclada 20, y un segundo punto de inyección 38 aguas abajo de la bomba del sistema de recirculación 24 en las tuberías del sistema de recirculación 23, un tercer punto de inyección 39 aguas abajo de la bomba del sistema de eliminación del calor residual 26 en las tuberías del sistema de eliminación del calor residual 25, y un cuarto punto de inyección 40 aguas abajo de la bomba del sistema de purificación del refrigerante 30 y el desmineralizador de filtración 31 en las tuberías del sistema de purificación del refrigerante 28, respectivamente, como se indica por dos
10 líneas de puntos y trazos. Una suspensión de la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio se inyecta desde al menos uno del primer punto de inyección 37, el segundo punto de inyección 38, el tercer punto de inyección 39 y el cuarto punto de inyección 40 descritos anteriormente por medio de una bomba de inyección (no mostrada), etc., durante el momento de inicio, parada o funcionamiento del reactor nuclear 10.

15 La sustancia que suprime la adhesión 34 inyectada se inyecta en el agua de refrigeración del sistema de agua de refrigeración primario (el sistema de suministro de agua reciclada 12, el sistema de recirculación del reactor nuclear 13, el sistema de eliminación del calor residual 14, o el sistema de purificación del refrigerante del reactor nuclear 15) en la que existe un punto seleccionado de los puntos de inyección 37-40, hasta alcanzar todos los sistemas de agua de refrigeración primarios que incluyen el reactor de agua en ebullición 10 junto con el agua de refrigeración, y
20 provoca que se adhiera y se deposite sobre la superficie 32A de esos miembros estructurales, tales como la tubería 32, directamente o mediante la película de óxido 33. En el sistema de agua de refrigeración primario, la temperatura del agua de refrigeración se controla a 100 °C-200 °C, de forma que se mejora la compactación de la sustancia que suprime la adhesión 34 dispuesta sobre la superficie 32A de la tubería 32 directamente o mediante la película de óxido 33, y se mejora la adhesión a la superficie 32A o a la película de óxido 33 de la tubería 32.

25 La sustancia que suprime la adhesión 34 se forma directamente sobre la superficie 32A de la tubería 32, en el caso en el que la tubería 32 es una tubería tratada o la película de óxido 33 se ha eliminado por descontaminación de la superficie 32A de la tubería 32.

30 Además, en este ejemplo comparativo, de manera similar al primer ejemplo comparativo y la primera realización anteriores, se forma la sustancia que suprime la adhesión 34 que contiene óxido de titanio sobre la superficie 32A de la tubería 32, que es un ejemplo de un miembro estructural en una planta de generación de energía nuclear, y que debido a la sustancia que suprime la adhesión 34, se puede inhibir la captación de sustancia radiactiva 36 (por ejemplo, cobalto 60) por la película de óxido 33 formada sobre la superficie 32A de la tubería 32. Como
35 consecuencia, es posible suprimir la adhesión de la sustancia radiactiva 36 a las superficies de los materiales metálicos de los miembros estructurales anteriormente mencionados, tales como la superficie 32A de la tubería 32.

Dicho sea de paso, aunque en la realización de la presente invención anterior se ha descrito un ejemplo de aplicación a un reactor de agua en ebullición (BWR) equipado con un sistema de recirculación externo fuera de un reactor nuclear, la presente invención también se puede aplicar a un reactor de agua en ebullición mejorado (ABWR) equipado con un sistema de recirculación interno dentro del reactor, y también se puede aplicar a un reactor de agua presurizada (PWR) con un reactor de agua ligera. En un reactor de agua presurizada, el recipiente de presión del reactor es reemplazado por un recipiente del reactor, y en el recipiente del reactor están dispuestos una estructura dentro del reactor, un recipiente central, un grupo de barras de control, etc.
40
45

REIVINDICACIONES

1. Un método para suprimir la adhesión de una sustancia radiactiva (36), que comprende:

5 la eliminación de una película de óxido (33) formada sobre una superficie (32A) de un material metálico que
forma un miembro estructural de una planta nuclear, mediante un tratamiento de descontaminación químico,
a continuación el depósito de óxido de titanio como sustancia (34) para suprimir la adhesión de la sustancia
radiactiva (36) directamente sobre la superficie (32A) de un material metálico que forma un miembro estructural
de una planta nuclear, mediante la pulverización de un líquido en suspensión del óxido de titanio sobre la
10 superficie (32A) del material metálico, y
a continuación el mantenimiento del óxido de titanio a 80 °C o superior.

2. El método de supresión de la adhesión de la sustancia radiactiva de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la
película de óxido (33) se elimina químicamente mediante disolución reductora o disolución oxidativa, o alternando la
15 disolución reductora y la disolución oxidativa.

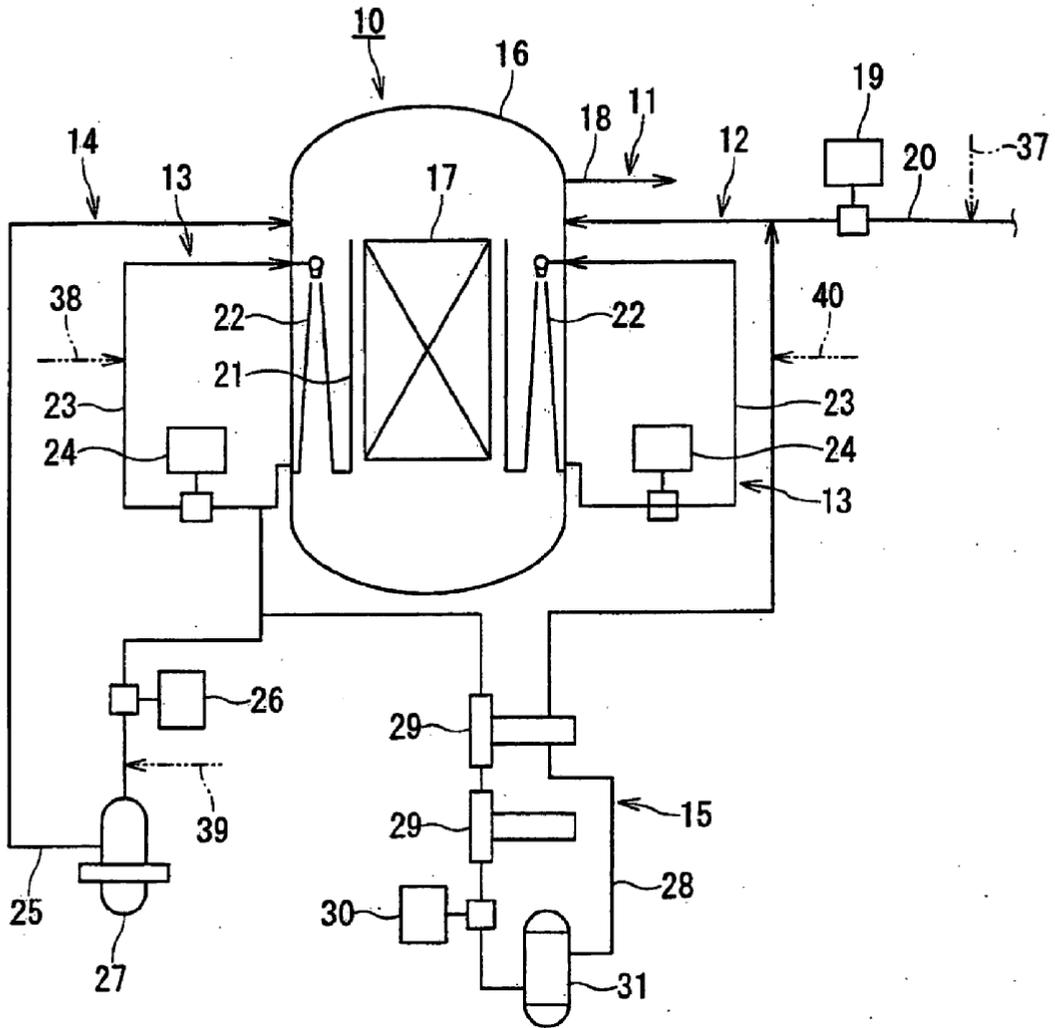


FIG. 1

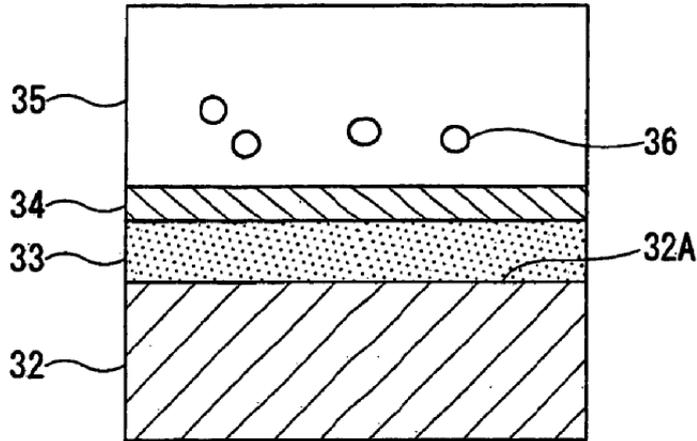


FIG. 2

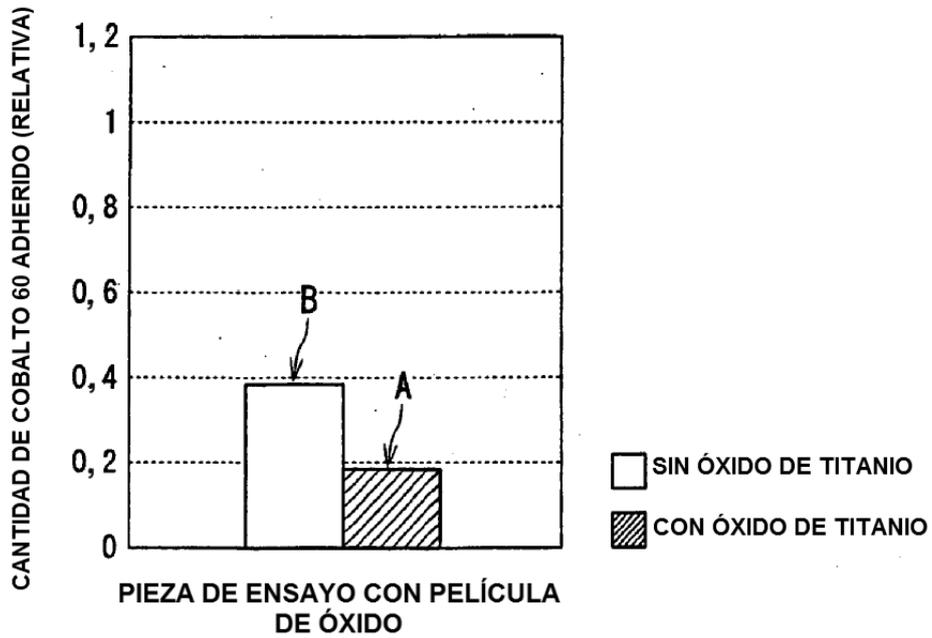


FIG. 3

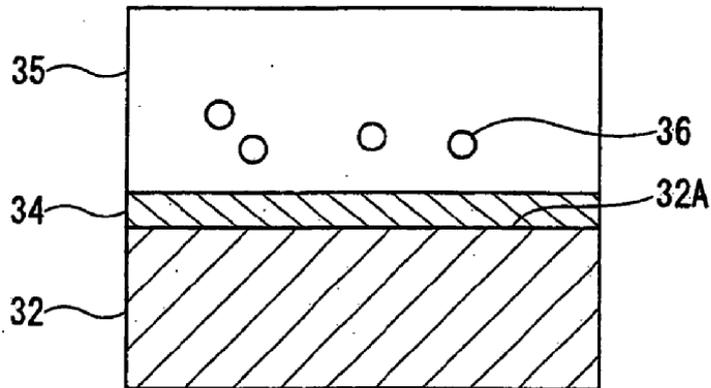


FIG. 4

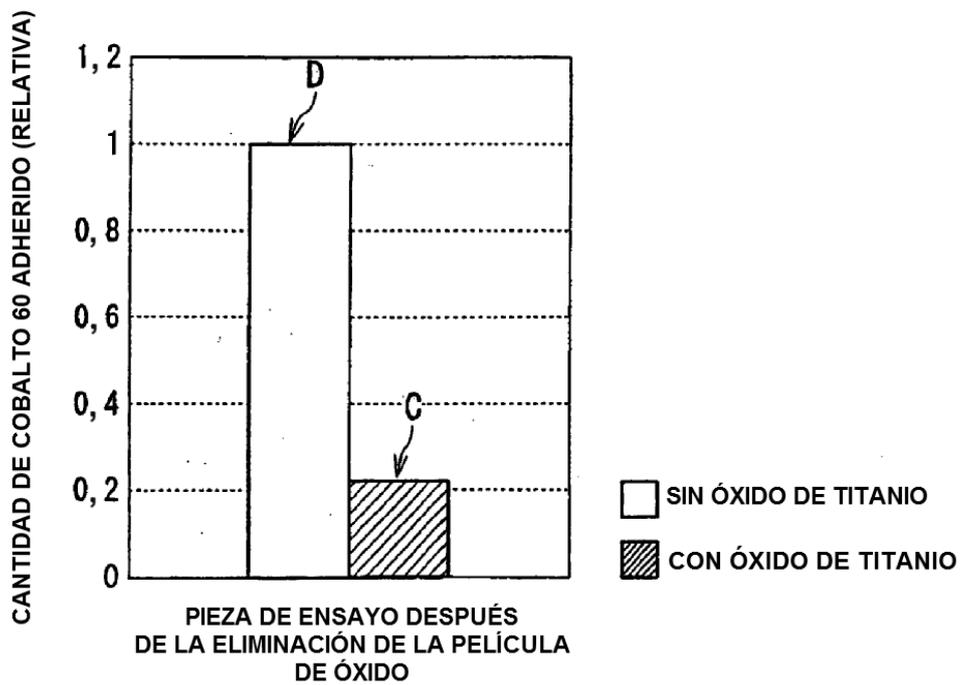


FIG. 5