

227953

- 5 JUN. 1956

227953
P - 14.461



Núm. 63491
Lic. Núm. 234661
Case PF 4004

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar

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

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de NORTH AMERICAN AVIATION, INC., entidad norteamericana, establecida en International Airport, Los Angeles, California, Estados Unidos de América, por:

"UN APARATO RECOMBINADOR CATALITICO".

- o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o - o -

Nuestra invención se refiere a un sistema de tratamiento de gases perfeccionado, para un reactor nuclear y más particularmente, a un recombinador perfeccionado para oxígeno e hidrógeno radiolíticos.

5

Para obtener información sobre la teoría, construcción y funcionamiento de reactores nucleares, véanse las patentes de los E.E.U.U. núm. 2.708.656 y 2.714.577, Fermi y colaboradores; Glasstone, "Principles of Nuclear Reactor Engineering" (D. Van Nostrand); "The



1956

227953

Reactor Handbook" (tres tomos) publicado por la Comisión de Energía Atómica de los E.E.U.U.; y "Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy" (Informes de la conferencia internacional sobre usos pacíficos de la energía atómica) que tuvo lugar en Ginebra, Suiza, en agosto de 1955, y que se puede adquirir en la librería de las Naciones Unidas, New York, New York. Para obtener información específica sobre los reactores acuosos, homogéneos, conocidos por: tipo "hervidor de agua", véase el capítulo primero de "Research Reactors" publicado por la Comisión de Energía Atómica de los E.E.U.U.

Durante el funcionamiento del reactor "hervidor de agua" el agua se descompone por acción de las radiaciones en hidrógeno y oxígeno gaseosos. En realidad, el nombre "hervidor de agua" se debe al burbujeo de los gases producidos y no a la ebullición del agua; en la realidad, el reactor funciona por debajo del punto de ebullición del agua. La recombinación del hidrógeno y oxígeno gaseosos liberados, es vital para el funcionamiento del reactor. Si no se recombinan, las consecuencias pueden ser serias; desde detonaciones de hidrógeno que romperían el núcleo, hasta pérdida del fluido necesario para mantener la reacción en cadena. Como mínimo, si los gases no se recombinan, hay que sacarlos del reactor y sustituirlos con solución nueva.

El hidrógeno y el oxígeno se pueden recombinar de diversas maneras. Hidrógeno y oxígeno en concen-



227953

traciones pequeñas pueden reaccionar catalíticamente sin llama. Tan pronto como la concentración de hidrógeno alcanza el límite de inflamabilidad (aproximadamente 4,65% en volumen a una atmósfera de presión y 291° K), el calor desprendido en la reacción aumenta la temperatura del gas hasta alcanzar la temperatura de ignición, produciendo llama. A concentraciones de hidrógeno más altas (por encima de 4,65% en volumen) aumentan la velocidad de reacción y la velocidad de propagación de la llama, hasta tal punto que resultan explosiones débiles o normales. Si la concentración aumenta aún más y se alcanza el límite de detonación (aproximadamente 15% en volumen), la reacción tiene lugar a una velocidad tan grande que se producen ondas de choque, supersónicas, intensas.

Se conocen dos tipos generales de sistemas de recombinación, a saber, con llama y catalíticos. El recombinador del tipo con llama funciona según el principio de quemar el hidrógeno para producir la energía necesaria para la reacción de recombinación, mientras que la recombinación catalítica utiliza, a temperatura más baja, ciertos catalizadores, como cobre y platino. Los recombinadores catalíticos son del tipo "seco", es decir, todos los componentes de tales sistemas, excepto el condensador y la tubería de retorno del gas al núcleo, están en esencia secos: los gases que circulan no están saturados de agua. Con dos excepciones, los recombinadores secos comunes se utilizan en sistemas abiertos, en vez de cerrados -



127953

los gases producto de la escisión se eliminan por un con-
ducto o chimenea después de un tiempo de residencia conve-
niente. Si bien ésto es permisible en zonas poco pobladas,
resulta peligroso para reactores situados en zonas densa-
5 mente pobladas.

Se ha encontrado en la práctica que los re-
combinadores de gas secos tienen ciertos inconvenientes.
Si el catalizador está seco durante el período en que la
potencia aumenta, habrá presente más hidrógeno, y el mismo
10 catalizador, que normalmente funciona a temperatura de 300-
400°C, se calentará hasta unos 500°C y servirá para quemar
el hidrógeno. Podría retroceder hacia el reactor una reac-
ción detonante con posible deterioro de los componentes del
núcleo y que podría llegar a romper el núcleo, puesto que
15 las ondas supersónicas que acompañan a la explosión pueden
aumentar la presión hasta 7 ó más veces el valor inicial.
Este es casi el accidente más serio que puede ocurrir con
reactores de este tipo; los incidentes de tipo nuclear que-
dan gobernados por la característica inherente a tales reac-
20 tores de autocontrol, debido a sus grandes coeficientes
negativos de reactividad de temperatura y de potencia.
Además, incluso cuando se manejan racionalmente, se produ-
ce inevitablemente alguna pérdida de material fisiónable
al sistema de tratamiento del gas, puesto que los elimina-
25 dores de arrastre no son eficientes 100%. Por último, es-
tos sistemas en seco no tienen previsto el manejo de perio-
dos transitorios rigurosos.



227953

En vista de los inconvenientes citados, un objeto de nuestra invención es proporcionar un sistema de tratamiento del gas, del tipo cerrado, perfeccionado, para un reactor homogéneo acuoso.

5 Otro objeto es proporcionar un recombina-
dor catalítico perfeccionado para agua descompuesta por
acción de las radiaciones.

Otro objeto es proporcionar dicho sistema
en el cual se eliminan las detonaciones o se amortiguan
10 fácilmente.

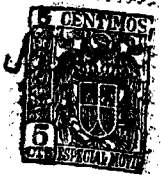
Todavía otro objeto es proporcionar dicho
sistema en que la pérdida de uranio debida al arrastre se
reduce mucho.

Otro objeto es proporcionar un sistema que
15 puede contener fácilmente un rebose rápido de solución de
núcleo debido a regímenes transitorios sin pérdidas de di-
cha solución.

Otro objeto es proporcionar dicho sistema
que servirá como un control auxiliar del reactor.

20 Otros objetivos y ventajas de nuestra in-
vención resultarán evidentes con la siguiente descripción
detallada, el dibujo que se adjunta y las reivindicaciones
que acompañan. La figura adjunta es una representación es-
quemática de una materialización de nuestra invención.

25 De acuerdo con nuestra presente invención,
hemos proporcionado un recombina-
dor catalítico perfeccionado para hidrógeno y oxígeno gaseosos, que comprende un



227953

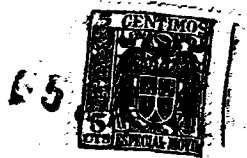
depósito, una bomba para la circulación de dichos gases, un gas de arrastre y vapor de agua junto con agua, a través de dicho depósito, dispositivo en dicho depósito para separar dichos gases y el agua en particular, un recombinador catalítico dentro de dicho depósito, una tubería de retorno de gas desde el depósito, dispositivo para controlar el nivel del agua en el depósito, dispositivo para eliminar el calor y una bomba para la recirculación del agua.

10 Nuestra invención está dando tan buenos resultados que se está adoptando en los nuevos reactores "hervidores de agua". En nuestro nuevo sistema de tratamiento de gases del tipo húmedo, casi todos los componentes, excepto la cámara del catalizador, están lavándose

15 continuamente con agua. (La reacción catalítica va más deprisa con el catalizador seco). Cualesquiera productos de escisión y cualquier porción de disolución arrastrada, vuelven al núcleo del reactor. Por el contrario, las porciones de disolución de núcleo arrastradas al sistema del

20 tipo seco, permanecen permanentemente en el sistema de tratamiento de los gases. Así, hemos demostrado que a un nivel de potencia tan alto como 50 Kw. solamente 0,06 gr. U deben quedar retenidos en el recombinador. Se evitan, en parte, las explosiones por medio de un exceso de gas

25 neutro de arrastre (generalmente oxígeno) provisto inicialmente como atmósfera del reactor; esto mantiene la concentración del hidrógeno por debajo del punto de explosión



227953

por medio de la dilución, y cuando el gas de arrastre es el oxígeno, éste está en exceso sobre la cantidad estequiométrica para la reacción de recombinación. En nuestro sistema del tipo húmedo, se proporciona aún mayor dilución por el vapor de agua, el cual sirve también para amortiguar una eventual explosión. La intensidad de dicha explosión se disminuye aún más por un gradiente de hidrógeno más bajo en las zonas apartadas del catalizador, y por el espacio de lastre que queda encima del nivel del agua en la cámara del recombinador para la expansión tridimensional de las ondas de choque. Este sistema puede manejar fácilmente aumentos repentinos de disolución del núcleo debidos a regímenes nucleares transitorios, y el nivel de disolución proporciona un control auxiliar del reactor. También, el depósito del recombinador es una fuente de radiación gamma excelente para fines experimentales.

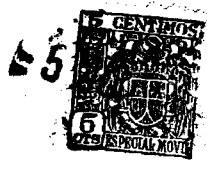
Refiriéndose ahora a la figura, se representa nuestro sistema de tratamiento de los gases del tipo húmedo de forma esquemática, junto a un reactor del tipo de disolución. El depósito del recombinador 1 aloja muchos de los componentes del sistema y sirve como depósito de agua, refrigerante del catalizador y cámara de lastre para disminuir el efecto de las fluctuaciones de presión en la atmósfera del reactor tanto en régimen estacionario como transitorio. La bomba de gas o aspirador 2 es del tipo de eyector, en que la diferencia de presión que impulsa al gas por el sistema de circulación se produce por la circulación



227953

de agua por una tobera 3 del tipo de eyector. Este eyector también como condensador para el agua vaporizada y el agua recombina-
da. La tubería de entrada del gas 4 entra por junto a la tobera y la corriente de agua arrastra
5 la mezcla de vapor de agua-hidrógeno-oxígeno al depósito 1, por la tubería 5, donde la desvía la placa 6. La pantalla 7, que consiste en varias capas de tela metálica fina, amortigua el flujo turbulento del agua procedente del eyector después de ser desviado por la placa. Con esto, se se-
10 para la mezcla en dos fases; gas y líquido, sumándose éste al agua 8 del depósito 1.

El eliminador de arrastre 9, de alambre de acero inoxidable, evita de una manera eficaz que entre agua en forma de gotitas arrastradas por el gas, en la cámara
15 del catalizador 10, sirviendo así como un segundo separador de gas y líquido. El catalizador consiste en bolitas de alúmina recubiertas de platino. La cámara del catalizador 10 tiene un calentador 11, que mantiene la temperatura de las partículas de óxido de aluminio suficientemente alta
20 para impedir la condensación de la humedad. La cámara del catalizador está situada debajo del nivel del agua. La tubería de retorno del gas 12 vuelve el agua condensada al reactor. El nivel del agua en el depósito 1 se mantiene constante por medio del rebosadero 13. El tubo 14 evita
25 que las ondas rebosen por el rebosadero 13. El tubo de desagüe 15 del rebosadero 13 está conectado a la tubería de retorno del gas 12. El cambiador de calor 16 tiene por



227953

objeto disipar el calor de la reacción de recombinación y de la bomba de agua, y mantener la temperatura del agua del depósito al valor deseado. La bomba 17 hace circular el agua del depósito por el cambiador de calor al aspirador de agua 2, a un caudal determinado, dejando, por tanto, al tubo aliviadero, la eliminación del exceso de solución.

El funcionamiento del sistema de tratamiento de los gases se indica por medio de la siguiente descripción de la circulación de los gases. Inicialmente hay una atmósfera neutra (tal como un gas noble, aire u oxígeno) sobre la disolución del reactor 18. El gas junto con el vapor de agua, sirve para diluir el hidrógeno y para arrastrarlo. Durante el funcionamiento del reactor, el vapor de agua con el hidrógeno y el oxígeno disociados pasan, a través del regurgitador 19 y el dispositivo de eliminación de partículas arrastradas 20, a la tubería de entrada del gas 4 en la parte superior del depósito en que se mezclan con el gas de arrastre. Se introduce esta mezcla en la cámara de recombinación, junto con agua, por medio del eyector 2. Este aspirador de agua condensa el agua recombinada y la vaporizada; y casi todos los componentes, excepto la cámara del catalizador están sometidos a una lluvia de agua. La placa deflectora 6 y la pantalla 7 separan la mezcla gas-agua. El gas húmedo entra a continuación en el segundo dispositivo de separación, el eliminador de partículas arrastradas 9, que evita que entre agua en forma de gotitas en la cámara del catalizador. El cata-



227953

lizador está formado por 0,3% en peso de platino, depositado sobre bolitas de alúmina de 3,2x3,2 mm. El vapor de agua recombinao es arrastrado a través de la tubería de retorno 12 al eyector 2. Algo de agua se vaporiza en el tubo de rebosamiento y en la tubería de retorno 12 debido al enfriamiento de los gases que salen calientes del catalizador.

Los gases y el vapor de agua no condensado, no pasarán por el eliminador 20 al reactor (sólo vuelve el agua en forma de gotitas), sino que se reciclan pasando al eyector donde el vapor de agua condensa en el agua que circula. El aliviadero 13 funciona de forma normal, tiene por objeto asegurar que el nivel del líquido en el depósito del recombinao no subirá por encima de una altura predeterminada. Puesto que la presión en el tubo de descarga 15 del aliviadero es menor que en el depósito del recombinao, debido a las pérdidas por rozamiento, la disolución en el tubo del aliviadero se mantiene unos centímetros por debajo de la salida del tubo de descarga; por lo tanto, el agua que rebosa tenderá a disminuir la presión hidrostática y será impulsada hacia la tubería de retorno 12. Así, pues, la disolución vuelve al depósito debido a la rápida circulación de gases en la tubería de retorno 12. Durante este ciclo, la bomba de agua 17 (a poder ser una bomba con el rotor recubierto convenientemente para evitar pérdidas de disolución radioactiva), saca disolución del depósito del recombinao a través



227953

del cambiador de calor 16 a un caudal igual al de entrada en el depósito, con objeto de disipar el calor de reacción y mantener la temperatura del agua por debajo de la de la disolución del reactor. Así, se puede considerar que todo exceso de agua proviene del núcleo y se elimina por el aliviadero.

Como ejemplo del funcionamiento de nuestro recombinador, se ofrece el siguiente análisis tecnológico completo, siguiendo el movimiento normal de los gases. El reactor hervidor de agua funciona a una potencia de 50 Kw y a temperatura de 80°C. El recombinador es de acero inoxidable.

Gas procedente del reactor

	H ₂	- 25,5 moles gr./hora
15	O ₂	- 12,75 " " "
	H ₂ O (vapor)	- 37,2 " " "
	Temperatura	- 80°C

Mezcla gaseosa (del reactor y tubería de retorno de gases)

	H ₂	- 33,7 moles gramo/hora
20	O ₂	- 537,8 " " "
	H ₂ O (vapor)	- 122,7 " " "
	Temp.	- 80°C
	Velocidad de los gases	- 11'55 m./seg.



227953

Eyector de agua

	H ₂ O (liq.-de la bomba de reciclar)	- 94,5 litros/min.
	Temp. del agua liq.	- 34°C
5	Presión	
	a. Mezcla gaseosa	- 50 cm. H ₂ O +
	b. H ₂ O (liq.)	- 3 atm.
	+ Referencia 1 Kg/cm ² .	

Eliminador de partículas arrastradas

10	H ₂	- 33,7 moles gr./hora
	O ₂	- 537,8 " " "
	H ₂ O (vapor)	- 31,7 " " "
	Temperatura	- 34°C
15	Presión	
	a. Entrada	- 0 cm. de H ₂ O
	b. Salida	- 3,0 cm. "
	Velocidad de los gases	- 2,7 m./seg.

Cámara del catalizador

20	Temperatura	
	a. Entrada	- 34°C
	b. Salida	- 445°C
	Presión	
	a. Entrada	- 7,6 cm. de agua.
	b. Salida	- 17,5 " " "
25	Velocidad de los gases	- 1,5 m./seg.



227953

Tubería de retorno de los gases (antes del aliviadero y bajo el agua)

	H ₂	- 8,22 moles gr./hora
	O ₂	- 525 " " "
5	H ₂ O (vapor)	- 57,2 " " "
	Temp.	- 445°C
	Velocidad de los gases	- 35,5 m./seg.

Tubería de retorno del aliviadero

	H ₂ O (liq.)	- 91,0 moles gr./hora
10	Temperatura	- 34°C
	Presión	- 31 cm. de agua

Tubería de retorno de los gases (después del aliviadero)

	H ₂	- 8,22 moles gr./hora
	O ₂	- 525 " " "
15	H ₂ O (vapor)	- 85,5 " " "
	H ₂ O (liquida)	- 62,7 " " "
	Temperatura	- 100°C
	Presión en el núcleo	- 45,8 cm. de agua
	Velocidad de los gases	- 23, m./seg.

20 Agua devuelta al reactor

	H ₂ O (liquida)	- 62,7 moles gr./hora
--	----------------------------	-----------------------

Cambiador de calor

	Agua de refrigeración	- 6,4 litro/mi.
25	Temperatura	
	a. Entrada	- 17,8°C
	b. Salida	- 25,1°C



227053

Se ha de entender que lo que antecede
tiene carácter ilustrativo y no restrictivo. Se pueden
hacer variaciones en los componentes sin apartarse por eso
de lo esencial de nuestra invención. Por ejemplo, sencii-
5 llamente por aumentar la presión en el sistema cerrado,
se puede aumentar la potencia del reactor. Por lo tanto,
se debe limitar nuestra invención sólomente como se in-
dica en las adjuntas reivindicaciones.

- O - N O T A - O -

10 Los puntos de invención propia y nueva
que se presentan para que sean objeto de esta Patente
de Invención en España, por VEINTE años, son los si-
guientes:

15 1ª. - Un aparato recombinador catalíti-
co perfeccionado para hidrógeno y oxígeno gaseosos, que
se caracteriza por una bomba para la circulación de di-
chos gases, un gas de arrastre y vapor de agua, junto
con agua, a través de un depósito; órganos en dicho de-
pósito para separar los mencionados gases y las partícu-



227953

las de agua; un recombinador catalítico dentro del depósito; una tubería de retorno de los gases desde el depósito; órganos para regular el nivel del agua del depósito; órganos para la disipación de calor, y una bomba para la
5 circulación del agua.

2ª. - El aparato de la reivindicación 1, caracterizado por que la bomba de gases es del tipo eyector, y los órganos para la regulación del nivel son un aliviadero.

10 3ª. - El aparato de la reivindicación 1, para hidrógeno y oxígeno disociados por efecto de la radiación, procedentes de un reactor del tipo que emplea una disolución, caracterizado por una tubería de salida de gases del reactor para la citada mezcla gaseosa, y una
15 tubería de retorno de los gases desde la cámara del catalizador al reactor, comunicando la tubería de retorno con la de salida.

4ª. - El aparato de las reivindicaciones 1, 2 ó 3, caracterizado por un eliminador de partículas de arrastre a la entrada de una cámara catalítica en el depósito, y un aliviadero para regular el nivel del agua en
20 el interior del depósito.

5ª. - El aparato de la reivindicación 4, caracterizado por que el aliviadero comunica con una tubería de retorno de los gases desde la cámara catalítica, y
25 dicha bomba hace circular el agua desde el depósito a dicha bomba de gas, a través de un cambiador de calor.



55 JUN 1956

227053

5 6^a. - El aparato de la reivindicación 4, caracterizado por que el eliminador de arrastre está situado encima del nivel del agua en el depósito, la cámara catalítica está situada debajo de dicho nivel del agua, y una tubería de entrada de gases conecta dicho eliminador con la cámara catalítica.

7^a. - El aparato de la reivindicación 6, caracterizado por que la cámara catalítica tiene un calentador situado debajo del nivel del agua.

10 8^a. - El aparato de las reivindicaciones 1 y 3, caracterizado por que el aliviadero comunica con la tubería de retorno mencionada.

15 9^a. - El aparato de las reivindicaciones 1 ó 3, caracterizado por órganos para calmar el agua de entrada.

10^a. - Un aparato recombinador catalítico.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y con los fines que se han especificado.

20 Esta Memoria consta de dieciseis hojas escritas por una sola cara.

Madrid, - 5 JUN. 1956

P. A.
Alberto de Elizaburu
Titular

