

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

19 ES	11 NUMERO	10 A1
	21 466.136	
	122 FECHA DE PRESENTACION	
	20 ENERO 1978	

PATENTE DE INVENCION

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
794.508	6 mayo 1977	U.S.A.
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G21C	---
64 TITULO DE LA INVENCION		
"Perfeccionamientos en los grupos de búsqueda ultrasónicos para encontrar elementos combustibles defectuosos"		
71 SOLICITANTE (S)		
THE BABCOCK & WILCOX COMPANY		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
161 East 42nd Street, New York, N.Y. 10017, U.S.A.		
72 INVENTOR (ES)		
William E. Lawrie		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
M. Curell Suñol		

Case 4190 B&W
EX-US-II

BAD ORIGINAL

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

por VEINTE años

5. solicitada en España a favor de THE BABCOCK & WILCOX COMPANY, de nacionalidad norteamericana, domiciliada en 161 East 42nd Street, New York, N.Y. 10017, U.S.A., por "Perfeccionamientos en los grupos de búsqueda ultrasónicos para encontrar elementos combustibles defectuosos", con prioridad de la solicitud norteamericana 794.508 de fecha 6 Mayo 1977. - - - -

MEMORIA DESCRIPTIVA

10. ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

Esta invención se refiere, en particular, a un aparato para encontrar elementos combustibles defectuosos. - - -

2. Descripción de la técnica anterior

15. En los reactores heterogéneos enfriados por agua, una multiplicidad de elementos combustibles alargados y tubos de guía de elementos de control están dispuestos, en una disposición estrechamente espaciada, en una estructura

unificada denominada conjunto de elementos combustibles. La parte activa del reactor suele comprender una colonia de conjuntos de elementos combustibles dispuestos verticalmente. -

5. Cada uno de los elementos combustibles alargados, que están denominados alternativamente varillas, tubos o clavos de combustible, contienen combustible nuclear encapsulado por un revestimiento delgado, taponado por sus extremos, que impide la erosión del combustible y la liberación de productos de fisión en el enfriador del reactor. El aluminio o sus aleaciones, los aceros inoxidable y el circonio son materiales típicos de revestimiento. - - - - -
- 10.

15. Se proporcionan cámaras de pleno y holguras dentro de los elementos combustibles para alejar al gas de producto de fisión liberado del combustible, la dilatación térmica diferencial entre el revestimiento y el combustible y los cambios de densidad del combustible durante su agotamiento. Las cámaras de pleno están situadas por lo general en los extremos del elemento combustible y contienen resortes de pleno que mantienen el combustible nuclear en una relación fija.
20. En algunos casos, los elementos combustibles están presurizados inicialmente con un gas, típicamente el helio, para reducir al máximo el flujo del revestimiento durante períodos prolongados de funcionamiento a elevadas presiones del sistema enfriador del reactor. - - - - -

25. El revestimiento del elemento combustible está di-

señado para resistir los efectos del ambiente de servicio del reactor incluidos los que se deben a la hidráulica del enfriador, la temperatura y presión del reactor, la presión del gas de fisión, la dilatación del combustible y el crecimiento por irradiación. No obstante, puede esperarse que tengan lugar algunos defectos de revestimiento que permitan el escape de los productos de fisión radioactivos en el enfriador fluido o moderador durante la vida útil del reactor. Si bien los sistemas de depuración están diseñados para eliminar la cantidad máxima de radioactividad que se espera tenga lugar debido a defectos de revestimiento, puede ser deseable o necesario detectar y substituir elementos combustibles defectuosos o "averiados". Por lo tanto es importante tener medio fiables para encontrar elementos combustibles defectuosos. - - - - -

15. Por una parte, el encontrar un elemento combustible defectuoso dentro de un conjunto de elementos combustibles es extremadamente difícil dado que el conjunto es radioactivo y puede contener centenares de elementos combustibles y tubos de guía en estrecha contigüidad. Por otra parte, el desmontaje y nuevo montaje de conjuntos de combustible irradiados es laborioso y de por sí, puede dar como resultado el daño de los elementos combustibles. - - - - -

25. En los reactores que utilizan enfriadores líquidos, se ha propuesto cierto número de dispositivos y técnicas para encontrar elementos defectuosos individuales dentro del conjunto de elementos combustibles basados en la detección y

análisis de vibración, diferencias de temperatura o fenóme-
nos ultrasónicos. - - - - -

Estos dispositivos y técnicas de detección de la
técnica anterior dependen, por lo general, de al menos un
5. desmontaje parcial del conjunto de elementos combustibles.
Además, en la técnica anterior, se ha dependido enormemente
de la dinámica de cambios termodinámicos de estado del fluido
que ha penetrado en el elemento combustible defectuoso, típi-
camente su ebullición o condensación o ambas cosas. - - - -

10. Para facilitar la indicación de la posición de ele-
mentos combustibles averiados dentro de un conjunto de elemen-
tos combustibles, se ha deseado el desarrollo de un método y
aparato fiables que no requieran ni el desmontaje del conjun-
to de elementos combustibles ni dependan de la ebullición o
15. condensación de fluido dentro de los elementos combustibles.

RESUMEN DE LA INVENCION

Según la presente invención, en un conjunto de ele-
mentos combustibles del tipo arriba descrito, se proporciona
un aparato para detectar elementos combustibles defectuosos.

20. Se introduce un grupo de búsqueda ultrasónico, he-
cho de acuerdo con la invención, en el espacio entre los com-
ponentes del conjunto de elementos combustibles. El espacio
más pequeño entre los componentes del conjunto de elementos
combustibles en el que debe introducirse el conjunto trans-

ductor es del orden de unos 2 milímetros. En este respecto, el grupo de búsqueda está constituido por un elemento transductor soportado por un portador que es capaz de atravesar el espacio limitado. El transductor está alineado con la cámara de plano inferior del elemento combustible que se ha de ensayar. - - - - -

Se sabe que ultrasonidos en la gama de frecuencias de megahertz del orden de 5 a 15 megahertz se propagan fácilmente a través del agua. En comparación, a frecuencias dentro de esta gama de megahertz, la atenuación de los ultrasonidos es elevada en aire o en otros gases. Un impulso ultrasonico, a una frecuencia de unos cuantos megahertz, se introduce transversalmente en la pared del elemento combustible. Si el elemento combustible no es defectuoso, entonces habrá sólo gas en la cámara de plano inferior. El elevado coeficiente de reflexión en la interfaz integral metal-gas impedirá una propagación significativa del impulso más allá de la superficie interior del revestimiento. Si, en contraste, el elemento combustible ha fallado de modo que la cámara de plano interior contiene agua, el coeficiente de reflexión de la interior del revestimiento estará por debajo del coeficiente producido por una interfaz metal-gas. Así, partes significantes del impulso se propagarán a través del agua a la pared opuesta, se reflejarán y volverán al transductor. La detección del reflejo de la pared opuesta indica que agua ha penetrado en el elemento combustible. - - - - -

Los distintos aspectos de novedad que caracterizan la invención se señalan de modo particular en las reivindicaciones anexas a esta memoria y que forman parte de la misma. Para una mayor comprensión de la invención, sus ventajas funcionales y sus objetos específicos logrados por su uso, debe hacerse referencia a los planos anexos y materia descriptiva en los que se ilustra y se describe una realización preferida de la invención. - - - - -

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

10. En los planos anexos, que forman parte de esta memoria, y en los que las referencias indicadas en los dibujos señalan partes análogas o correspondientes en todos los dibujos, - - - - -

15. la Figura 1 es una vista frontal de un aparato de acuerdo con la invención; - - - - -

la Figura 2 es una vista inferior, parcialmente rota, del aparato ilustrado en la Figura 1; - - - - -

20. la Figura 3 es una representación esquemática, utilizando el aparato ilustrado en la Figura 1, que ilustra el eco de un impulso radial de ultrasonidos en un elemento combustible lleno de gas; - - - - -

la Figura 4 es un oscilograma del impulso y del eco que caracterizan la respuesta del elemento combustible

lleno de gas de la Figura 3; - - - - -

5. la Figura 5 es una representación esquemática, utilizando el aparato ilustrado en la Figura 1, que ilustra el eco de un impulso radial de ultrasonidos en un elemento combustible defectuoso lleno de agua; - - - - -

la Figura 6 es un oscilograma del impulso y eco que caracterizan la respuesta del elemento combustible lleno de agua de la Figura 5; y - - - - -

10. la Figura 7 es un oscilograma del impulso y eco que caracterizan la respuesta de un elemento combustible lleno de agua y dotado de un resorte de cámara de pleno inferior, (en las gráficas de las Figuras 4, 6 y 7 se da la amplitud en ordenadas y el tiempo en microsegundos en abscisas). - -

DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

15. La Figura 1 ilustra un grupo de búsqueda ultrasónico 20. El grupo de búsqueda 20 incluye un elemento transductor ultrasónico 21 y un portador laminar 22 que, tal como se ve mejor en la Figura 2, tiene caras mutuamente opuestas 23, 24 y una abertura en la que el elemento transductor 21 está montado de modo apropiado. - - - - -

20. El elemento transductor 21, que es un elemento cerámico ferroeléctrico polarizado con un electrodo depositado o aplicado al fuego en dos de sus superficies, está alineado

dentro de la abertura de modo que una superficie 25 está a ras de la cara 23 del portador laminar 22. La superficie opuesta del elemento transductor está rebajada dentro de la abertura y está recubierta por un material 26 amortiguador de sonidos. Un material aislante 30 de desacople está colocado entre el perímetro de la abertura y las superficies opuestas respectivas del elemento 21. El elemento 21 está fijado dentro de la abertura por un pagamento eléctricamente no conductor 31. La superficie 25 del elemento transductor 21 que está a ras de la superficie 23 del portador laminar está puesto a masa en el portador. La puesta a masa se logra soldando por puntos varios conductores 32 o por otros medios apropiados. - - - - -

El material 30 de desacople está dispuesto entre el elemento transductor y el portador para reducir al máximo el acople ultrasónico entre los mismos. - - - - -

Un cable coaxial 33, que tiene un conducto interior 34 y un conducto exterior 35 está unido a un borde 36 del portador laminar. El conductor interior 34 está unido al elemento transductor 21. El conductor exterior 35 está unido al portador laminar 22. - - - - -

El grupo de búsqueda 20 debe ser capaz de circular libremente en el espacio limitado entre los elementos combustibles o entre un elemento combustible y un tubo de guía de elemento de control de un conjunto de combustible que pueden

5. tener un espacio de tan solo dos milímetros entre sí. Por lo tanto, el grupo de búsqueda 20, así como sus componentes individuales, deben escogerse para satisfacer exigencias dimensionales específicas sin comprometer las características ultrasonicas necesarias para aplicar los principios de la técnica de detección. - - - - -

10. Un ejemplo específico de un grupo de búsqueda construido de acuerdo con los principios de la invención incluye un elemento transductor fabricado a partir de titanato-circonato de plomo, que mide aproximadamente 2,5 milímetros de ancho, 12,5 milímetros de largo y 0,3 milímetros de espesor, montado en un portador de aluminio. El elemento transductor está aislado del perímetro de la abertura por una capa de corcho. Las superficies delantera y trasera del elemento

15. transductor están revestidas de electrodos de plata aplicados al fuego y la superficie que está a ras de una cara del portador está puesta a masa al aluminio adyacente en varios puntos por medio de pequeños hilos de cobre soldados por puntos tanto al aluminio como al electrodo de plata. Una capa

20. de la resina epóxido conductora puede esparcirse sobre los hilos de cobre y la cara del elemento transductor en la superficie del portador para presentar una superficie lisa para su introducción en el conjunto de elementos combustibles. El material amortiguador 26 está compuesto de dos grados de

25. tungsteno en polvo mezclados en un polímero de polisulfuro de bajo peso molecular. Un material amortiguador específico incluye una mezcla de tungsteno en polvo de una granulometría

- media de 4,5 micras con un tungsteno en polvo de una granulo-
metría media de 1,33 micras mezclada con un polímero de poli-
sulfuro de bajo peso molecular denominado Thiokol LP-3, fabri-
cado por la Thiokol Chemical Corporation, de Trenton, New
5. Jersey, Estados Unidos. Se utiliza una resina epóxida no con-
ductora para fijar el elemento transductor dentro de la abe-
tura. La superficie rebajada del elemento cerámico está co-
nectada al conductor interior de un cable coaxial que está
dispuesto por el borde del portador. Otras disposiciones,
10. formas y materiales pueden utilizarse para el elemento trans-
ductor siempre que el grupo de búsqueda sea susceptible de
introducción entre los componentes del conjunto de elementos
combustibles. En una realización alternativa, por ejemplo,
podría utilizarse un portador tubular hueco dentro del cual
15. se contiene el cable coaxial. - - - - -

La Figura 3 ilustra, como sección de un conjunto
de elementos combustibles, una representación plana esquemá-
tica de una sonda de búsqueda 20 alineada transversalmente
con la cámara de pleno inferior de un elemento combustible
20. 40. El elemento transductor, acoplado al elemento combusti-
ble 40 para transmitir energía ultrasónica en el elemento
combustible, se excita por un pulsador (no ilustrado) para
emitir impulsos a un régimen y frecuencia predeterminados.
El barrido de un osciloscopio está sincronizado para exhibir
25. los impulsos transmitidos y reflejados. Las ondas reflejadas
se reciben por el osciloscopio a través del transductor. Si
el elemento combustible no ha fallado, entonces el gas será

el único fluido presente en la cámara de pleno inferior. Un coeficiente de reflexión elevado en la interfaz metal-gas impedirá una propagación significativa del ultrasonido más allá de la superficie interior del revestimiento. La respuesta exhibida en un instrumento de impulso-eco convencional para un elemento combustible lleno de gas se ilustra como oscilograma en la Figura 4 con el tiempo (t) en las abscisas. El oscilograma de la Figura 4 y también de las Figuras 6 y 7 es representativo de la exhibición resultante generada a una frecuencia de aproximadamente siete megahertz en la que cada división de la escala de tiempo es aproximadamente 3 microsegundos y el diámetro exterior del elemento combustible es ligeramente inferior a 0,5 pulgadas (aprox., 12,7 mm). En la Figura 4, la señal transmitida está mezclada subetancialmente con la señal recibida reflejada de la primera interfaz o interfaz delantera de gas-metal debido al bajo coeficiente de transmisión del gas. - - - - -

Si, en contraste, el elemento combustible ha fallado de modo que la cámara de pleno inferior contiene agua, el coeficiente de reflexión en la interfaz delantera estará significativamente disminuida. Así, tal como se ilustra esquemáticamente en la Figura 5, partes significantes del impulso ultrasónico se propagarán a través del líquido y se reflejarán en la interfaz líquido-metal posterior dentro del elemento combustible 40. Por lo tanto, se exhibirá una señal reflejada de magnitud relativamente pronunciada separada de la señal transmitida en la escala de tiempo. La respuesta

5. exhibida en un instrumento de impulso-eco convencional para un elemento combustible defectuoso lleno de agua se ilustra como oscilograma en la Figura 6. Una respuesta significativa tiene lugar aproximadamente a 15 microsegundos en las abscisas, esto representa el eco recibido de la pared posterior.-

10. La cámara de plano inferior de un elemento combustible suele contener un elemento elástico helicoidal que puede limitar el paso libre del ultrasonido. No obstante, ello no presenta una dificultad insuperable. Si la anchura del elemento piezoeléctrico, medido por el eje longitudinal del elemento de combustible es mayor que el paso del resorte helicoidal, entonces el sonido se propagará a la pared posterior y volverá. La Figura 7 ilustra la respuesta típica de un elemento combustible lleno de agua que contiene un resorte. - - - - -

20. Los instrumentos ultrasónicos convencionales contienen circuitos selectores que permiten la extracción de señales durante un período escogido de tiempo con respecto a un impulso inicial. Además, pueden proporcionarse circuitos para producir una señal de alarma sólo cuando la amplitud de la señal ultrasónica en el período seleccionado supere un nivel umbral prefijado. Si se fija la puerta para dejar pasar señales entre doce y quince microsegundos en las abscisas, y se fija el umbral de amplitud a la línea 1 de las ordenadas, entonces la presencia de agua es detectable en un elemento combustible con o sin resortes. - - - - -

25.

En servicio, se introduce el grupo de búsqueda en el espacio entre componentes adyacentes del conjunto de elementos combustibles. Los conjuntos de elementos combustibles irradiados suelen mantenerse bajo agua, a los efectos de enfriamiento y blindaje, durante su retirada de un reactor y se almacenan inicialmente en un estanque para elementos combustibles agotados. Por lo tanto, se comprenderá que la inspección de los elementos combustibles se realiza por debajo de agua. El elemento transductor está alineado transversalmente con el eje longitudinal del elemento combustible que se ha de examinar. Entonces se emite un impulso del transductor en el elemento combustible. - - - - -

5.

10.

Puede ensayarse un conjunto de elementos combustibles por introducción del grupo de búsqueda en el haz de elementos combustibles sin desmontar ningún componente. Por lo tanto, el conjunto sólo ha de retirarse del reactor a los efectos de inspección. - - - - -

15.

Puede ampliarse la técnica para utilizar transductores múltiples para examinar todos los elementos combustibles de un conjunto de elementos combustibles de modo automático y rápido. - - - - -

20.

A los efectos consiguientes se declaran de novedad y propiedad para España, sus territorios y plazas de soberanía, las reivindicaciones que siguen. - - - - -

REIVINDICACIONES

- 1.- Perfeccionamientos en los grupos de búsqueda ultrasónicos para encontrar elementos combustibles defectuosos, espaciados dentro de un conjunto de elementos combustibles del tipo que se utiliza en un reactor enfriado por agua, caracterizados porque el grupo comprende un portador laminar con caras mutuamente opuestas, estando dimensionado el portador laminar para atravesar libremente los espacios entre los elementos combustibles y dotado de una abertura, un elemento transductor ultrasónico, electrodos depositados en al menos dos lados del elemento transductor, estando dispuesto el elemento transductor ultrasónico dentro de la abertura con uno de los electrodos a ras de una de las caras del portador laminar, medios para poner el elemento transductor ultrasónico a masa respecto del portador laminar, medios para desacoplar dicho elemento transductor ultrasónico del portador laminar y medios para excitar el elemento transductor ultrasónico. - - - - -
- 5.
- 10.
- 15.

- 2.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1, caracterizados porque el elemento transductor ultrasónico es un elemento cerámico ferroeléctrico. - - - - -
- 20.

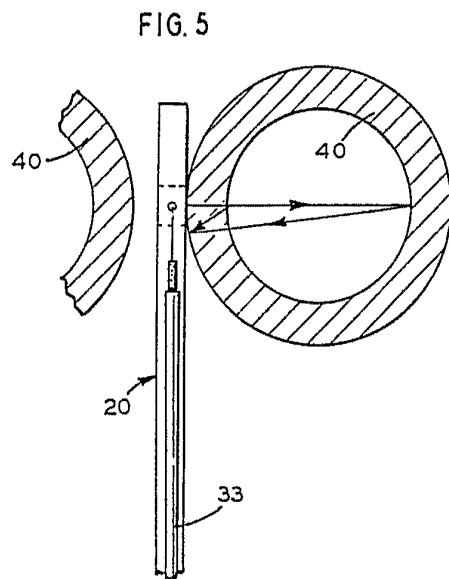
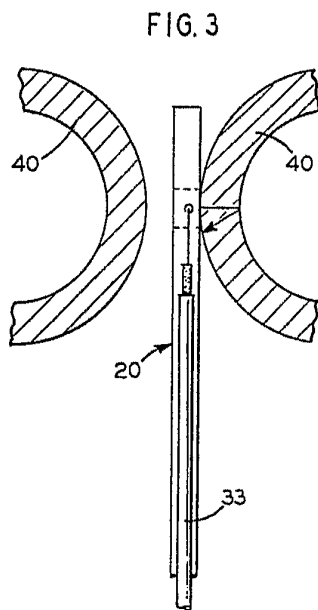
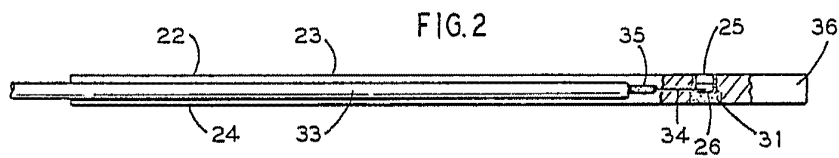
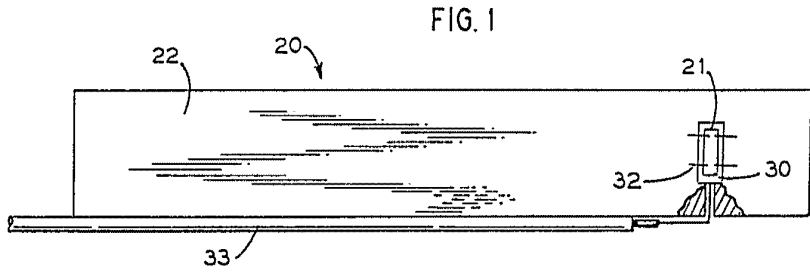
- 3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 2, caracterizados porque el elemento cerámico ferroeléctrico es el circonato-titanato de plomo.- - - - -

4.- "PERFECCIONAMIENTOS EN LOS GRUPOS DE BUSQUEDA
ULTRASONICOS PARA ENCONTRAR ELEMENTOS COMBUSTIBLES DEFECTUO
SOS". - - - - -

5. Todo ello conforme se describe y reivindica en la presente memoria que consta de quince hojas foliadas y mecanografiadas por una sola de sus caras y de dos láminas de dibujos que la ilustran.

MADRID, 20 ENERO 1978
P.A. M. CURELL SUÑOL





DEPOSITED 20 APR. 1918

M. CURELL SUÑOL

Dusey

SERIE

THE BABCOCK & WILCOX COMPANY

HOJA 2 (2 HOJAS)

FIG. 4

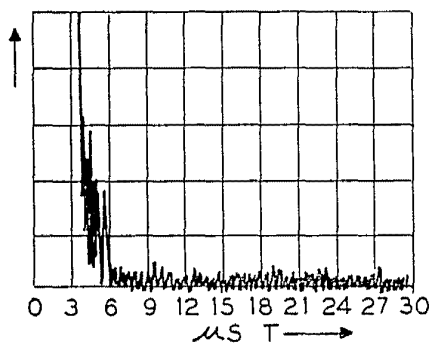


FIG. 6

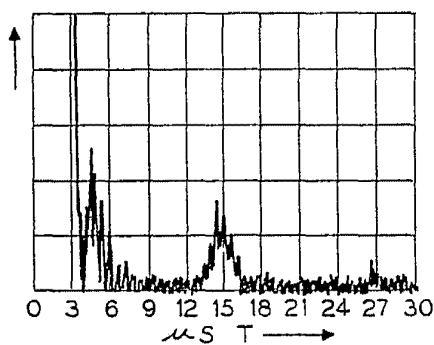
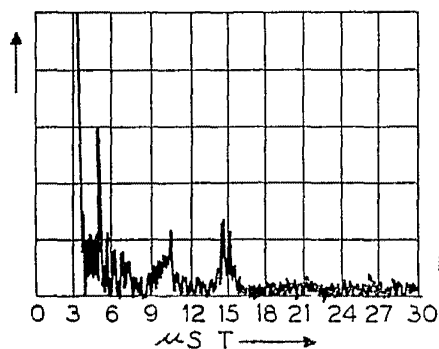


FIG. 7



MADRID 29 ENS 1978

P. A. M. CURELL SUÑOL

Dutka