

PATENTE DE INVENCION

B. 1359.3.

3 02 674

Memoria Descriptiva

sobre:

" Instalación de producción de energía "

Solicitante:

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,
entidad francesa, residente en 29,
rue de la Fédération, PARIS XV^e,
(Seine), Francia.

✓

5.

Este invento se refiere a las instalaciones de producción de energía del tipo que comprende un reactor nuclear heterógeno, y un cambiador de calor alojados en un mismo recinto llamado "cajón" y separados unos de otros por una

30267E

-2-

pantalla de protección contra las irradiaciones.

- En las instalaciones de este tipo actualmente en proyecto, se utilizan reactores moderados con grafito y refrigerados por circulación de gas carbónico circulando este último verticalmente de arriba hacia abajo, sucesivamente a través del reactor y el cambiador y luego, de abajo hacia arriba entre el cambiador, luego el reactor y después el recinto; esta disposición tiene el interés de no poner el recinto en contacto con el gas carbónico refrigerante más que cuando éste se encuentra a su temperatura más baja. Esta (del orden de 250° por lo menos) permanece sin embargo demasiado elevada para un contacto directo aceptable, especialmente si el cajón es de hormigón precontruido. Resulta pues necesario prever un calorífugado importante y un circuito anexo de conservación del cajón a baja temperatura. Este calorífugado y este circuito anexo son de realización complicada y en caso de defectos, su reparación es extremadamente difícil.
- Para resolver este problema, este invento propone una instalación de producción de energía que comprende un reactor nuclear y un cambiador de calor separados por una pantalla de protección contra las irradiaciones, y dispuestos en el mismo cajón principal de resistencia a la presión del fluido refrigerante del reactor, en la que el reactor y el cambiador están contenidos en un cajón o cámara secundaria que limita con el cajón
- 5.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

302674

-3-

- principal una zona anular y comprende una doble pared lateral que limita un espacio anular y se disponen medios para hacer circular fluido refrigerante a temperatura inferior a la del fluido que sale del cambiador, por la zona anular comprendida entre los dos cajones o recintos.
- 5.

- Quando el reactor y el cambiador por ejemplo están superpuestos verticalmente en el cajón, se plantea otro problema. La transmisión del peso del elemento superior (reactor en general) al cajón principal, es delicada a causa de los pesos y dimensiones considerables en juego, así como de las condiciones de temperatura y de presión que en general son poco favorables para el buen comportamiento mecánico de los materiales.
- 10.
- 15.

- En el caso general, está desde luego excluido el disponer directamente (salvo la protección radiológica) uno sobre otro los dos elementos en el cajón; en efecto, ya se trate del reactor o de los cambiadores, la estructura habitual de estos elementos no les permite encajar los esfuerzos mecánicos que una disposición de esta naturaleza impondría. Cuando el cambiador está situado en la parte inferior, podría concebirse el disponer uno o más pilares de sostén atravesándolo, y transmitiendo el peso del reactor al fondo del cajón; desgraciadamente se tropieza entonces con problemas de aislamiento térmico complejo, y además es preciso idear cambiadores adaptados para esta disposición especial.
- 20.
- 25.
- 30.

- La solución más corrientemente prevista hasta hoy, consiste en disponer en las paredes internas del cajón o recinto, un determinado número de estantes en los que se apoya un suelo rígido destinado a servir de "piso" para el elemento superior.
5. Muy a menudo, este piso está ideado para servir al mismo tiempo de protección contra las irradiaciones, y comporta por tanto un espesor conveniente de materia opaca a las irradiaciones, tal como el hormigón o el grafito.
10. Los estantes o apoyos y por consiguiente las partes laterales del cajón o cámara, han de encajar el peso del elemento superior, sin mencionar el del suelo o soporte.

- Los soportes que han de ser generalmente bastante voluminosos, tienen también el inconveniente de reducir localmente la sección de paso ofrecido al fluido del circuito principal de enfriamiento, lo cual, por una parte, introduce pérdidas de carga suplementarias y, por otra, complica la realización de este circuito.
- 15.
- 20.

- Este invento propone también una solución a este problema; de acuerdo con un tipo de construcción del mismo, el cajón secundario se apoya en el fondo inferior del cajón principal, y transmite al fondo citado el peso del reactor y del cambiador.
- 25.

- Haciendo referencia a las figs. 1 a 4 adjuntas, van a describirse a continuación, a título no limitativo distintos ejemplos de aplicación práctica de la instalación de producción de
- 30.

302674

-5-

energía que constituye el objeto de este invento.

5. En las figuras solo se han representado los elementos necesarios para la comprensión de este invento; los elementos correspondientes de estas figuras llevan referencias idénticas.

En los dibujos, la fig. 1 representa muy esquemáticamente una instalación de acuerdo con este invento, en corte por su eje.

10. Las figs. 2 a 4, análogas a la fig. 1, representan esquemáticamente tres variables posibles de esta instalación.

15. La instalación representada en la figura 1, se refiere a un reactor nuclear 2, enfriado por gas carbónico sometido a presión, y un cambiador de calor 4, situados en el interior de un mismo cajón o cámara principal estanco 6. Este cajón o recinto principal, que ha de resistir a la presión del fluido de refrigeración (alrededor de 30 bares), puede estar construido ventajosamente de hormigón
20. precontraído, revestido interiormente por una capa metálica 8 de pequeño espesor, destinada a asegurar la estanqueidad.

25. En el interior del cuerpo principal 6 y por encima del reactor 2 se dispone una cámara separada del resto del recinto, por una pantalla 12 de protección contra las irradiaciones y mantenida a una ligera sobrepresión con respecto a la atmósfera del reactor. Esta cámara o desván 10 está destinada a recibir los aparatos 14 de manutención del
30. combustible que, por el hecho de la sobrepresión ja-

302674

-6-

más están en contacto con fluido que proceda directamente del reactor.

5. En el interior del cajón principal 6 se deposita un segundo cajón 16 llamado "cajón secundario" que se apoya sobre el fondo inferior 18 del cajón principal, a través de postes de sostén 20.

10. Este cajón secundario 16 sostiene una primera virola cilíndrica 22 acoplada a un fondo 24, en el interior de la cual se disponen el reactor 2 y el cambiador 4 limitado esquemáticamente por un cuadro de trazos mixtos. El cambiador 4 descansa sobre el fondo 24 a través de postes de sostén tales como 26. En cuanto al reactor, 15. descansa sobre un piso rígido 28 ideado para desempeñar al mismo tiempo la misión de pantalla contra las irradiaciones, que se apoya sobre los soportes tales como 30, solidarios de la virola o cilindro 32.

20. Una segunda virola cilíndrica 32 también acoplada al fondo 24, coaxial a la primera y que la rodea, constituye la pared lateral externa del cajón secundario 16. Esta virola 32 está coronada por una capa 34 que obtura el cajón 16 en su 25. parte superior.

30. La pantalla 12 de separación del desván 10 y del resto del recinto, descansa sobre la parte periférica de la cubierta 34; así, su peso y los esfuerzos verticales que sostiene, se transmiten directamente a las virolas 22 y 32 por media-

302674

-7-

ción de soportes de rodillos tales como 36.

5. Un espacio 37 se dispone entre la cara inferior de la pantalla 12 y la cara superior de la tapa 34 para facilitar la refrigeración; los tubos de carga 38 atraviesan la pantalla 12 y contienen prolongaciones 40 que se enchufan en orificios de la tapa 34. Los tubos de carga 38 y sus prolongaciones 40 se obturan normalmente por una serie de tapones superpuestos tales como 42, cuya estanqueidad en los tubos 39 no es preciso que sea perfecta, ya que las fugas eventuales solo pueden producirse del desván 10 hacia el resto del recinto y no son molestas ni peligrosas.
- 10.
15. Todas las partes del cajón secundario 16, o sea el fondo 24, las dos virolas 22 y 32 y la tapa 34, pueden construirse de acero de espesor relativamente reducido ya que, como más adelante se observará, el cajón 16 no habrá de resistir más que a diferencias muy pequeñas de presión; pero el cajón 16, ha de transmitir los esfuerzos verticales elevados, y pueden arriostarse las virolas 22 y 32 según determinadas generatrices de las mismas, para mejorar la resistencia mecánica y la rigidez del cajón.
- 20.
25. El gas carbónico del circuito principal de enfriamiento, circula siguiendo el trayecto indicado por las flechas F 1.
30. El gas penetra en la parte superior del centro del reactor 2, a una temperatura de unos

302674

-8-

250°C por ejemplo. Se calienta en contacto con los elementos combustibles recorriendo en el sentido descendente canales en los que están dispuestos estos elementos, y sale por la parte inferior del reactor, a una temperatura del orden de 450°C por ejemplo. El gas atraviesa a continuación el suelo 28, que para este fin contiene un gran número de canales dispuestos en zigzag (no representados), penetra en la cámara ocupada por el cambiador 4 y desciende a lo largo de los tubos 44 del cambiador, cediendo su calor al fluido secundario que circula por estos últimos.

El fluido secundario (generalmente agua) recorre el circuito indicado por las flechas de trazos F 2; este fluido entra en la parte inferior de los tubos 44 en forma líquida, y sale por la parte superior de los mismos en forma de vapor pasando a un colector "caliente" 46, desde el cual dicho vapor pasa a una canalización 48 que atraviesa los dos cajones 6 y 16, y luego a una turbina de alta presión 50 que arrastra, por ejemplo, un alternador 52. A la salida de la turbina 50, el vapor se condensa en 54 y el agua se conduce inmediatamente, por una canalización 56 provista de bombas 58 y que atraviesa también los dos cajones 6 y 16, a un colector "frío" 60 que alimenta la parte inferior de los tubos 44.

A su salida del cambiador 4, el gas carbónico cuya temperatura es nuevamente de unos 250°C, utiliza canalizaciones tales como 62 y 62' que,

302674

-9-

- por medio de soplantes tales como 54 y 64' lo mandan de nuevo al interior de la virola 22 hacia el espacio anular 66 comprendido entre las dos virolas 22 y 32. Inmediatamente, el gas sube en este espacio anular 66 hasta el vértice del cajón 16 en el que, merced a aberturas 68 practicadas en la virola 22 a este nivel, retorna a la parte superior del centro del reactor 2.

- El cajón secundario 16 está recubierto por un material calorífugo, no representado, para aislar térmicamente el gas carbónico del circuito principal de refrigeración. Con objeto de que las dos virolas 22 y 32 permanezcan a la temperatura del fluido menos caliente en el que se bañan, la virola interna 22 está calorifugada interiormente, y la virola 32 lo está por su parte exterior.

- Las dimensiones y la disposición del cajón secundario 16 son tales que entre los dos cajones 6 y 16 subsiste:

- 20. - una zona anular A entre las paredes laterales fronterizas de los cajones;
- una zona sensiblemente cilíndrica B entre los fondos inferiores respectivos 18 y 24 de los cajones 6 y 16, zona en la que se encuentran los postes 20 de sostén del cajón 16;
- 25. - una zona sensiblemente cilíndrica entre la cubierta 34 del cajón 16 y el plafón o techo 70 del cajón 6, zona fraccionada por la pantalla 12 en una cámara cilíndrica de pequeño espesor C
- 30. comprendida entre la tapa 34 y la pantalla de

protección 12 y en una segunda zona constituida por el desván 10.

5. Como se indica a continuación, la existencia de estas distintas zonas permite constituir un circuito cerrado de refrigeración auxiliar, destinado a mantener una temperatura relativamente baja, por ejemplo de 60°C, cerca de las paredes internas del cajón 6 y en el desván 10.

10. El circuito auxiliar representado está destinado a ser recorrido de acuerdo con el trayecto indicado por las flechas f, por gas carbónico a 60°C y a una presión ligeramente superior a la del gas del circuito principal.

15. El circuito comprende, sucesivamente, una soplante de circulación 72, dos canalizaciones 74 y 76 alimentadas por la soplante y que introducen, respectivamente, el gas en la zona B y en el desván 10.

20. De la zona B donde enfría el fondo 18 del cajón principal 6, el gas asciende a lo largo de la zona A donde se calienta, enfriando las paredes laterales del cajón 6. En la parte superior de la zona A el gas vuelve a salir por una canalización 78, se enfría por un cambiador 80 y se recoge finalmente por la soplanta 72.
- 25.

30. Del desván 10, el gas atraviesa la pantalla 12 por los tubos 38; una junta anular elástica 82 impide en efecto el paso directo del gas entre las paredes laterales fronterizas de la pantalla 12 y del cajón 6, mientras que las ranu-

302674

-11-

- ras de fuga (no representadas) dispuestas en los tapones 42, permiten que el gas circule a los tubos 38 con un caudal o gasto conveniente asegurando así la refrigeración de estos tubos. El gas llega inmediatamente a la zona C por aberturas dispuestas en las prolongaciones 40 de los tubos 38, mientras que un tapón final 81, no ranurado, obtura la parte de la prolongación 40 que penetra en el orificio de la tapa 34, para limitar las fugas o pasos hacia el circuito primario. Desde la zona C en donde enfría principalmente la cara inferior de la pantalla, el gas carbónico procedente del desván, llega a la parte superior de la zona A en donde se reúne con el procedente de la zona B.
5. El conjunto del gas se escapa entonces del cajón 16 por la canalización 78, hacia el cambiador 80 donde se enfría.
10. Dado que el circuito auxiliar está en una ligera sobrepresión con respecto al circuito principal de enfriamiento, y que se admiten fugas a condición de que sean del circuito auxiliar hacia el circuito principal, no es necesario disponer entre estos dos circuitos una estanqueidad absoluta; las fugas se aumentan desde luego durante las operaciones de carga de un canal, ya que en este caso uno de los tubos 38 y su prolongación, están abiertos.
15. Como, por otra parte, es necesario agotar continuamente una parte del gas del circuito principal de enfriamiento, puede resultar venta-
- 20.
- 25.
- 30.

joso, para compensar las fugas anteriores in-
yectar en el circuito secundario el gas agotado
procedente del circuito principal. Para este ob-
jeto, se dispone, por ejemplo, una canalización 84
5. que extrae una parte del gas que sale de la so-
plante 64 del circuito principal (a 250°C por tan-
to), que conduce este gas a un cambiador 86 que
lo coloca nuevamente a 60°C, y luego a un regene-
rador 88; este gas se inyecta a continuación en el
10. circuito secundario, cerca de la entrada de la so-
planta 72.

El tipo de construcción de la fig. 2,
en el que los órganos correspondientes a los de la
fig. 1 tienen la misma cifra de referencia, contie-
ne un circuito auxiliar distinto; el gas saliente
de la soplante 72 no se inyecta más que en la zona
B; asciende luego a lo largo de la zona A hasta lle-
gar al desván 10 (la junta anular elástica de es-
tanqueidad 82 no está ya situada entre la pantalla
15. 12 y el cajón 6, sino entre la pantalla 12 y el
vértice del cajón secundario 16). El gas atraviesa
inmediatamente 12 por los tubos 38, barre la zona
C y se elimina por la canalización 78 que en este
caso no está acoplada más que con esta zona C. El
20. trayecto del fluido en el circuito auxiliar se ha
representado en la fig. 2 por la flecha f2.

De acuerdo con otra modificación re-
presentada en la fig. 3 en la que los órganos co-
rrespondientes a los de la fig. 1 llevan la misma
cifra de referencia, el gas que sale de la soplan-
30. .

302674

-13-

te 72 se inyecta también, solamente, en la zona B, pero su trayecto en el interior del cajón principal es algo distinto del paso anterior. Como en el caso de la fig. 1, la junta anular flexible 82 está dispuesta entre la pantalla 12 y el cajón principal 6 pero la canalización 78 está en combinación con el desván 10; por este hecho, el gas asciende a lo largo de la zona A, pasa a la zona C, atraviesa la pantalla 12 de abajo hacia arriba, barra el desván 10 y vuelve a salir finalmente por la canalización 78 en la que se enfría en el cambiador 10 y se manda de nuevo a la soplante 72. Las flechas f_3 indican el trayecto del fluido secundario en la fig. 3.

En el cuadro de esta misma variante, es igualmente posible hacer circular el gas al interior del cajón principal 6, de acuerdo con un trayecto idéntico, pero en sentido contrario al del caso anterior.

En la variante representada en la figura 4, todo el gas del circuito auxiliar se evacua al circuito principal de refrigeración en forma de fugas provocadas; el gas secundario se inyecta en la zona B, y asciende enseguida a lo largo de la zona A hasta el desván 10 (la junta anular elástica 82 está situada entre la pantalla 12 y el vértice del cajón secundario 16). Desde allí el gas pasa a los tubos de carga 38 por las ranuras de los tapones llega a la zona C por las aberturas practicadas en las prolongaciones 40. En esta variante especial, el tapón que obtura la parte de prolongación 40 que

penetra en la cubierta, se ranura también de tal modo que el gas situado en la zona C puede entonces escapar hacia el interior del cajón secundario 16 por este paso.

5. Se observa que en esta última variante, todo el gas del circuito auxiliar (cuyo trayecto se representa por las flechas f_4) está constituido por gas del circuito principal enfriado y regenerado. Una disposición de esta naturaleza ofrece la
10. ventaja de simplificar la construcción de los circuitos, pero tiene sin embargo el inconveniente de disminuir el rendimiento del reactor, al enviar a la depuración más gas del necesario.
15. Como puede deducirse de la descripción anterior, este invento ofrece numerosas ventajas con respecto a las disposiciones conocidas. Entre ellas pueden citarse especialmente.
- los pesos de todos los elementos contenidos en el cajón principal, se comunican al fondo inferior de este último; las paredes laterales y el fondo superior de este cajón no tienen que resistir más que los esfuerzos debidos a la presión del gas de enfriamiento;
 - simplificación en la construcción del cajón principal;
- 20.
- simplificación en la confección de la puesta en su sitio del revestimiento de estanqueidad (en el caso de un cajón principal de cemento precontraído);
 - supresión del circuito auxiliar de enfriamiento de
- 25.
- la pared interna del cajón principal circuito cu-
- 30.

- yo montaje es generalmente complicado y de eficacia irregular (este circuito se presenta corrientemente en forma de conductos tipo serpiente acoplados exteriormente al revestimiento de estanqueidad de un cajón de hormigón precontraído);
5. - fijación del calorífugo sobre el cajón secundario y no sobre la pared interna del cajón principal (cuando éste es de hormigón precontraído o de un acero que exija protección térmica); esto simplifica la puesta en práctica del aislamiento térmico y suprime en el cajón principal, el riesgo de puntos calientes, debidos bien a irregularidades del calorífugo, o bien a deterioros locales del mismo;
10. - seguridad absoluta en caso de fuga a través del cajón principal; el fluido de fuga procede necesariamente del circuito auxiliar no contaminado.
15. Claro está que este invento no se limita a los tipos de construcción descritos y representados que solo se han facilitado a título de ejemplo y pueden constituir el objeto de distintas variantes sin separarse del cuadro del invento. Este invento se amplía especialmente a las instalaciones que no contienen en un mismo cajón bajo presión, más que el reactor y el cambiador o el reactor y el dispositivo de carga, por ejemplo; la combinación de los tres elementos se ha citado solo a título preferido ya que es en este caso cuando el inven-
- 20.
- 25.
- 30.

to parece procurar las ventajas más conecuentes.

N O T A

- Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento se refiere a una Solicitud de Patente presentada en Francia con fecha 1 de agosto de 1.963, nº PV.943.490 acogiéndose, por lo tanto, a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España: "INSTALACION DE PRODUCCION DE ENERGIA"; caracterizandose por lo siguiente:
- 1ª - Instalación de producción de energía, caracterizado porque comprende un reactor nuclear y un cambiador de calor, separados por una pantalla de protección contra las irradiaciones y dispuestos en el mismo cajón de resistencia a la presión del fluido refrigerante del reactor, en la que el reactor y el cambiador están contenidos en un cajón secundario que limita, con el cajón principal, una zona anular y comprende una doble pared lateral que limita un espacio anular y se disponen medios para hacer circular fluido refrigerante a temperatura inferior a la del fluido que sale del cambiador, en la zona anular entre los dos cajones.

302674

-17-

5. 2ª - Instalación según reivindicación 1ª, caracterizados porque el fluido refrigerante del reactor, circula en un circuito principal; que comprende, sucesivamente, el reactor, el cambiador en el interior y el espacio anular limitado por la doble pared.

10. 3ª - Instalación según reivindicación 1ª, caracterizado porque el cajón secundario se apoya en el fondo inferior del cajón principal y transmite a dicho fondo el peso del reactor y del cambiador.

15. 4ª - Instalación según reivindicación 3ª, caracterizado porque el reactor está sostenido por la pantalla que descansa sobre medios dispuestos a este efecto en el cajón secundario, por encima del cambiador.

20. 5ª - Instalación, según reivindicación 1ª, 2ª, 3ª o 4ª, caracterizado porque se disponen un desván ocupado por un dispositivo de recarga de combustible del reactor, en el cajón principal y separado del cajón secundario por una pantalla de protección contra las irradiaciones.

25. 6ª - Instalación según reivindicación 5ª, caracterizado porque la presión en el desván es ligeramente superior a la reinante en el cajón secundario.

30. 7ª - Instalación según reivindicación 5ª o 6ª, caracterizado porque dichos medios de circulación del fluido a baja temperatura comprenden dos bucles en paralelo que contienen, uno

302674

-18-

por la zona anular entre los dos cajones, y el otro el desván.

5. 8ª - Instalación de producción de energía, tal y como queda substancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

Esta Memoria consta de dieciocho nojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 31 JUL 1964

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE,