

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA
 Registro de la Propiedad Industrial



ESPAÑA

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

19 ES

11

21

22

NUMERO	478.856
FECHA DE PRESENTACION	9-3-1979

10 A1

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	G 21 F 9/30	

64 TITULO DE LA INVENCION
"PROCEDIMIENTO PIRO-ELECTROQUIMICO PARA EL REPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLES NUCLEARES IRRADIADOS"

71 SOLICITANTE (ES)
AGIP NUCLEARE S.p.A., sociedad anónima italiana.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
ROMA (Italia), Piazzale E. Mattei, 1

72 INVENTOR (ES)
Giovanni BRAMBILLA, Adelmo SARTORELLI

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
Don JOSE MIGUEL GOMEZ-ACEBO Y POMBO

La presente invención se refiere a un procedimiento piro-electroquímico para el reprocesamiento de combustibles nucleares irradiados, provenientes preferiblemente de reactores rápidos.

5 El procedimiento piro-electroquímico, objeto de la presente invención, se aplica a los óxidos sintetizados mixtos UO_2 - PuO_2 , a los carburos mixtos UC-PuC y también a los óxidos y carburos individuales de uranio, plutonio y torio y sus mezclas.

10 El reprocesamiento de combustibles irradiados en reactores rápidos plantea una serie de nuevos problemas que se resumen brevemente a continuación.

En el reprocesamiento por vía acuosa, la elevada potencia residual del combustible no debe comprometer por radiolisis la estabilidad de la fase orgánica.

15 Se requieren por tanto tiempos de enfriamiento más bien prolongados (6 - 9 meses).

En los procedimientos por vía seca, en los que los reactivos empleados son insensibles a las radiaciones, el tiempo de enfriamiento puede resultar notablemente reducido (1 mes).

20 La abreviación de los tiempos de permanencia fuera de la pila del combustible rápido, con alto valor residual, permite también un notable ahorro en los intereses pasivos ligados a la inmovilización del plutonio.

25 Las elevadas tasas de combustión ("burn-up") y los numerosos reciclajes a que se verán sometidos los combustibles descargados en el futuro de los reactores rápidos están destinados a modificar sustancialmente el cuadro del reprocesamiento.

En efecto, hasta que el plutonio es recuperado de combustibles con bajo tiempo de exposición, la sola actividad α del Pu^{239} obliga a emplear, en la sucesiva refabricación, cajas con guantes de protección α , sin ninguna necesidad de pantallas γ y neutrónicas.

A más altos niveles de irradiación se forman por el contrario cantidades notables de isótopos del plutonio por sucesivas reacciones (n, γ) , así como cantidades no despreciables de neptunio y de elementos transplutónicos.

En esta situación resultará necesario recurrir a técnicas de refabricación con control remoto o semirremoto y no tendrá ya sentido exigir a los procedimientos de reprocesamiento una separación completa del plutonio y del uranio de los productos de fisión, tal como está prevista en las actuales prescripciones.

Los procedimientos por vía seca verán por tanto desaparecer el inconveniente de no poder alcanzar elevados factores de descontaminación, lo cual constituye la principal crítica a su desarrollo.

Los combustibles rápidos con elevado "burn-up" presentan una fuerte concentración de productos de fisión (10 %).

Entre ellos reviste particular importancia el tricio, la producción del cual resulta - a igualdad de "burn-up" - dos a tres veces mayor en un reactor rápido que en un reactor térmico.

La presencia de notables cantidades de tricio podría comportar al límite, para evitar la dilución irreversible del mismo, el reciclaje total del agua en un proceso por vía

húmeda.

En los procedimientos por vía seca, por el contrario, los productos de fisión gaseosos (yodo, xenón, criptón, tricio), se liberan totalmente en forma concentrada, sin dilución en otros gases o líquidos, en la primera fase de ataque del combustible.

El combustible de un reactor rápido mantiene, a igualdad de tiempo de enfriamiento, una potencia residual específica aproximadamente 10 veces superior a la del combustible de un reactor térmico.

En el procedimiento acuoso es por tanto indispensable, si se desean observar tiempos de enfriamiento del orden de varios meses, reprocesar conjuntamente el combustible y el material fértil de la cubierta, con el fin de diluir el calor residual del primero: en este caso, las potencias específicas resultan de aproximadamente 3 veces las de un combustible térmico.

En el caso de los procedimientos por vía seca, en los que los reactivos empleados son térmicamente estables, tal necesidad no existe ya, sino que es posible reprocesar separadamente el material del núcleo y el de la cubierta, evitándose así en el pretratamiento ("head-end") la operación adicional de reagrupación, antes del corte, de las barritas separadas.

El procedimiento piro-electroquímico objeto de la presente invención constituye una extensión y un perfeccionamiento del precedente procedimiento piroquímico basado en la disgregación y disolución del combustible proveniente de reactores rápidos (óxidos o carburos mixtos de uranio y plutonio) en

nitratos fundidos (Patentes italianas N^o 959.654 y N^o 951.873, de la propia entidad solicitante) y en la separación del plutonio por termodescomposición. Según este último procedimiento, a sales fundidas o soluciones conteniendo productos de fisión activos se adicionan anhídrido silícico y bióxido de titanio, haciendo luego evaporar la eventual agua presente, calcinando a 800-850°C, fundiendo a 900-1200°C y enfriando bruscamente la masa fundida, obteniéndose con ello un sólido vítreo, inquebrantable e insoluble.

Al igual que otros procedimientos por vía seca, el procedimiento piroelectroquímico hace posible el tratamiento de combustibles irradiados después de breve decaimiento, no subsistiendo el problema de la degradación térmica y radiolítica de los disolventes, y la completa extracción de los gases de fisión en forma concentrada. Además, el procedimiento piro-electroquímico permite alcanzar factores de descontaminación bastante elevados; aunque no comparables con los obtenibles en los procedimientos por vía acuosa.

Merced a la menor complejidad de las operaciones en cuestión con respecto a los procedimientos acuosos, el mismo puede ser además aprovechado en una pequeña instalación compacta asociada al reactor o a un grupo de reactores, evitando el transporte del combustible fuertemente activo.

El procedimiento piro-electroquímico emplea como medio de reacción un baño de sales fundidas constituido por mezclas eutécticas de sulfatos alcalinos.

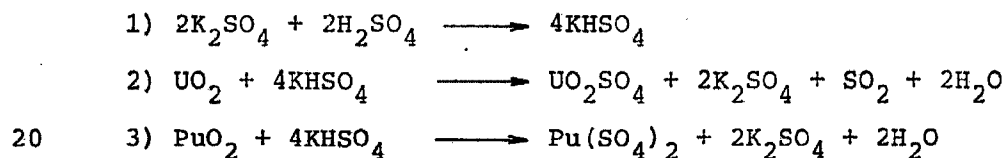
MEZCLAS EUTECTICAS DE SULFATOS	PUNTO DE FUSION
$\text{Li}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4\text{-Na}_2\text{SO}_4$ (78-8,5-13,5 moles %)	512°C
$\text{Li}_2\text{SO}_4\text{-K}_2\text{SO}_4$ (80-20 moles %)	535°C

5 El procedimiento consiste en las fases que se indican a continuación y se ilustran, a título de ejemplo no limitativo, en el esquema de bloques del dibujo adjunto.

A) Disolución del combustible.

10 El combustible es disuelto en los sulfatos fundidos por acción de ácido sulfúrico absoluto (100 %) introducido por goteo en el baño a la temperatura de 550-600°C.

15 Los óxidos sinterizados $\text{UO}_2\text{-PuO}_2$ no se disgregan por inmersión en los sulfatos fundidos, sino que pasan directamente a solución como consecuencia del ataque de los bisulfatos que se forman por reacción entre los sulfatos y el ácido sulfúrico introducido, por ejemplo por el potasio:



25 Los carburos sinterizados UC-PuC se disgregan, por el contrario, rápidamente oxidándose, apenas introducidos en las sales fundidas. Es posible emplear directamente los bisulfatos alcalinos, aunque no resulta conveniente por motivos de balance ponderal.

Como la disolución no es selectiva para las vainas, el desvainado de los elementos puede efectuarse, en el caso de los óxidos, por ataque con metales líquidos, evitándose

así el cortado mecánico de las mismas.

La disolución de las vainas se verifica sumergiendo el elemento en zinc o en aleaciones metálicas, tales como Cu-Sb, a la temperatura de 800-950°C.

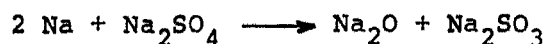
5 Las tasas de disolución del acero inoxidable son variables del 10 al 40 % en peso.

El combustible que permanece sin disolverse en el fondo del crisol es separado por filtración del metal líquido solvente.

10 En el caso de los carburos, por el contrario, las vainas son fácilmente separables del combustible: en efecto, sumergiendo en un baño de sales fundidas una cesta metálica conteniendo los trozos del elemento cortado, las vainas de acero inoxidable no resultan atacadas, mientras que el
15 combustible pulverizado sale de las mismas, depositándose en el fondo del reactor. Una vez se haya producido la completa separación del combustible de las vainas, la cesta conteniendo los trozos vacíos es retirada del baño fundido.

20 En todo caso, los óxidos pueden ser disgregados en los sulfatos fundidos por acción de adecuados oxidantes (oxígeno, aire, nitratos fundidos).

La presencia de sodio metálico residual sobre las vainas no provoca inconvenientes puesto que el sodio se disuelve
25 en los sulfatos fundidos sin incendiarse ni explotar, con formación de Na_2O y Na_2SO_3 que son luego transformados en sulfatos del ácido sulfúrico:



Es posible obtener concentraciones elevadas de óxidos en las sales fundidas, hasta el 50 % en peso.

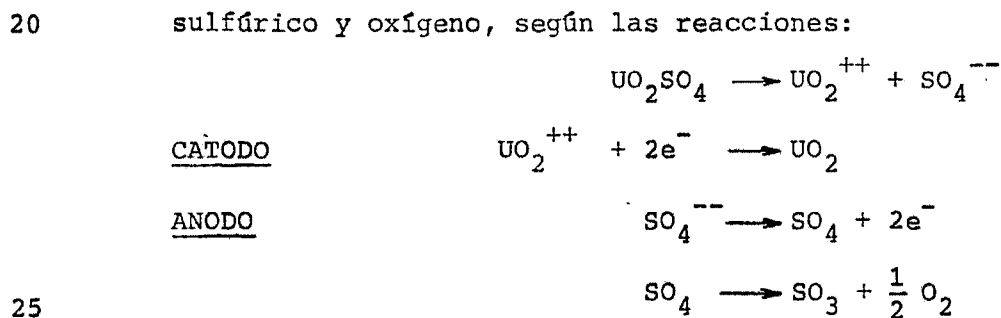
B) Termodescomposición del plutonio.

5 Elevando la temperatura del baño fundido a 750-800°C, el sulfato de plutonio $\text{Pu}(\text{SO}_4)_2$, térmicamente inestable, se descompone con formación de PuO_2 cristalino negro, exento de uranio, que se recoge sobre el fondo del reactor, mientras que el sulfato de uranilo UO_2SO_4 permanece inalterado.

10 La recuperación del plutonio queda completada hasta el 98 % después de permanencia en el baño fundido a la temperatura de 800-760°C, durante tiempos comprendidos entre 90 y 120 horas.

C) Electrodeposición del uranio.

15 Introduciendo en los sulfatos fundidos, a la temperatura de 550-600°C, un par de electrodos entre los cuales se mantenga una diferencia de potencial de 0,5 - 1,0 Voltios, se establece una cuba electrolítica en cuyo cátodo se deposita UO_2 , mientras que en el ánodo se producen anhídrido sulfúrico y oxígeno, según las reacciones:



La formación de uranio metálico con este tipo de electrólisis no es posible por cuanto requeriría una fuente de iones de uranio no oxigenada y un potencial más elevado.

El UO_2 electrodepositado se presenta en forma cristalina, compacto, adherente al electrodo, con relación O/U exactamente estequiométrica.

5 En una serie de experimentos sobre UO_2 irradiado y adicionado con otro UO_2 conteniendo una mezcla sintética de isótopos estables a fin de simular un "burn-up" del 5 %, se ha seguido el comportamiento de algunos productos de fisión (cerio, cesio, circonio, niobio, rutenio) analizándolos mediante espectrometría γ y de otros (estroncio, molibdeno, 10 samario) analizándolos mediante absorción atómica. Se han obtenido, para el UO_2 electrodepositado, los siguientes factores de descontaminación (relación entre la concentración inicial y final de un elemento en el UO_2):

	ELEMENTO O NUCLIDO	FACTOR DE DESCONTAMINACION ¹
15	^{144}Ce	∞ *
	^{137}Cs	∞
	^{95}Zr - ^{95}Nb	0
	^{103}Ru	50
	Sr	1000
20	Mo	500
	Sm	100

(*) El símbolo ∞ significa que no ha sido detectada ninguna actividad en el UO_2 electrodepositado.

El factor de descontaminación global determinado sobre el 25 UO_2 irradiado ha sido del orden de 30-50.

El uranio residual de la electrólisis en las sales fundidas es inferior a 15 ppm (U).

Electrodeposición de uranio-plutonio.

Excluyendo la fase de termodescomposición del plutonio y operando análogamente a cuanto se ha descrito en el párrafo precedente, es posible depositar electrolíticamente en el cátodo una solución sólida UO_2 - PuO_2 .

5 El plutonio residual de la electrólisis en las sales fundidas es, en este caso, inferior a 30 ppm (Pu).

D) Reciclaje de las sales fundidas.

Las sales fundidas, después de eventual descontaminación obtenible precipitando los productos de fisión en solución con agentes básicos tales como óxidos, carbonatos, hidróxidos,
10 pueden ser reciclados al comienzo del proceso.

El único elemento cuya remoción de las sales fundidas no resulta posible es el cesio, que iría acumulándose en las sales fundidas, haciendo inevitable la descarga periódica de las mismas y su sustitución por otras frescas.
15

E) Acondicionamiento de las sales fundidas y los productos de fisión.

Las sales fundidas conteniendo los productos de fisión son acondicionadas englobándolas en una matriz metálica, según una técnica ya conocida para productos calcinados y vítreos,
20 consistente en las siguientes operaciones:

- reducción de los sulfatos fundidos a forma sólida granular, mediante goteo sobre una superficie fría;
- dispersión de las partículas obtenidas, de diámetro 3 - 5 mm,
25 en una matriz metálica mediante colada de una aleación líquida sobre el material granular dispuesto en un contenedor cilíndrico.

Los gránulos se distribuyen homogéneamente en la matriz

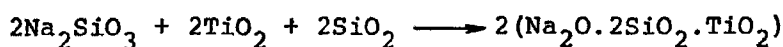
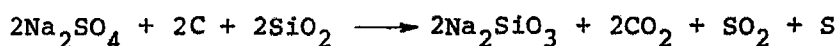
metálica que rellena los espacios vacíos ocupando aproximadamente el 30 % del volumen total.

La conductibilidad térmica del producto final (10-30 W.m.⁻¹ °C⁻¹) resulta superior, en un factor 15-30, a la de los vidrios, haciendo posible el mantenimiento en el centro de un bloque cilíndrico de 50 cm de diámetro y 1,5 m de altura con una densidad de potencia de 100 Wl⁻¹, con una temperatura máxima de 450-500°C, inferior al punto de fusión de los sulfatos alcalinos.

Pueden emplearse útilmente dos tipos de aleaciones:

- aleaciones de plomo, fundentes entre 250-320°C;
- aleaciones de zinc, fundentes entre 400 y 500°C.

En alternativa, los sulfatos fundidos pueden resultar vitrificados a sílico-titanatos, por descomposición a temperaturas superiores a los 800°C con carbono y sílice y sucesiva fusión a 1000-1200°C con bióxido de titanio, según las reacciones, por ejemplo para Na:



Los vidrios sílico-titanatos, aún conteniendo elevadas cantidades de metales alcalinos (sodio, potasio y litio) presentan niveles de lixiviación en agua comparables a los de los vidrios fosfatos y boro silicatos.

Los óxidos depositados electrolíticamente, antes de estar disponibles para la refabricación del combustible, deben ser sometidos a las operaciones de:

- remoción mecánica del electrodo;
- molidura;

- lavado con agua, para extraer la sal fundida;
- clasificación;
- mezcla con otros óxidos para retornar al título original.

5 El procedimiento es capaz de asegurar un factor de descontaminación global no inferior a 10, que puede ser aumentado llevando a cabo una electrólisis de varias etapas, en la que el cátodo recubierto con UO_2 de una cuba actúe de ánodo soluble en la sucesiva gracias a una inversión de polaridad. Si bien los factores de descontaminación en todo caso

10 obtenibles no pueden ser comparados con los de los procedimientos acuosos, según se ha dicho ya, la propia composición isotópica del combustible rápido requerirá en todo caso el recurso a técnicas de fabricación por control remoto que harán inútil la completa separación de los productos de

15 fisión del plutonio y del uranio.

El volumen de desechos finales, constituidos por sulfatos solidificados y productos de fisión englobados en matriz metálica o por vidrios sílico-titanatos incorporando los productos de fisión, en las hipótesis de:

- 20 - 5 reciclajes de los sulfatos fundidos en el tratamiento del material combustible del núcleo del reactor (UO_2 -20 % PuO_2);
- 100 reciclajes de los sulfatos fundidos en el tratamiento del material fértil de la cubierta del reactor (UO_2 - 2 % PuO_2);
- 25

resulta aproximadamente 1,6 - 1,8 veces superior al volumen de los desechos vitrificados del proceso acuoso.

Según recientes evaluaciones, una instalación de reproce-

samiento acuoso debería poseer, para resultar económicamente competitiva, una capacidad de combustible reprocesado de alrededor de 1500 toneladas/año, correspondientes a la cantidad descargada anualmente por aproximadamente 50 centrales nucleares de 1000 MWe cada una.

Los métodos por vía seca permiten, por el contrario, gracias al menor número de operaciones de proceso y a la mayor compacidad de los aparatos, obtener costos unitarios del combustible reprocesado no sustancialmente diferentes, por efecto de la economía a escala, mediante pequeñas instalaciones de ciclo cerrado asociadas al reactor o a un parque de reactores.

En conclusión, las ventajas potenciales de orden general de una instalación integrada, basada en la tecnología del reprocesamiento por vía seca, están ligadas a la menor inversión inicial, a la eliminación del transporte del combustible irradiado con el consiguiente aumento de la seguridad pública, a la reducción de los tiempos de enfriamiento y por tanto de los gastos debidos a la inmovilización del plutonio.

Las ventajas de orden más particular del procedimiento piro-electroquímico son a su vez:

- obtención de factores de descontaminación de plutonio y uranio suficientemente elevados para reducir la captura parasítica de neutrones a niveles aceptables;
- recuperación cuantitativa de plutonio y uranio en forma de óxidos PuO_2 y UO_2 separados y/o mixtos, grado reactor, directamente disponibles para la refabricación del combustible;

- eliminación de la pérdida de plutonio que se verifica en los procesos acuosos por efecto de su incompleta disolución y que puede llegar hasta el 3 %.

5 Por el contrario, el drástico ataque con sulfatos fundidos y ácido sulfúrico asegura la total disolución del mismo (ventaja ecológica).

En el esquema de bloques del procedimiento de reprocesamiento piro-electroquímico, según la presente invención, ilustrado en el dibujo adjunto, el combustible UO_2 - PuO_2 es
10 disuelto en A preferiblemente a 550-600°C - en sulfatos fundidos por acción de H_2SO_4 (absoluto) procedente de F, mientras que los productos de fisión gaseosos y Ru se descargan por G.

La segunda fase B está constituida por la termodescomposición del sulfato de plutonio $Pu(SO_4)_2$ a PuO_2 que se
15 obtiene elevando la temperatura (preferiblemente a 750-800°C) del sulfato de plutonio, mientras que la electrodeposición del uranio se produce en C.

Las sales fundidas en D son recicladas al comienzo del proceso por H.

20 Las sales fundidas conteniendo los productos de fisión son acondicionadas en E englobándolas en una matriz metálica; los productos de fisión son luego enviados al almacenamiento final por I.

A título de ejemplo no limitativo de la presente invención se describen a continuación los siguientes ejemplos:

EJEMPLO 1 (disolución de UO_2)

Una pastilla sinterizada de UO_2 con un peso de 20,0 g es sumergida en 100 g de mezcla eutéctica ternaria Li_2SO_4 -

$K_2SO_4 - Na_2SO_4$ (78,0 - 8,5 - 13,5 moles %) mantenida fundida a la temperatura de 575°C.

Luego se adicionan cuidadosamente por goteo directo 18,0 g de H_2SO_4 al 100 % obtenido mezclando ácido sulfúrico al 98 % con ácido sulfúrico fumante (oleum) al 20 % SO_3 .

Después de aproximadamente 5 horas de reacción, la pastilla ha pasado completamente a solución en la sal fundida.

EJEMPLO 2 (disolución y separación Pu/U por termodescomposición a PuO_2)

Una pastilla sinterizada $UO_2 - 18\% PuO_2$ con un peso de 1,6 g es disuelta, operando con 5,0 g de H_2SO_4 al 100 % como en el Ejemplo 1, en un baño fundido constituido por 100 g de mezcla eutéctica ternaria $Li_2SO_4 - K_2SO_4 - Na_2SO_4$, a la temperatura de 575°C. La temperatura del baño fundido, conteniendo 24,8 mg de Pu/g de sal, es sucesivamente elevada a 800°C y mantenida durante 50 horas, y luego bajada a 760°C durante 140 horas.

En estas condiciones, el sulfato de plutonio $Pu(SO_4)_2$, inestable, se descompone a óxido PuO_2 que va depositándose lentamente sobre el fondo del reactor.

Al término de la descomposición permanecen en solución 0,05 mg de Pu/g de sal y todo el uranio inicialmente presente, lo cual corresponde a la precipitación del 98 % del plutonio inicial, exento de uranio.

EJEMPLO 3 (electrodeposición UO_2)

Una pastilla sintetizada de UO_2 con un peso de 1,8 g irradiada durante 1 hora a un flujo de $63 \cdot 10^{12}$ n/cm²/sec y decaída durante aproximadamente 2 meses, y 0,2 g de "fissium"

(UO_2 no irradiado pero conteniendo una mezcla sintética de isótopos estables simulantes de un "burn-up" del 5 %) son disueltos en 100 g de mezcla eutéctica ternaria $Li_2SO_4 - K_2SO_4 - Na_2SO_4$ fundida, operando con H_2SO_4 al 100 % como en el Ejemplo 1, a la temperatura de $575^\circ C$.

Las sales fundidas son sometidas a contagio γ para determinar la actividad inicial de los distintos productos de fisión presentes. En el baño fundido se sumergen dos electrodos de hilo de platino de 1,0 mm \varnothing vinculados a un alimentador de corriente continua. Entre los dos electrodos se establece una diferencia de potencial de 1,3 Voltios, correspondiente al paso de una corriente con una intensidad de 10 mA.

Después de aproximadamente 25 horas termina la electrólisis, según queda demostrado por la ausencia de uranio en las sales fundidas. Estas últimas son nuevamente sometidas a contagio γ y así también el UO_2 depositado en el cátodo, con los siguientes resultados:

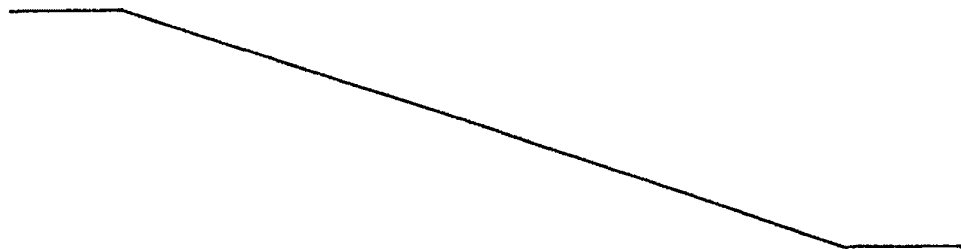
Elemento	Act.inic. en la sal de sint./min.	Act.final en la sal de sint./min	% elem. en la sal	% actividad en el UO_2 electrodepositado de sint./min	% elemento en el UO_2
Cerio-144	4418,0	4519,0	100	0	0
Cerio-137	475,4	490,0	100	0	0
Rutenio-103	199,6	12,0	44	1,9	25
Circonio-					
Niobio-95	103,6	0	0	104,3	100
Uranio-235	273,0	0	0	271,0	100

EJEMPLO 4 (electrodeposición UO_2 - PuO_2)

Una pastilla sinterizada UO_2 - 18 % PuO_2 con un peso de 0,6 g es disuelta con H_2SO_4 al 100 %, operando como en el Ejemplo 1, en 100 g de mezcla eutéctica ternaria Li_2SO_4 - K_2SO_4 - Na_2SO_4 , a la temperatura de 575°C. La sal fundida resultó contener 91 mg de Pu/g de sal y 430 mg de U/g de sal. Después de haber sumergido en el baño fundido dos electrodos de platino, como en el Ejemplo 3, es llevada a cabo una electrólisis a 1,5 Voltios y 30 mA, a la temperatura de 600°C.

Después de 45 horas permanecen en solución 0,03 mg de Pu/g de sal y 0,015 mg de U/g de sal, lo que indica que el 99,7 % del uranio y el 99,9 % del plutonio inicialmente presentes en la sal fundida se han codepositado en el cátodo en forma de óxidos mixtos.

Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de ponerlo en práctica, se hace constar que todo cuanto no altere, cambie o modifique su principio fundamental puede quedar sometido a variaciones de detalle, siendo lo esencial y por lo que se solicita Patente de Invención, por veinte años, lo que queda resumido en las siguientes reivindicaciones:



REIVINDICACIONES

1^a.- Procedimiento piro-electroquímico para el reproce-
samiento de combustibles nucleares irradiados, provenientes
preferiblemente de reactores rápidos, caracterizado porque
5 comprende las siguientes etapas: a) disolución del combusti-
ble nuclear; b) termodescomposición del sulfato de plutonio
 $\text{Pu}(\text{SO}_4)_2$ a óxido de plutonio PuO_2 ; c) electro-deposición
del óxido de uranio; d) reciclaje de las sales fundidas al
comienzo del proceso; e) acondicionamiento de los productos
10 de fisión y sales fundidas.

2^a.- Procedimiento según la reivindicación 1^a, carac-
terizado porque la disolución del combustible nuclear a base
de óxidos UO_2 - PuO_2 o de carburos UC-PuC se lleva a cabo en
los sulfatos fundidos por acción de ácido sulfúrico absolu-
15 to (100 %) goteante en el baño, o bien por acción de bisul-
fatos alcalinos, preferiblemente a la temperatura de 550 -
600°C.

3^a.- Procedimiento según las reivindicaciones preceden-
tes, caracterizado porque la termodescomposición del sulfato
20 de plutonio se lleva a cabo mediante elevación de la tempe-
ratura del baño fundido preferiblemente a 750 - 800°C, des-
componiéndose dicho sulfato de plutonio en PuO_2 cristalino,
mientras que el sulfato de uranilo $\text{UO}_2 \text{SO}_4$ permanece inalte-
rado.

4^a.- Procedimiento según las reivindicaciones preceden-
tes, caracterizado porque la deposición del óxido de uranio
25 UO_2 se lleva a cabo en el cátodo de una cuba electrolítica,
preferiblemente a la temperatura de 550°- 600°C, mientras

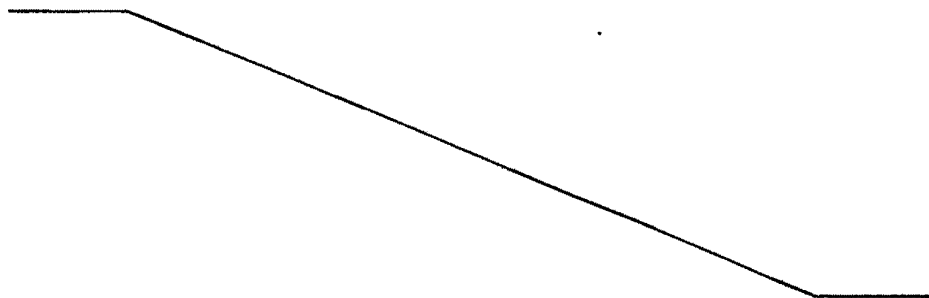
que en el ánodo se desprenden anhídrido sulfúrico y oxígeno.

5 5^a.- Procedimiento según las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las sales fundidas, después de eventual descontaminación, son recicladas al comienzo del proceso.

10 6^a.- Procedimiento según las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las sales fundidas conteniendo los productos de fisión son acondicionadas englobándolas en una matriz metálica según una técnica consistente en las siguientes operaciones: a) reducción de los sulfatos fundidos a forma sólida granular, mediante goteo sobre una superficie fría; b) dispersión de las partículas obtenidas, en una matriz metálica, mediante colada de una aleación líquida sobre el material granular dispuesto en un contenedor cilíndrico.

15 7^a.- Procedimiento según las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque comprende una electro-codeposición de óxidos mixtos $UO_2 - PuO_2$, depositando electrolíticamente en el cátodo de una cuba electrolítica una solución sólida de dichos óxidos.

20 8^a.- PROCEDIMIENTO PIRO-ELECTROQUIMICO PARA EL REPROCESAMIENTO DE COMBUSTIBLES NUCLEARES IRRADIADOS,

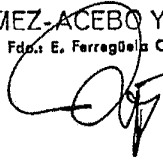


tal y como queda descrito y reivindicado en la presente memoria que consta de diecinueve hojas mecanografiadas por una sola cara y de una lámina de dibujos.

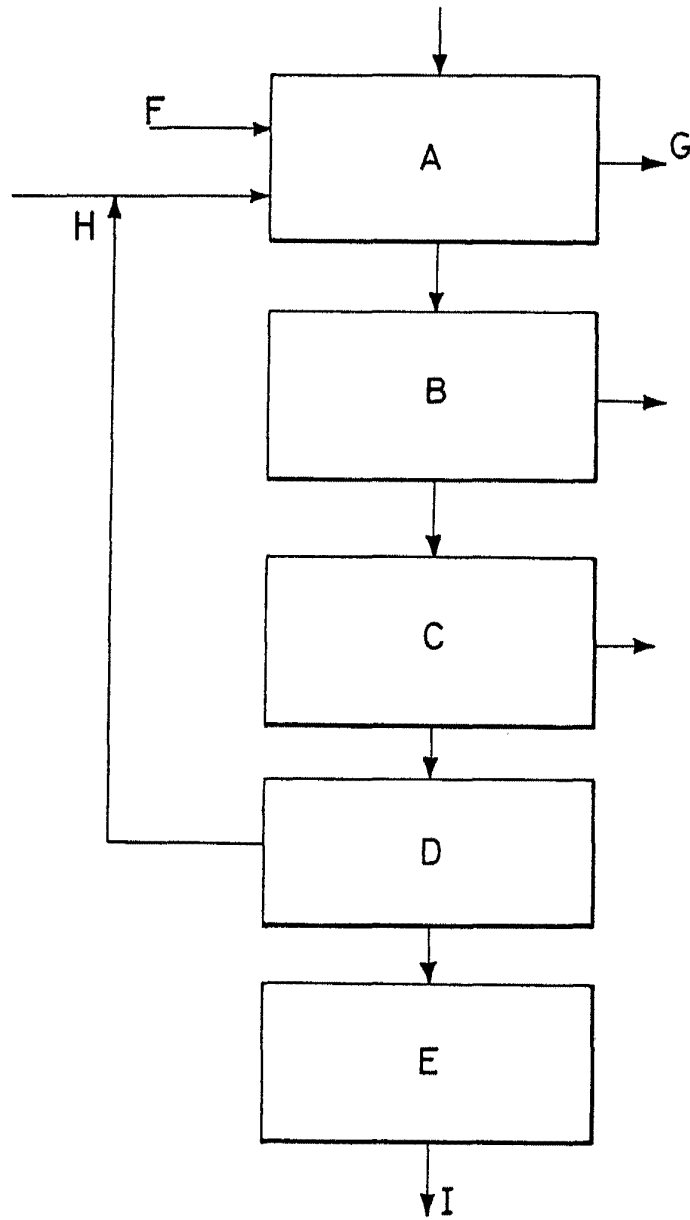
BARCELONA, 9 de Marzo de 1979.

AGIP NUCLEARE S.p.A.
P.P.

J. M. GOMEZ-ACEBO Y POMBO
p. p. Fdo. E. Ferragó de Colón



ESQUEMA



BARCELONA, 9 de Marzo de 1979
AGIP NUCLEARE S.p.A.
P.P.

J. M. GOMEZ-ACEBO Y POMBO
p. p. Fdo.: E. Ferragüela Colán