

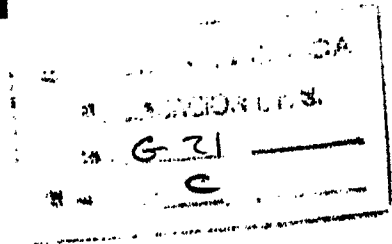
327447

10-NOV



MP/.

## memoria descriptiva



CLASE DE REGISTRO

un Primer Certificado de Adición,

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

General Electric Company  
(sociedad USA)

RESIDENCIA Y DOMICILIO

New York, N.Y. 10016 (USA)  
159 Madison Avenue

OBJETO

"Mejoras introducidas en el objeto de la patente 294.442  
concedida por: "PROCEDIMIENTO DE REGENERACION DE COMBUSTIBLE PARA REACTORES NUCLEARES IRRADIADO".

---

INVENTORES:

Otto Douglass Erlandson y Burton Frederick Judon, ambos  
de nacionalidad norteamericana.

---

PRIORIDAD:

Solicitud Patente USA No. 595.151 del día 17 Noviembre  
1966.

22222



1

El invento se refiere a un procedimiento para la nueva elaboración de combustible irradiado procedente de reactores de fisión nuclear en cadena, y en particular describe un procedimiento químico mejorado, capaz de separar ciertos productos transuránicos de irradiación entre sí y del uranio y productos de fisión. En este procedimiento, el grueso de los productos de fisión, formados por irradiación del combustible, primeramente se separa como una mezcla sin partición del uranio y transuránicos (plutonio y neptunio) por extracción con un disolvente orgánico, la corriente de productos de fisión se deshidrata y calcina y estos materiales son recuperados como una mezcla de óxido, el uranio y los transuránicos se recuperan del disolvente como una mezcla con sustancialmente cantidades reducidas de productos de fisión, los transuránicos se separan del uranio (y entre sí en caso de ser deseable) por contacto con y elución de resinas de intercambio de aniones, la corriente de uranio es deshidratada y calcinada para producir óxido de uranio conteniendo trazas de óxido de fisión, esta mezcla de óxido, sustancialmente libre de plutonio, se provee de fluor, y se recupera hexafluoruro como un producto sustancialmente libre de fluoruros de productos de fisión.

5

10

15

20

25

Las reacciones de fisión nuclear en cadena y los reactores, en que tales reacciones se realizan, son ahora bien conocidos. En general, un reactor nuclear está compuesto de un conjunto de reacción en cadena incluyendo material de combustible nuclear, contenido en elementos de com

30



1 bustible, teniendo varias formas geométricas, tales como pla-  
cas, tubos o barras. Estos elementos de combustible están  
usualmente provistos de una capa o revestimiento en sus su-  
5 perfcies externas, resistente a la corrosión, no reactiva,  
conductora de calor. En los reactores de energía, estos ele-  
mentos están usualmente agrupados entre sí a distancias fi-  
jas mutuamente en un canal o región de flujo de refrigerante,  
formando lo que se denomina un haz de combustible. Un núme-  
10 ro suficientemente grande de tales haces se combina entre sí  
en el conjunto de reacción en cadena o núcleo, para permitir  
una reacción en cadena de fisión nuclear, auto-sostenida, con-  
trolable. El núcleo del reactor está encerrado dentro de un  
recipiente, a través del cual se hace circular el refrigeran-  
15 te del reactor. En reactores de espectro de neutrones ter-  
males, un moderador de neutrones también está provisto, y  
en algunos casos este moderador también puede actuar como  
refrigerador del reactor. Los reactores conocidos de agua  
hirviente y de agua a presión son ejemplos de tales reacto-  
20 res termales.

El material de combustible nuclear contiene átomos  
fisionables tales como U-233, U-235, Pu-239 ó Pu-241. Este  
material puede existir en forma elemental o de compuesto.  
Después de la absorción de un neutrón sobre el núcleo de tal  
25 átomo fisionable, frecuentemente resulta una desintegración  
nuclear. Esto produce como promedio dos átomos de producto  
de fisión de menor peso atómico y de gran energía cinética.  
En tal desintegración también se liberan algunos neutrones



1

de alta energía. Por ejemplo, en la fisión de átomos U-235 se producen átomos ligeros de productos de fisión con número de masa variando entre 80 y 110 átomos pesados de producto de fisión con el número de masa variando entre 125 y 155. Como promedio se liberan 2.5 neutrones por acontecimiento de fisión. El total de energía liberada se acerca a 200 mev (millones de electrón-voltios) por fisión.

5

10

15

20

25

La energía cinética de los átomos de producto de fisión, así como la de los neutrones de fisión, se disipa rápidamente, produciendo calor en los elementos de combustible del reactor. Algún calor adicional es generado directamente en los materiales estructurales del reactor, en el refrigerante y en cualquier moderador presente, debido a efectos de radiación. Si queda un neutrón neto como promedio de cada acontecimiento de fisión, y este neutrón induce un acontecimiento subsiguiente de fisión, la reacción de fisión se convierte en auto-sostenida y así se denomina una reacción en cadena. Puede mantenerse la generación de calor y el calor es separado haciendo pasar un fluido refrigerante en relación de intercambio térmico con los elementos de combustible. Los átomos fisionables así son gradualmente consumidos. Algunos de los átomos del producto de fisión producidos son fuertes absorbentes de neutrones (tóxicos de producto de fisión). Así la reacción de fisión tiende a disminuir y no puede mantenerse indefinidamente a un nivel dado.

30

En algunos elementos de combustible de reactor nuclear, pueden incluirse átomos fértiles, tales como U-238,



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

en adición a los arriba indicados átomos fisionables. Un material de combustible de reactor nuclear de energía, utilizado corrientemente y bastante común, consiste en dióxido de uranio enriquecido ( $UO_2$ ) en que aproximadamente 2,0% de los átomos de uranio son U-235 que son fácilmente fisionables por neutrones termales, mientras que el restante 98% es U-238, que no es tan fisionable en ningún grado significativo. En el curso del funcionamiento de un reactor alimentado con tales átomos fisionables y fértiles, los átomos fisionables (U-235) originalmente presentes, son gradualmente consumidos, y simultáneamente la irradiación de neutrones de los átomos fértiles (U-238) convierte una parte de ellos en átomos fisionables adicionales (Pu-239). Inicialmente, la concentración de estos átomos fisionables nuevamente creados, aumenta gradualmente con la irradiación y después se acerca a un valor de equilibrio. Estos átomos son también fácilmente fisionables por neutrones termales y así contribuyen al mantenimiento de la reacción de fisión en cadena, de modo que la reacción puede continuarse más prolongadamente de lo que hubiera sido el caso, si sólo estuviera disponible la carga original de átomos fisionables.

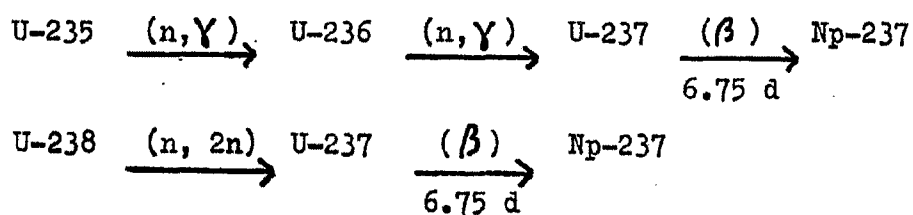
Puesto que el régimen a que se crean átomos fisionables por conversión de átomos fértiles (excepto en el reactor del tipo de convertidor criador de diseño especial) es siempre menor que el régimen al que la carga original de átomos fisionables se consume durante el funcionamiento, el reactor puede mantener esta generación de calor a un ni-



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

vel de energía dado durante solamente un plazo de tiempo finito. Después de esto, el nivel máximo de energía, al que puede hacerse funcionar el reactor tiene que disminuirse y finalmente el reactor tiene que cerrarse para repostar combustible. Algunos o todos los haces de combustible irradiados son separados y remplazados por nuevos haces de combustible teniendo una más alta concentración de átomos fisionables y ningún tóxico de producto de fisión. La reactividad del núcleo de reactor repostado de combustible es más alta y el nivel de potencia original así puede restaurarse.

El combustible irradiado de reactor, separado del reactor, ordinariamente contiene una cantidad valiosa no consumida del material fisionable original, así como una cantidad significativa de material fisionable (los átomos fisionables) convertido desde cualquier material fértil (los átomos fértiles) que pueden haber sido un componente del combustible original. El combustible irradiado también puede contener productos de fisión (los átomos de producto de fisión) o isótopos transuránicos (ó ambos) que son de valor sustancial, En adición al plutonio arriba mencionado, uno de tales transuránicos es el isótopo de neptunio Np-237, que está formado de la irradiación de neutrones de U-235 y U-238 de acuerdo con las siguientes reacciones:

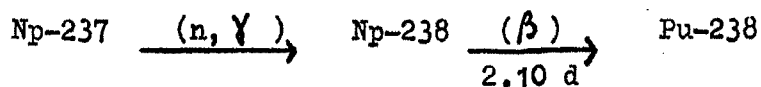




1

Mientras que Np-237 puede tener otros usos, un uso corriente es en la producción de Pu-238 por ulterior irradiación de neutrones de acuerdo con la siguiente reacción:

5



10

Pu-238 es un emisor de partículas alfa energéticas de larga vida (89 años de vida media), cuyo decaimiento radiactivo produce energías térmicas a regímenes suficientes para dar energía a dispositivos de conversión directa de energía térmica en energía eléctrica.

15

De acuerdo con esto, es altamente deseable elaborar de nuevo el combustible irradiado para recuperar y separar los materiales fisionables y fértiles para nuevo uso y para recuperar isótopos transuránicos tales como plutonio para uso en combustibles de reactor y Np-237 para uso en la producción de Pu-238 u otros usos.

20

En un procedimiento anterior, una solución ácida del combustible irradiado se pone en contacto con una resina de intercambio de aniones para separar plutonio del uranio y productos de fisión, el plutonio se recupera de la resina y se purifica subsiguientemente, la fracción de producto de fisión de uranio se deshidrata y calcina a la forma de óxido, los óxidos mezclados se proveen de fluor y el hexafluoruro de uranio volátil se separa de los fluoruros de productos de fisión de diferente volatilidad.

25

El presente invento está dirigido a una mejora en tal procedimiento.

30



14 NOV 19

1

El presente invento se comprenderá más fácilmente haciendo referencia a la siguientes descripción detallada, que incluye referencias a los adjuntos dibujos, en que:

5

La figura 1 es un diagrama en bloque simplificado, ilustrando los principios básicos del procedimiento del presente invento; y

la figura 2 es un diagrama de flujo ilustrando en detalle el procedimiento de este invento.

10

Haciendo ahora referencia más particularmente a la figura 1, se introduce combustible de reactor nuclear irradiado a la zona 10 de preparación mecánica. Aquí los canales de flujo, fardos elevadores, piezas de nariz y otras partes desmontables, que no contienen combustible del haz de combustible, se desmontan. Si se desea también puede ejecutarse la descomposición mecánica del haz de combustible, por ejemplo, separando barras individuales de combustible. En una ejecución preferente las barras de combustible individuales son ulteriormente cortadas en secciones cortas de alrededor de 3 pulgadas de longitud. En otra ejecución preferente del invento las barras de combustible enteras de plena longitud a través de un mecanismo laminador y punzador que perfora el revestimiento y tritura ligeramente el material de combustible contenido dentro del elemento de combustible. Cada una de estas dos últimas operaciones está destinada a incrementar el acceso del ácido disolvente al material de combustible.

15

20

25

30

El combustible preparado mecánicamente, es intro-



1

ducido dentro de la zona 12 de disolución de combustible. En esta fase. el combustible irradiado es puesto en contacto con un ácido mineral fuerte (tal como nítrico) para disolver el material de combustible, dejando preferentemente el metal revestido (tal como circonio ó acero inoxidable) sustancialmente inafectado. Este tratamiento produce una solución acuosa de ácido disolvente de los productos de irradiación de uranio y transuránicos (plutonio y neptunio) y productos de fisión, que pueden ser separados de las envolturas de revestimiento sin disolver por decantación, filtración u operaciones similares.

10

15

20

La solución de combustible se introduce dentro de la zona 14 de extracción orgánica, donde se pone en contacto en contracorriente con un disolvente orgánico. Existe un número de disolventes orgánicos conocidos adecuados para hacer estas operaciones, incluyendo la solución parafínica de hidrocarburo de tributilfosfato, ésteres de dialquilo, dibutilcarbitol y otros. El uranio y transuránicos (plutonio y neptunio) se concentran en la fase de extracto, con extracción de disolvente orgánico y así se separan de los productos de fisión, que son sustancialmente retenidos todos en la fase de refinación de extracción por disolvente acuoso.

25

El refinado de extracción por disolvente acuoso desde la zona 14 puede someterse a ulterior elaboración. Por ejemplo, puede introducirse dentro de la zona de deshidratación 16. Aquí los productos de fisión son recuperados

30



1

en forma sólida para ulterior elaboración o para disponer de ellos. En procedimientos, en que el combustible ha sido disuelto en un ácido volátil, tal como ácido nítrico, el refinado de extracción de disolvente puede ser calentado para evaporar agua y recuperar una parte sustancial del ácido para nuevo uso. Los sólidos de productos de fisión restantes pueden ser calcinados para producir una corriente de óxido de producto de fisión sustancialmente anhidra.

10

El extracto orgánico de la zona 14 es introducido dentro de la zona 18 arrastradora de extracto orgánico, donde el extracto es puesto en contacto en contracorriente con una solución diluída (aproximadamente 0,01 molar) de ácido nítrico. El ácido nítrico diluído arrastra el neptunio, plutonio y uranio, que forman el extracto de disolvente acuoso de extracción conteniendo estos materiales y dejando el disolvente orgánico para tratamiento en la zona 20 de limpieza de disolvente y recirculación a la zona de extracción 14.

15

20

El extracto de disolvente acuoso de extracción es introducido en la zona 22 de ajuste de valencia de plutonio, dentro de la cual se introduce un reductor de plutonio termalmente destruible, tal como aminoguanidina-ferrosa, semicarbácida, ácido ascórbico o una sal de hidroxilamina, que es un agente termalmente descomponible de acción rápida, que no produce ningún material sólido residual. El reductor preferido es introducido para hacer la solución aproximadamente 0,02 molar en nitrato de hidroxilamina. Esto reduce

25

30



1

el plutonio en estado de valencia más alta a una valencia de 3 Pu (III) y el neptunio de valencia más alta a una valencia de 4 Np (IV).

5

El extracto así reducido de disolvente de extracción desde la zona 22 es introducido dentro de la zona de concentración 24. En esta fase este extracto es rápidamente añadido a una solución hirviente de ácido nítrico fuerte y se concentra por evaporación por un factor de alrededor de dos. Esto hace ineficaz el reductor introducido en la zona 22 y oxida y estabiliza el plutonio como un complejo aniónico de hexanitrate conteniendo Pu (IV). Simultáneamente se oxida el neptunio presente, sustancialmente por entero a valencias mayores que 4 [Np(> IV)], posiblemente una mezcla de Np (V) y Np (VI).

10

15

20

25

30

El extracto concentrado de disolvente estabilizado de extracción, así producido, es enfriado aproximadamente a 60°C y es introducido en la zona 26 de intercambio de anión de plutonio. Aquí la solución es puesta en contacto con un lecho de resina de intercambio de aniones del tipo de amina cuaternaria de base fuerte, tal como la disponible comercialmente bajo los nombres comerciales de Permutit SK, Dowex-1 y semejantes. El plutonio [Pu(IV)] es preferentemente extraído por la resina, y el neptunio [Np(> IV)] y el uranio quedan sustancialmente sin afectar bajo estas condiciones y pasan, formando un primer refinado acuoso de intercambio de aniones. Subsiguientemente, la resina es lavada con ácido nítrico fuerte para eliminar el uranio y los



1

materiales de producto de fisión, y el lecho de resina conteniendo el plutonio es tratado después con ácido nítrico diluído como una primera corriente de elución para producir una corriente de plutonio [Pu (IV)] sustancialmente libre de uranio, neptunio y productos de fisión.

5

10

Si no se desea la recuperación de neptunio, el primer refinado de intercambio de aniones, conteniendo uranio, neptunio y una traza de productos de fisión, puede introducirse directamente dentro de la zona 32 de deshidratación, de otro modo este primer refinado es tratado como sigue.

15

20

El primer refinado de intercambio de aniones, conteniendo Np ( $>IV$ ) y uranio se trata después en la zona 28 de ajuste de valencia de neptunio con un segundo reductor destruible termalmente, tal como una mezcla de ión ferroso e hidracina, y en una cantidad suficiente para reducir Np ( $>IV$ ) a Np (IV). Simultáneamente, cantidades de trazas de plutonio no extraído en la zona 26 y que pueden estar presentes en el primer refinado, son reducidas a Pu (III).

25

El primer refinado reducido es subsiguientemente mantenido a una temperatura de alrededor de 60°C para hacer ineficaz el segundo reductor y estabilizar el neptunio como Np (IV) y para reoxidar y estabilizar trazas de plutonio como Pu (IV). Un reductor alternativo de neptunio podría ser semicarbazida.

30

En esta condición y mantenido aproximadamente a la misma temperatura, el refinado estabilizado, reducido, primero, de intercambio de aniones, es introducido en la zo-



1 na 30 de intercambio de aniones de neptunio donde se pone  
en contacto con un segundo lecho de resina de intercambio  
de aniones del mismo tipo arriba mencionado al describir la  
5 zona 26 de intercambio de aniones de plutonio. En la zona  
30, el neptunio, como Np (IV) es preferentemente extraído  
por la resina, mientras que el uranio pasa sustancialmente  
sin quedar afectado y es descargado como un segundo refina-  
do de intercambio de aniones. La resina así tratada, es  
10 subsiguientemente lavada con un fuerte ácido nítrico conte-  
niendo ión terroso e hidracina para eliminar uranio, pluto-  
nio y materiales de producto de fisión. Seguidamente la re-  
sina lavada es tratada con una segunda corriente de elución  
comprendiendo ácido nítrico diluido, desplazando por ello  
15 el Np (IV) como una solución de producto sustancialmente li-  
bre de plutonio, uranio y productos de fisión.

El segundo refinado de intercambio de aniones es  
introducido después dentro de la zona 32 de deshidratación,  
donde se calienta para eliminar agua y ácido residual y para  
20 producir un material sólido anhidro, conteniendo el uranio  
como trióxido de uranio ( $UO_3$ ). Los ácidos recuperados se re-  
circulan para nuevo uso en el procedimiento. Los sólidos  
anhidros sustancialmente libres de plutonio y neptunio se des-  
cargan desde la zona 32 y se introducen en la zona de fluo-  
25 rinación 34. Aquí el  $UO_3$  es directamente fluorinado con  
fluor elemental para convertir el  $UO_3$  en hexafluoruro de  
uranio.

El material fluorinado es introducido después en  
la zona 36 de separación de fluoruro en que el hexafluoruro



1

de uranio es separado de otros fluoruros, que pudieran estar presentes, incluyendo las trazas de fluoruros de productos de fisión.

5

10

15

20

25

30

La utilización en este invento de una fase de extracción del disolvente orgánico de paso único sin división para efectuar la separación preliminar de productos de fisión de los productos de uranio y transuránico de irradiación, efectúa una marcada mejora en las operaciones de procedimiento que le siguen, así como en el procedimiento general. Elimina la necesidad de una filtración especial u otro tratamiento de clarificación de las corrientes alimentadoras para las operaciones de intercambio de aniones; reduce sustancialmente la carga de producto de fisión y la simultánea radiación y daño de nitrito en las zonas de intercambio de aniones 26 y 30, y facilita grandemente el control de valencia transuránica en las zonas 22 y 28; reduce sustancialmente los problemas de volatilización de rutenio de producto de fisión en la zona de deshidratación 32; casi elimina los problemas de control en la zona de fluorinación 34 de otro modo asociados con los productos volátiles de fisión, telurio, yodo, milibdeno, antimonio, niobio, tecnecio y rutenio; elimina la necesidad de medios especiales, requeridos de otro modo para acomodar la generación de calor por decaimiento de producto de fisión en la zona de fluorinación 34 y en la zona de separación de fluoruro 36; elimina sustancialmente los problemas de disposición de productos gaseosos y sólidos residuales de otro modo asociados con operaciones en



1 las zonas de fluorinación y separación de fluoruro 34 y 36;  
reduce sustancialmente el blindaje de otro modo requerido  
para el equipo en las zonas de intercambio de iones y de  
5 separación de fluoruro 26, 30 y 36; concentra los productos  
de fisión en una solución de nitrato, de otro modo libre de  
sal, que puede llevarse a calcinación relativamente directa  
en la zona 16; permite la recuperación de producto de fisión  
y de isótopo de transplutonio desde soluciones sustancial-  
10 mente libres de residuos de reactivo de procedimiento;  
entre otros.

#### EJEMPLO I

Haciendo ahora referencia a la figura 2, se ilus-  
tra un diagrama de flujo de una ejecución del invento.

15 La descripción de la figura 2 se efectúa en la forma de un  
ejemplo específico del presente invento, aplicado a la nue-  
va elaboración de combustible de reactor de energía irradi-  
do del tipo  $UO_2$ , que ha sido irradiado hasta aproximadamen-  
te 20.000 mwd/t (megawatios-días/toneladas de uranio). El  
20 combustible irradiado es recibido en la forma de haces de  
aproximadamente 304,8 cms. de largo y 3,75 pulgadas cuadra-  
das. Los haces consisten en una disposición cuadrada de  
6 x 6 de barras de combustible con aproximadamente 0,05 pul-  
gadas de diámetro, revestidas con un tubo de aleación de  
25 circonio y conteniendo originalmente  $UO_2$  de alrededor 2,0%  
de enriquecimiento (2,0% U-235). Las cantidades relativas  
de uranio, transuránicos (plutonio y neptunio) y productos  
de fisión presentes en tal combustible irradiado y expresa-  
das como si estuvieran en forma elemental, son aproxima-  
30 damente como sigue:



1

T a b l a 1

Composición de combustible irradiado

U	1,000	kg
5 Pu	6,9	kg
Np	0,35	kg
Productos de fisión	12	kg

10 Los haces de combustible irradiados se introducen dentro de la zona 50 de preparación mecánica. Aquí se separan los canales, fardos elevadores y piezas de nariz y las barras de combustible se cortan en piezas de aproximadamente 3 pulgadas de largo. El combustible así tratado es introducido en el disolvente 52 para disolución. El agente disolvente es ácido nítrico fuerte. Se introduce ácido de preparación a través de la tubería 54 junto con ácido de repetición de ciclo introducido a través de la tubería 138, para formar una solución aproximadamente 7 molar. Esta solución se hace recircular a través del disolvente 52 y las tuberías 62 y 64 provistas de válvulas 58 por medio de un elevador de aire, en que se introduce el aire a través del conducto 66 y válvula 68. El aire elevador y gases desprendidos durante la disolución del combustible se purgan hacia una pila 53 a través de medios eliminadores de gas 55, tales como lavadores, reactores de plata y filtros.

25

Después de la disolución del material de combustible y con la válvula 58 cerrada, la solución disolvente acuosa es descargada a través de las tuberías 64, 70 y de la válvula 65 por medio de una bomba de chorro 74 a través de la

30



1

línea 72 dentro del tanque de marcha 76 a un grado controlado por la válvula 73 en la tubería 71 de admisión de vapor. La solución es aproximadamente 3 molar en ácido nítrico al final de un ciclo de disolución. Las carcassas de metal de revestimiento sin disolver mantenidas en un cesto no mostrado, de separan del disolvente 52 y a continuación de la separación de la solución disolvente, se introduce una carga subsiguiente de combustible irradiado. El ciclo disolvente se repite y las soluciones disolventes así producidas se acumulan en el tanque de marcha 76.

5

10

La extracción de disolvente y las operaciones de separación de extracto se realizan en las columnas 80 y 82. Estas columnas son de construcción conocida y pueden estar provistas de placas de contacto, bandejas o empaquetadura sólida para fomentar el contacto de líquido con líquido. Preferentemente las columnas son del tipo de impulsos para obtener adecuado contacto y flujo del disolvente orgánico y de las corrientes acuosas. En la columna de extracción 80 la fase orgánica es la fase continua, y la fase acuosa es discontinua. En la columna lavadora 82, la fase orgánica es discontinua y la fase acuosa continua.

15

20

25

La solución disolvente es pasada desde el tanque de marcha 76 por medio de la bomba 83 a través de la línea 86 y la válvula 88 dentro de un punto intermedio de la columna 80 de extracción de disolvente. Esta solución contiene alrededor de 360 g/litro de uranio como hexahidrato de nitrato de uranio y es alrededor de 3 molar en ácido ní-

30



1

trico. Acido nítrico de concentración aproximada 3 molar se introduce en la cima de la columna 80 por la tubería 90 y válvula 92, en un grado de flujo volumétrico aproximadamente igual al de la alimentación. Una solución normal de dodecano de tributilfosfato se introduce en el fondo de la columna 80, a través de la línea 94 y válvula 96. El régimen de flujo volumétrico del disolvente es aproximadamente 400% de la alimentación de la columna 80. En la porción de la columna 80 debajo del punto de alimentación, el disolvente orgánico se pone en contacto de contracorriente con la solución de alimentación acuosa de ácido nítrico y extrae el uranio, plutonio, neptunio y algunos de los productos de fisión dentro del disolvente orgánico. La fase orgánica cubre en la columna pasando del punto de alimentación, hasta la porción superior de la columna. Aquí el extracto orgánico es puesto en contacto en contracorriente con el ácido nítrico, que sirve para barrer de la fase orgánica, sustancialmente todos los productos de fisión. Estos materiales retornan descendiendo a través de la columna en la fase acuosa pasando del punto de alimentación hacia la zona inferior para nuevo tratamiento.

5

10

15

20

Desde el fondo de la columna 80 a través de la tubería 98 y válvula 100 se produce un refinado de extracción de disolvente acuoso, conteniendo la porción principal de los productos de fisión, así como trazas residuales de uranio y transuránicos, y se introduce dentro de la zona 102 de deshidratación. Aquí el refinado de extracción de

25

30



1

disolvente es puesto en ebullición para evaporar agua y con  
centrar la solución de sal de nitrato. Esta solución puede  
ser pasada a través de la tubería 104 y 105 y válvula 107  
5 para ulterior elaboración para recuperar materiales radiac-  
tivos especiales. De otro modo, la solución pasa a través  
de las tuberías 104 y 109 y válvulas 106 al calcinador 108.  
Si se desea, a esta solución pueden añadirse materiales di-  
luyentes que, después de calcinación, forman sólidos de pro-  
10 ducto de fisión - diluyente, teniendo características mejo-  
radas de almacenaje de desperdicios. Tales materiales in-  
cluyen nitrato de zinc, nitrato de aluminio y los boratos,  
fosfatos y silicatos de álcali y metales alcalino-térreos.  
En todo caso, la calcinación descompone las sales de nitra-  
15 to, transforma ácido nítrico y óxidos mixtos de nitrógeno  
y produce los productos de fisión en forma anhidra. Los  
sólidos anhidros son descargados del calcinador 108 a tra-  
vés del conducto 110 y se envían a un adecuado almacenaje  
blindado.

20

El vapor de agua, los vapores de ácido nítrico y  
óxidos mixtos de nitrógeno, desarrollados en las zonas 102  
y 108, son pasados a través de la tubería 112 al sistema 114  
de recuperación de ácido nítrico. Los gases no condensa-  
bles (principalmente nitrógeno) son separados y enviados a  
25 la pila 53 a través de la tubería 132. El ácido nítrico  
concentrado producido es recirculado al disolvente 52 a tra-  
vés de la tubería 138 y válvula 140.

30

Desde la cima de la columna 80 a través de la tube



1

ría 140 al régimen de rebosamiento se separa el extracto orgánico conteniendo el uranio, plutonio y neptunio y una traza de productos de fisión. Esto constituye la alimentación

5

introducida en el fondo de la columna 82 barredora de disolvente. Acido nítrico diluído (aproximadamente 0,01 molar)

es introducido en la cima de la columna 82 a través de la línea 142 y válvula 144 a un régimen de flujo aproximadamente igual al régimen de alimentación de la columna 82. La fase

10

orgánica asciende a través de la columna 82 en contracorriente al ácido nítrico diluído descendente. En estas condiciones, el ácido nítrico extrae el uranio, plutonio y neptunio

de la fase orgánica, produciendo un extracto de extracción de disolvente pobre y de disolvente acuoso. Este extracto

15

es separado del fondo de la columna 82 a través del conducto 146 y válvula 148 y se trata ulteriormente como se describe más abajo para separación y recuperación del uranio, plutonio y neptunio.

20

El producto superior de la columna 82 consistente en el disolvente pobre orgánico, se introduce a través de la tubería 150 dentro de la columna lavadora alcalina 152.

Una solución diluída de carbonato sódico se introduce a través de la línea 154 y válvula 156 en contracorriente en contacto con el disolvente, que pasa a través de la tubería 158

25

a la columna lavadora de ácido 160. El desperdicio acuoso es retirado a través de la tubería 162 y válvula 164. El disolvente en la columna 160 se pone en contacto con ácido nítrico diluído, introducido a través de la tubería 166 y

30



1  
válvula 168. El desperdicio acuoso se descarga a través  
de la tubería 170 y válvula 172. El disolvente reacondicio-  
nado se devuelve desde la columna 170, a través de la tube-  
5 ría 171, al tanque 173. El disolvente preparador puede ser  
añadido a través de la tubería 174 y válvula 176, y el disol-  
vente orgánico es retornado por la bomba 178 y tubería 94  
volviendo a la columna 80. Las corrientes de residuos acuo-  
sos se descargan en la zona 177 de tratamiento de bajo nivel  
10 (radiactividad) y de disposición para inmovilización, tal  
como por aplicación de técnicas de mezcla con asfalto.

Debe observarse que esta operación de extracción  
de disolvente, recién descrita, no comprende una partición  
o separación de uranio respecto al plutonio y neptunio, sino  
15 que es más bien una separación de estos materiales como una  
mezcla de la mayor parte de los productos de fisión y resi-  
duos insolubles, finamente diluidos, transferidos desde el  
disolvente 52. Además la concentración de ácido nítrico en  
la fase acuosa de la columna 80 de extracción se mantiene a  
20 valores relativamente altos (alrededor de 3 molar o por en-  
cima) para suprimir la extracción por la fase orgánica de  
productos de fisión, que son volátiles como fluoruro (tal  
como rutenio).

Desde el fondo de la columna 82 a través de la tu-  
25 bería 146 se separa el extracto de extracción de disolvente  
acuoso conteniendo el uranio, plutonio y neptunio y con una  
traza de productos de fisión, que tiene aproximadamente la  
siguiente composición:



1

T a b l a 2

Extracto acuoso

U	90	gramos/litro
6 Pu (IV), (VI)	0,6	gramos/litro
Np (IV), (V), (VI)	0,03	gramos/litro
HNO <sub>3</sub>	0,2	molar

10 en la porción de la figura 2 que ilustra las fases de procedimiento para recuperar el plutonio y el neptunio, los principales conceptos de equipo son el concentrador 180 de extracto de extracción de disolvente, provisto de un lavador de vapor 182 y recocedor 184; refrigerador 186; intercambiador de aniones 188 de plutonio, provisto de válvulas de aislamiento 190, 192 y 194 dividiendo el intercambiador, 15 en zona de extracción de plutonio 196, zona lavadora 198 y zona de elución de plutonio 200; y el intercambiador de aniones de neptunio 202, provisto de válvulas de aislamiento 204, 206 y 208 dividiendo el intercambiador, en zona 20 de extracción de neptunio, zona lavadora 212 y zona de elución de neptunio 214.

25 El extracto de extracción de disolvente a una temperatura de alrededor de 45°C se introduce a través de la tubería 146 y válvula 148, en mezcla con una cantidad suficiente de un reductor de plutonio termalmente destructible (tal como aminoguanidina, semicarbacida, ión ferroso, ácido ascórbico) y preferentemente nitrato de hidroxilamina, introducido a través de una tubería 220 y válvula 222. Esto es controlado para aumentar la concentración de producto

30



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

reductor en el extracto hasta alrededor de 0,02 molar. La mezcla líquida fluye a través de la tubería 224 hacia la cima del lavador de vapor 182 donde pasa descendiendo en contracorriente para elevar vapor de agua y vapor de ácido nítrico volatilizado en el recocedor 184. Los vapores superiores son condensados en el condensador 220 y retornados en parte a través de la línea 228 y válvula 230 como reflujo al lavador de vapor 182 y en parte se reciclan a través de la tubería 124 y válvula 126 y pueden introducirse en la cima de la columna 82 lavadora de disolvente.

Durante el paso del reductor de extracción de disolvente plutonio a través de la tubería 224 y descendiendo a través del lavador de vapor 182, se completa la reducción de plutonio a Pu (III) y la reducción del neptunio a Np (IV) y las reacciones, que en estas condiciones requieren un tiempo, que puede variar entre alrededor de 3 a 10 minutos y una concentración de ácido, que no exceda de alrededor de 2 molar. Esta reducción podría efectuarse en cualquier equipo adecuado de reacción, a condición de que la cantidad de tiempo y estas condiciones, pero en todo caso tiene que permitirse proseguir al completamiento antes de la introducción de la mezcla rápidamente dentro de la corriente de fondos de concentrador de alta acidez, que se hace recircular en el recocedor 184. Circulando a través del recocedor 184 y de las tuberías 232, 234 y 236, junto con plutonio altamente ácido y efluentes de neptunio de barrido devueltos al ciclo a través de la línea 238 se encuentran la corriente de



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

fondos de concentrador, mantenida en condiciones de ebullición, en este ejemplo aproximadamente 110°C, y teniendo aproximadamente la siguiente composición:

T a b l a 3

Fondos de concentrador

U	180	gramos/litro
HNO <sub>3</sub>	7	molar
Pu (IV)	1,2	gramos/litro
Np (IV)	0,06	gramos/litro

Quando el reductor de plutonio y el extracto de extracción del disolvente pasa descendiendo desde el barredor de vapor 182 y es rápidamente mezclado con la corriente de fondos de concentrador de ácido nítrico 7 molar hirviente, se destruye el reductor, el ácido nítrico 7 molar oxida el neptunio presente para obtener Np (>IV) y oxida y estabiliza el plutonio como Pu (IV). El concentrado de extracto estabilizado, así reducido, es extraído a través de la tubería 240 y válvula 242 y se enfría hasta alrededor de 60°C en el refrigerador 182. En esta condición el concentrado está en condición para separación de plutonio desde neptunio y uranio en el intercambiador 188 de aniones de plutonio. La concentración de ácido nítrico, mantenida en el recocedor 184 es de importancia crítica para el perfecto ajuste de las valencias de plutonio y neptunio. Para este propósito la acidez de la corriente de fondos del concentrador tiene que ser suficiente para formar los complejos de hexanitrateo de plutonio, especialmente por lo menos alrededor de 4 molar en ácido nítrico y preferentemente alrededor de 7 molar.

34 NOV



- 24.-

1

Ambos intercambiadores de aniones 188 y 202 mostrados en la figura, están comercialmente disponibles como equipo de contacto de resina de intercambio de aniones de lecho semicontinuo móvil aunque también podría utilizarse equipo de lecho de resina estacionaria. Este equipo no se describirá ulteriormente en detalle, excepto para observar que en el funcionamiento las diversas corrientes del fluido, corren a través de las zonas individuales de contacto (196, 198 y 200; 210, 212 y 214) mientras que las válvulas de aislamiento (190, 192 y 194; 204, 206 y 208) se cierran y el lecho de resina es estacionario, que por medios convencionales no mostrados, el lecho de resina puede ser movido en un valor, determinado previamente, de modo periódico, en una dirección contraria a la marcha del reloj (como en el equipo ilustrado en la figura 2) mientras se terminan los flujos de fluido y están abiertas las válvulas de aislamiento y porque a continuación del cierre de las válvulas de aislamiento los flujos de fluido se reanudan, procurando así un sistema semi-continuo de extracción, lavado y elución.

15

20

La corriente de fondos de concentrador, teniendo la composición dada en la Tabla 3, se introduce a través de la tubería 240 y se hace pasar a través de la zona 196 de extracción de plutonio del intercambiador 188 de aniones de plutonio. El plutonio se extrae por la resina de un modo sustancialmente cuantitativo formando un primer refinado de intercambio de aniones, que es descargado a través de la línea 244. Esta corriente tiene la siguiente composición aproximada:

25

30



1

T a b l a 4

Primer refinado de intercambio de aniones

	U	165	gramos/litro
5	HNO <sub>3</sub>	6,5	molar
	Pu	traza	
	Np (IV)	0,06	gramos/litro

La resina presente en la zona lavadora 198, previamente cargada con plutonio, al paso a través de la zona de tracción 196, se lava con ácido nítrico 6 molar a una temperatura de 60°C y se introduce a través de la tubería 247 y válvula 249 para suprimir cantidades de traza de uranio y contaminantes de productos de fisión adquiridos en la zona de extracción 196. El resultante efluente de lavado de plutonio es separado de la zona lavadora 198 a través de la tubería 250 y válvula 252 y se retorna a través de la tubería 238 para nuevo tratamiento en el recocedor 184.

La resina, presente en la zona de elución de plutonio 200, lavada, sustancialmente libre de contaminantes, se pone en contacto con ácido nítrico 0,6 molar, como una primera corriente de elución a una temperatura de alrededor de 60°C, introducida a través de la tubería 254 y válvula 256. Esto eluye el plutonio de la resina y produce a través de la tubería 258 y válvula 260, un primer efluente de elución acuosa, que es la solución de producto de plutonio teniendo la siguiente composición:

T a b l a 5

Solución de producto de plutonio

30

14



1

Pu	15	gramos/litro
HNO <sub>3</sub>	4,5	molar

5

Esta corriente puede ser ulteriormente tratada en un concentrador no ilustrado, pareciéndose el equipo al re- cocedor 184 para producir una solución de nitrato acuoso del plutonio de aproximadamente 250 gramos/litro de concentra- ción.

10

Si no se desea la recuperación de neptunio, el pri- mer refinado de intercambio de aniones, producido de la zona 196 de extracción de plutonio a través de la tubería 244, puede ser pasado (con la válvula 246 cerrada) a través de la línea 251 y válvula 253 a las facilidades de refrigeración de uranio, descritas subsiguientemente. De otro modo el pri- mer refinado es tratado como sigue:

15

La primera solución de refinado producida de la zona 196 de extracción de plutonio y teniendo la composición dada en la Tabla 4 y a una temperatura de alrededor de 60°C se hace pasar a través de la línea 244 y válvula 246 y se combina con un reductor de neptunio termalmente destructible, introducido alrededor de 20°C a través de la tubería 258 y válvula 260. El reductor tiene la siguiente composición:

20

T a b l a 6

Reductor de neptunio

25

Ión ferroso	1	molar
Nitrato de hidracina	2	molar
HNO <sub>3</sub>	1	molar

La cantidad de reductor de neptunio, así añadida,

30

1 es controlada para reducir todo el Np ( $\text{Np}(\text{IV})$ ) a Np (IV), que  
puede hacerse manteniendo la concentración de reductor de  
aproximadamente 0,02 molar en la mezcla. Esto también re-  
5 duce cualquier plutonio presente a Pu (III) pero a la tempe-  
ratura operatoria de 60°C el reductor es finalmente destruí-  
do, después de lo cual el plutonio se reoxida a Pu (IV) en  
la solución. Sin embargo, el neptunio permanece como Np  
(IV). Otro reductor adecuado de neptunio es semicarbácida.  
10 El así tratado primer refinado es después introducido como  
alimentación a través de la tubería 262 al intercambiador  
202 de aniones de neptunio.

Este intercambiador es esencialmente idéntico en  
estructura y funcionamiento al intercambiador 188 de anio-  
15 nes de plutonio, arriba descrito. El segundo refinado de  
intercambio de aniones descarga desde la zona 210 de extrac-  
ción de neptunio a través de la tubería 264 y válvula 266  
siendo una solución acuosa de ácido nítrico de nitrato de  
uranilo teniendo aproximadamente la siguiente composición:

20 T a b l a 7

Solución de uranio

(Segundo refinado de intercambio de aniones)

U	160	gramos/litro
HNO <sub>3</sub>	6,3	molar
25 Ión férrico	0,02	molar

Esta corriente de uranio es ulteriormente tratada  
como se describe más abajo.

Una solución lavadora de ácido nítrico aproximada



1 mente a 60°C y teniendo aproximadamente la siguiente composición, se introduce dentro de la zona lavadora 212 a través de la línea 268 y válvula 270;

5 T a b l a 8

Lavado de neptunio

Ión ferroso	0,02	molar
Hidracina	0,04	molar
HNO <sub>3</sub>	6	molar

10 y produce, a través de la tubería 272 y válvula 274, un efluente lavador de neptunio, que se hace retornar a través de la tubería 238 al recolector 184.

15 La resina así cargada y lavada en la zona de elución 214, se pone en contacto, a una temperatura de alrededor de 60°C, con ácido nítrico 0,6 molar, como una segunda corriente de elución introducida a través de la línea 276 y válvula 278 y produce a través de la tubería 280 y válvula 282 la solución de producto de neptunio, teniendo la siguiente solución aproximada:

20 T a b l a 9

Solución de producto de neptunio

Np	1,2	gramos/litro
HNO <sub>3</sub>	3	molar

25 Esta solución de producto puede tratarse ulteriormente en un concentrador no mostrado, siendo un equipo semejante al recolector 184 para producir una solución acuosa de nitrato de neptunio de aproximadamente 40 gramos/litro.

La segunda corriente de refinado de intercambio



1 de aniones, producida del intercambiador 202 de aniones de  
neptunio, a través de la tubería 246, ( o el primer refina-  
do producido del intercambiador 188 de aniones de plutonio  
5 a través de las tuberías 244 y 251 en el caso de que no se  
desée la recuperación de neptunio) es la corriente portado-  
ra de uranio, sustancialmente libre de plutonio, neptunio y  
productos de fisión. Esta corriente acuosa es pasada por  
medio de la tubería 290 al deshidratador 292, en que la so-  
lución es evaporada para formar una solución concentrada de  
10 hexahidrato de nitrato de uranio entre 60 y 100%. El agua  
y ácido nítrico diluido desarrollados se hacen pasar a tra-  
vés de la tubería 294 a la segunda zona 293 de recuperación  
de ácido nítrico. Los gases no condensables de la zona 293  
15 son enviados a través de la tubería 295 a la pila 53. El  
ácido nítrico recuperado puede ser devuelto al ciclo en el  
procedimiento, por ejemplo, por retorno a través de la línea  
297 al recocedor, 184.

20 La solución concentrada desde el deshidratador 292  
se hace pasar a través de la tubería 296 y válvula 298 al  
calcinador 300. Aquí la solución concentrada es calcinada  
a una temperatura de alrededor de 300°C que convierte el ura-  
nio sustancialmente por completo en trióxido de uranio ( $UO_3$ )  
y los productos seleccionados de fisión a sus respectivas  
25 formas de óxido. La humedad residual, ácido nítrico y óxi-  
dos mixtos de nitrógeno se separan a través de la tubería  
302 y pueden ser introducidos en la zona 293 de recuperación  
de ácido nítrico. Algún rutenio de producto de fisión tam-



1  
bién puede volatilizarse en esta fase de calcinación y se  
separa de los gases desprendidos por medios 304 de absorción  
de contacto.

5 Los sólidos calcinados se separan del calcinador  
300 a través de la tubería 306 y se introducen directamente  
en la zona 308 de fluorinación. Estos materiales se ponen  
en contacto por fluor elemental a temperaturas entre alre-  
dedor de 300°C y 600°C para convertir el trióxido de uranio  
10 en hexafluoruro de uranio y las cantidades en trazas de pro-  
ducto de fisión, que pudieran estar presentes, en sus res-  
pectivos fluoruros. El fluor es introducido a través de la  
tubería 310 y válvula 312.

15 Los vapores de producto de la fase de fluorinación  
comprenden principalmente una mezcla de hexafluoruro de  
uranio y una traza de plutonio, neptunio y fluoruros de pro-  
ductos de fisión. Periódicamente se separan los fluoruros  
desde el fluorinador 308 a través de la tubería 313 y válvu-  
la 315 y pueden enviarse a la instalación 177 de residuos  
20 de bajo nivel. Los vapores superiores del fluorinador 308  
se hacen pasar por medio de la tubería 314 dentro y a tra-  
vés de las columnas de absorción 316 y 318 para separar tra-  
zas de fluoruros, distintos al hexafluoruro de uranio. La  
corriente de hexafluoruro de uranio, conteniendo gases no  
25 condensables, se hace pasar al depósito frío 320. Los pro-  
ductos no condensables se envían a través de la tubería 322  
a la pila 53. Los materiales vaporizados, esencialmente he-  
xafluoruro de uranio, intermitentemente separados del depó-



1

5

10

15

20

25

30

sito frío 320, se producen como productos de procedimiento a través de la tubería 324 y válvula 326. Si se desea, el hexafluoruro de uranio puede ser ulteriormente purificado, haciéndole pasar a través de la línea 328 y válvula 329 dentro de la columna de destilación 330 provista de condensador superior 332 y recocedor 334. En este caso, el hexafluoruro de uranio contaminado es separado a través de la tubería 336 y válvula 338 y puede devolverse al ciclo del fluorinador 308. La parte superior es el producto ulteriormente purificado del procedimiento de hexafluoruro de uranio, separado a través de la tubería 340 y válvula 342.

De lo que antecede se observará que la combinación de una extracción preliminar de disolvente sin partición y la operación de lavado fomenta grandemente las operaciones de intercambio de aniones, en que se recupera plutonio ( y neptunio si se desea) y las operaciones de fluorinación, en que se produce hexafluoruro de uranio. Las diferentes ventajas específicas y mejoras halladas, que deben resultar, han sido discutidas anteriormente.

En los dibujos, las letras tienen el siguiente significado:

A = Preparación mecánica;

B = Disolución de combustible;

C = Extracción de disolvente orgánico;

D = Deshidratación;

E = Barrido de extracto;

F = Limpieza de disolvente;

G = Ajuste de valencia de plutonio;

H = Concentración de extracto acuoso;

I = Intercambio de aniones de plutonio;

J = Ajuste de valencia de neptunio;

K = Intercambio de aniones de neptunio;

L = Deshidratación;



- 1
- M = Fluorinación ;
- N = Separación de fluoruro;
- O = Producto de uranio (como hexafluoruro);
- 5 P = Recuperación de ácido nítrico;
- Q = Desperdicio de bajo nivel;
- R = Extracción de fase única sin separación de disolvente;
- a = Combustible irradiado;
- 10 ai = aire;
- b = ácido;
- c = nuevo ciclo de ácido
- ch= calcinador;
- d = envueltas;de revestimiento;
- 15 dd= procede la fig. 2 A;
- e = extracto orgánico;
- f = nuevo ciclo de disolvente;
- g = refinado acuoso;
- h = extracto acuoso;
- 20 i = reductor de plutonio;
- j = producto de fisión;
- k = primera corriente de elución;
- l = ácido de nuevo ciclo;
- m = producto de plutonio;
- n = reductor de neptunio;
- ñ = fluorinador;
- o = segunda corriente de elución;
- p = producto de neptunio;
- q = fluor;
- r = producto de UF<sub>6</sub>;
- s = fluoruros residuales;
- st= carbonato diluido;
- u = ácido diluido;
- v = óxidos de producto de fisión sólido;
- w = concentrador de extracto acuoso;
- x = intercambiador de aniones de plutonio;
- y = intercambiador de aniones de neptunio;
- z = deshidratador;

-----

N O T A . -

=====

25

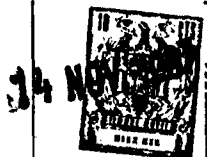
La presente patente de adición, comprende las siguientes reivindicaciones:

30



1  
5  
10  
15  
20  
25  
30

1.- Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal nº 294.442 concedida por "Procedimiento de regeneración de combustible para reactores nucleares irradiado" comprendiendo la presente patente de adición un procedimiento para tratar combustible irradiado de reactor nuclear para recuperar uranio y por lo menos un isótopo transuránico, sustancialmente libre de productos de fisión, que comprende las operaciones de disolver dicho combustible en un ácido mineral fuerte, formando una solución acuosa disolvente y tratando subsiguientemente dicha solución disolvente para separar dicho uranio y dicho isótopo transuránico de la misma, de modo sustancialmente libre de dichos productos de fisión, caracterizado por las fases de separar dicho uranio, isótopos transuránicos y productos de fisión entre sí, comprendiendo la puesta en contacto de dicha solución disolvente con un disolvente orgánico pobre, formando un extracto orgánico conteniendo dicho uranio e isótopo transuránico y forman un refinado de extracción de disolvente acuoso, conteniendo dichos productos de fisión, deshidratando dicho refinado acuoso para recuperar del mismo los citados productos de fisión, lavando dicho extracto orgánico para producir dicho disolvente orgánico pobre y un extracto de extracción de disolvente acuoso, conteniendo dicho uranio y dicho isótopo transuránico, poniendo en contacto dicho extracto acuoso con una resina de intercambio de aniones para extraer dicho isótopo transuránico, formando un refinado acuoso de intercambio de aniones, conteniendo dicho



1  
5  
10  
15  
20  
25  
50

uranio, eluyendo dicho isótopo transuránico desde dicha resina, deshidratando dicho refinado acuoso de intercambio de aniones y calcinando los sólidos resultantes para convertir dicho uranio en óxido de uranio y fluorinando dicho óxido de uranio para producir hexafluoruro de uranio como un producto.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por la fase de mantener la concentración ácida en dicha solución disolvente a un valor por lo menos alrededor de 3 molar durante el contacto con dicho disolvente orgánico para inhibir la extracción de dicho disolvente de productos de fisión, que son volátiles como fluoruros.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1, en que dicha solución de disolvente es contaminada con residuos sólidos insolubles, finamente divididos, caracterizado por las operaciones de mantener dicho disolvente orgánico como la fase continua durante el contacto con dicha solución de disolvente y manteniendo dicho extracto orgánico como la fase discontinua durante el lavado de dicho extracto orgánico, por lo que dichos residuos sólidos insolubles son concentrados preferencialmente con productos de fisión solubles en dicho refinado de extracción de disolvente acuoso.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, en que dicho extracto orgánico también contiene una traza de dichos productos de fisión, que contaminan dicho extracto de extracción de disolvente, caracterizado por las operaciones de lavar dicha resina de intercambio de iones con una corriente lavadora siguiendo el contacto con dicho extracto de extracción de disolvente acuoso y antes de elucción de dicho



1 isótopo transuránico del mismo, para separar productos de  
fisión de dicha resina como un efluente de lavado y permi-  
tir la elución de un producto transuránico sustancialmente  
5 libre de producto de fisión, desde dicha resina, haciendo  
recircular dicho efluente lavador, en combinación con dicho  
extracto de extracción de disolvente acuoso, por lo que di-  
cha traza de productos de fisión aparece en el citado refi-  
nado de intercambio de aniones con dicho uranio y como fluo-  
10 ruros de producto de fisión en mezcla con dicho hexafluoru-  
ro de uranio, y separando dicho hexafluoruro de uranio des-  
de dichos fluoruros de producto de fisión.

15 5.- Procedimiento según la reivindicación 1, ca-  
racterizado porque dicho isótopo transuránico comprende  
plutonio.

20 6.- Procedimiento según la reivindicación 1, ca-  
racterizado porque dicho isótopo transuránico comprende plu-  
tonio y neptunio.

25 7.- Procedimiento según la reivindicación 1, para  
recuperar uranio y por lo menos un isótopo transuránico des-  
de una solución disolvente acuosa desde combustible irradia-  
do de reactor nuclear, incluyendo productos de fisión y re-  
sólidos sólidos insolubles, finamente divididos, y en que  
dicho isótopo transuránico es extraído desde dicha solución  
de disolvente por medio de una resina de intercambio de anio-  
nes, en la presencia de dicho uranio dejando un refinado  
acuoso, conteniendo dicho uranio y productos de fisión, di-  
cho isótopo transuránico es eluido de dicha resina, dicho  
refinado es hidratado y calcinado a una mezcla de óxido de  
30



1

uranio y óxidos de productos de fisión, dicha mezcla de óxi-  
dos es fluorinada en la sustancial ausencia de dicho isóto-  
po transuránico para formar una mezcla de hexafluoruro de  
5 uranio y fluoruros de producto de fisión, y dicha mezcla de  
fluoruros es fraccionada para recuperar dicho hexafluoruro  
de uranio, caracterizado por las operaciones de poner en  
contacto dicha solución disolvente como la fase discontinua  
con un disolvente orgánico pobre como la fase continua for-  
10 mando un extracto orgánico, conteniendo dicho uranio y di-  
cho isótopo transuránico por lo menos una unidad y formando  
un refinado de extracción de disolvente acuoso conteniendo  
la parte principal de dichos productos de fisión incluyendo  
dichos residuos sólidos, lavando dicho extracto orgánico pa-  
15 ra producir un disolvente orgánico pobre y para producir un  
extracto de extracción de disolvente acuoso, conteniendo di-  
cho uranio y por lo menos uno de dichos isótopos transuráni-  
cos y una parte menor de dichos productos de fisión, pero  
sustancialmente libre de dichos residuos sólidos, extrayen-  
20 do dicho isótopo transuránico por medio de dicha resina de  
intercambio de aniones por dicho extracto de extracción de  
disolvente en la sustancial ausencia de dichos residuos só-  
lidos para producir un refinado de intercambio de aniones,  
sustancialmente libre de isótopo transuránico, y deshidra-  
25 tando dicho refinado de extracción de disolvente acuoso y  
calcinando los sólidos resultantes, para producir dichos  
productos de fisión y residuos sólidos como una mezcla de  
óxido, sustancialmente libre de dicho uranio y dicho isóto-  
po transuránico.

30



14 NOV. 1967

1

8.- Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por la operación de controlar la acidez de la solución disolvente a un valor de por lo menos aproximadamente 3 molar para inhibir la extracción del rutenio de producto de fisión por el disolvente orgánico, eliminando por ello sustancialmente el fluoruro de rutenio desde la mezcla de hexafluoruro de uranio y fluoruros de producto de fisión.

5

10

9.- Mejoras introducidas en el objeto de la patente principal Nº 294.442 concedida por "Procedimiento de regeneración de combustible para reactores nucleares irradiado.

15

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los planos que se adjuntan, y cuya memoria consta de treinta y siete hojas foliadas escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a 14 NOV. 1967

CARLOS ROEB  
E.E.

20

25

30

14 NOV 1967  
512 01

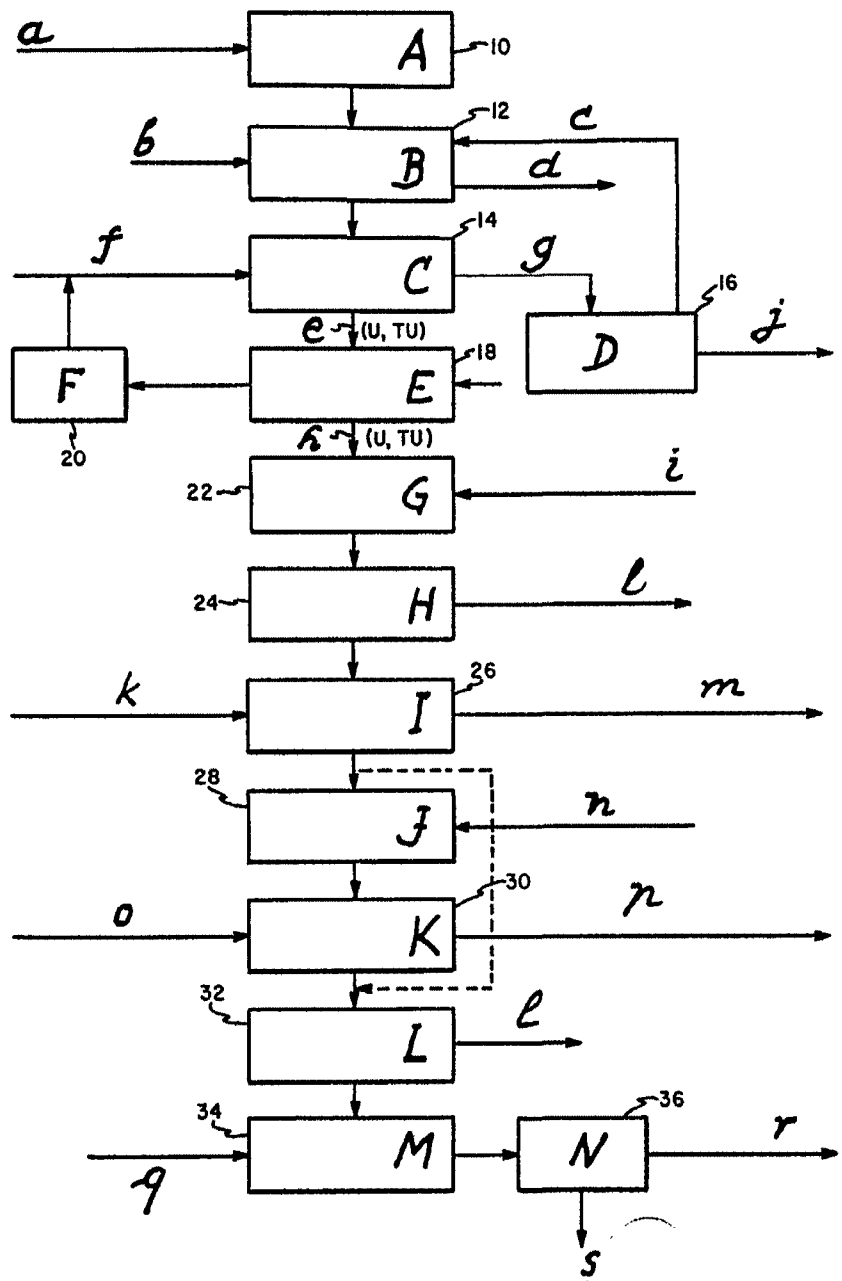


Fig. 1

ESCALA VARIABLE

CARRERAS

*[Handwritten signature]*

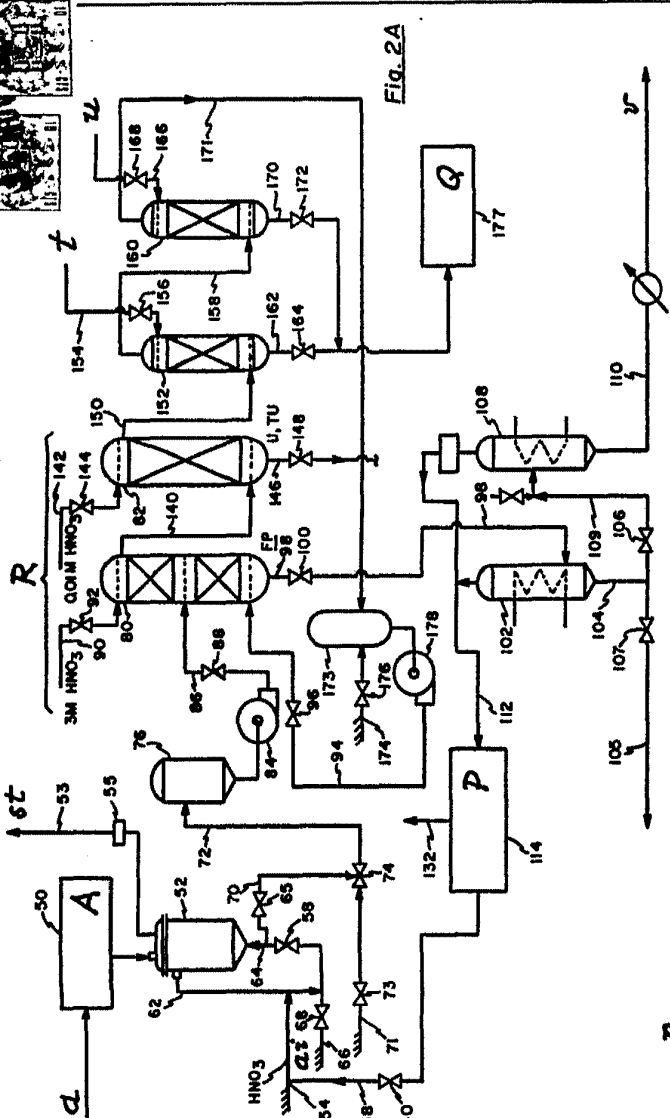


Fig. 2A

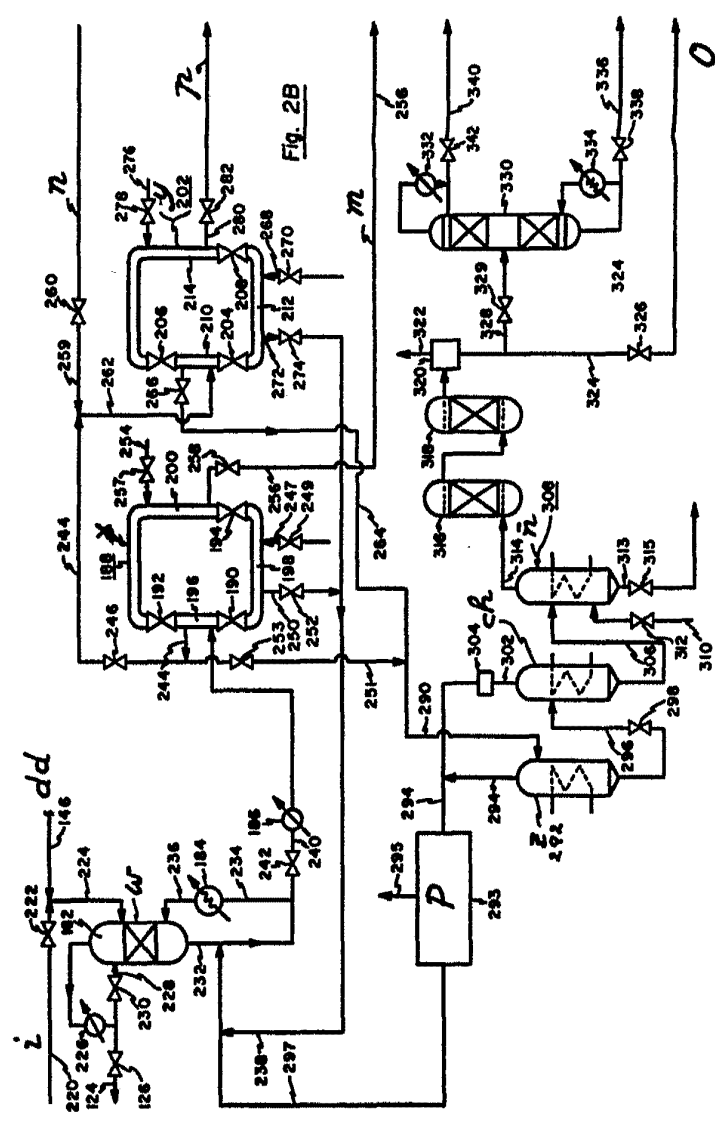


Fig. 2B

**ESCALA VARIABLE**  
 CARLOS ROEM  
*Carlos Roem*



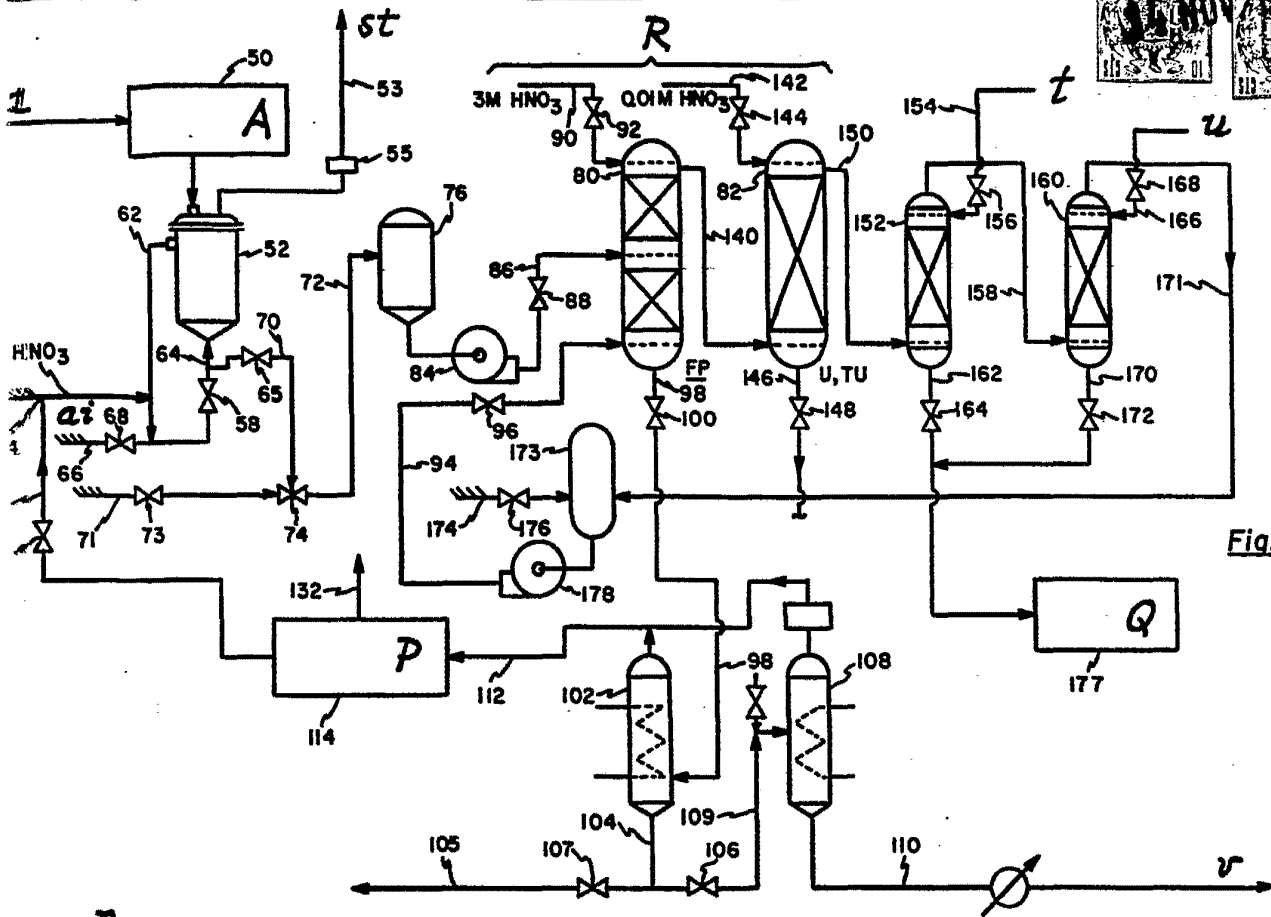


Fig. 2A

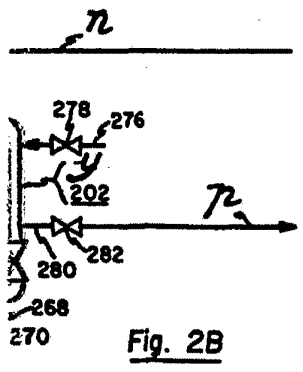
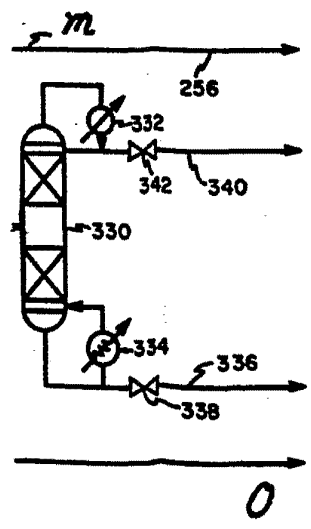


Fig. 2B



ESCALA VARIABLE

CARLOS ROED