

mj.

361370

1201



SECCION TECNICA  
CLASIFICACION N.º C  
CLASE G 21  
SUBCLASE C

## memoria descriptiva

361370

Int. Cl.º G 21 C 3/60

CLASE DE REGISTRO Una patente de invención, por veinte años en España.

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE General Electric Company  
- sociedad U.S.A. -

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

OBJETO " Procedimiento para la preparación de pastillas de combustible nuclear."

---

INVENTORES: Laird Toothacre Hagie; Chester Milledge Ryer;  
ambos de nacionalidad USA.

---

PRIORIDAD: solicitud patente USA.- Serial-Nº. 690.248 del 13 de diciembre de 1967.

---

361370



- 1. -

1

Extracto del Descubrimiento

5

Se expone una técnica de prensado en caliente para producir pastillas de combustible nuclear, para su utilización en reactores nucleares. En esencia, se prensa una sustancia apta para combustible nuclear activo a presiones que van desde unos 280 a unos 1400 kg/cm<sup>2</sup> y a temperaturas desde unos 900 a unos 1300°C durante un tiempo que oscila entre 3 y 20 minutos.

10

Fundamento del invento

15

Se conocen muy bien actualmente las plantas nucleares de vapor, que utilizan el calor producido por las reacciones de fisión nuclear en un reactor nuclear.

20

Diversos tipos de reactores nucleares utilizan elementos combustibles tipo barra. Los elementos combustibles tipo barra comprenden una pieza tubular o "vaina" de un material resistente a la corrosión, dentro de la cual se colocan varias pastillas o gránulos de combustible. Los extremos de la vaina tubular se cierran con tapones o tapas. Las barras de combustible individuales se aseguran en un dispositivo paralelo de dimensiones constantes y fijo para formar un elemento combustible. Diversos elementos de éstos se montan entonces en el núcleo del reactor.

25

Por lo general es conveniente que la vaina tubular esté llena de pastillas densas de combustible que se ajusten al interior de la vaina, para que la barra tenga la mayor concentración posible de combustible.

30

361370



1953

- 2.-

1

Estas pastillas combustibles se han preparado generalmente mezclando el material combustible en forma muy dividida, prensándolo en frío para dar lugar a un compacto en crudo y después sinterizando éste para obtener una pastilla densa y dura. Este proceso, sin embargo, tiene varios inconvenientes.

5

10

La sinterización requiere generalmente que el material se mantenga a una temperatura del orden de 3000°F (1650°C) durante tres horas, por citar un caso típico. Además, cuando se utiliza un aglomerante a base de parafina en la formación del compacto crudo, se necesita una etapa de presinterización con objeto de eliminar el aglomerante. La presinterización requiere frecuentemente que el compacto se mantenga a temperatura superior a 800°F (425°C) durante más de 30 minutos.

15

20

Una vaina tubular típica puede tener más de 10 pies de largo (3m) con un diámetro interno de menos de 0,5 pulgadas (1,27 cm). De esta forma es necesario que las pastillas de combustible tengan diámetros acordes críticos que permitan su carga en la vaina tubular, sin que quede un gran espacio pernicioso entre las pastillas y las paredes del tubo. Los materiales combustibles tienden a deformarse durante la sinterización y necesitan rectificar su tamaño. La rectificación es un proceso relativamente lento y costoso que desperdicia material combustible. Dado que éste es caro y radiactivo, hay que recoger cuidadosamente para volver a utilizar, todo el polvo procedente del rectificado. Este polvo sinterizado no es adecuado para volver a sinterizar de

25

30



361370

- 3.-

1 nuevo y debe tratarse otra vez antes de volver a utilizarlo.

5 Por lo general se requiere en las pastillas combustibles densidades superiores al 90% de la densidad máxima teórica. Sin embargo, se han encontrado diferentes densidades óptimas para diferentes tipos de reactores. Es muy difícil ajustar la densidad del producto final con mucha precisión en los procesos de sinterización.

10 Se ha intentado la obtención de pastillas combustibles mediante técnicas de prensado a caliente en vez de utilizar la de sinterización. Estos intentos previos han necesitado temperaturas superiores a 1400°C y presiones superiores a 10.000 libras por pulgada cuadrada (700 kg/cm<sup>2</sup>) durante tiempos superiores a los 30 minutos. Estas condiciones no son prácticas en un proceso, que debe producir 15 cientos de miles de pastillas tan deprisa como sea posible. Tales temperaturas y presiones elevadas resultan muy costosas y necesitan un equipo complejo, tal como matrices muy resistentes. El tiempo de prensado requerido resulta considerablemente lento y poco práctico.

20 De esto se desprende que hay necesidad de mejorar la preparación de combustible nuclear para reactor.

25 Todos los objetivos anteriores, y otros más, se consiguen mediante este invento que estipula un procedimiento de prensado de pastillas combustibles, en el cual se somete a presión material combustible pulverulento en una matriz, a una temperatura de unos 900 a 1300°C y una presión de unos 4.000 a unos 20.000 libras por pulgada cuadrada (280 a 1400 kg/cm<sup>2</sup>) durante un tiempo que oscila entre 3 y 20 mi-

30



1956

361370

- 4. -

1 nutos.

5 Se ha encontrado que utilizando condiciones dentro de estos órdenes se pueden obtener densidades reproducibles de pastillas desde aproximadamente el 70 al 95% de la densidad teórica dentro del  $\pm 1\%$  y diámetros de pastillas uniformemente dentro de  $\pm 0,0005$  pulgadas (0,011 cm). El tiempo total del ciclo, comprendido el tratamiento manual entre etapas, se extiende desde 14 a 31 minutos.

10 Este procedimiento resulta especialmente útil para la producción de pastillas, que tengan configuraciones transversales fuera de lo corriente. Por ejemplo, mediante el procedimiento de este invento se pueden prensar fácilmente pastillas que tengan la sección transversal en forma de "estrella", mientras que esta forma es difícil de sinterizar y rectificar. También se pueden producir pastillas con extremos cóncavos ("cuenco basal") utilizando sencillamente punzones con los extremos semiesféricos o de cualquier otra forma. Estas pastillas son difíciles de producir con precisión a través de los procedimientos de sinterización y rectificado.

20 Los detalles de este invento se comprenden mejor al observar los gráficos en los que:

25 La figura 1 muestra un diagrama de conjuntos que representan una ejecución preferida del invento;

la figura 2 representa, en forma gráfica, la relación de presiones, temperatura y densidad en el procedimiento de este invento; y

30 La figura 3 representa un gráfico indicador de las



361370

- 5.-

1

variaciones de densidad con el tiempo durante el procedimiento de este invento.

En las figuras, las letras tienen el siguiente significado:

5

A = Preparación de polvo combustible activo.

B = Prensado en frío

C = Carga en la matriz

D = Aplicación de presión

E = Aplicación de calor

10

F = Mantenimiento de la temperatura y la presión

G = Relajación de la presión y separación de la fuente de calor

H = Descarga de la matriz

I = Densidad (tanto por ciento de la teórica)

15

J = Presión (libras por pulgada cuadrada)

K = Temperatura (°C)

L = Recorrido del plato (pulgadas)

M = Tiempo total del ciclo (minutos) (4.000 pulgadas por pulgada cuadrada, 1.100 minutos.)

20

Haciendo referencia a la figura 1, se observa un diagrama de conjuntos, que indica las etapas en una ejecución preferida de este invento.

25

La etapa de preparación del polvo combustible, que tiene que ser prensado, se indica con el número 10. Se puede utilizar en este procedimiento cualquier material de combustible nuclear adecuado. Los materiales típicos comprenden los óxidos de uranio y de plutonio y las mezclas de ellos. Se puede preparar un polvo activo por cualquier procedimiento convencional, tal como precipitación de una solución de

30



361370

- 6.-

1  
5  
10  
nitrato con  $\text{NH}_4\text{OH}$ . El polvo deberá tener una superficie específica muy elevada y una relación entre átomos de oxígeno y átomos de metal superior a la estequiométrica. Por ejemplo, para el  $\text{UO}_2$  se prefiere que esta relación sea al menos de 2,1 átomos de oxígeno por cada átomo de uranio. Conviene también que las partículas tengan un diámetro medio inferior a 0,1 micra aproximadamente. Se ha observado que los polvos, que tienen estas características dan lugar a pastillas de densidad muy uniforme. Este polvo puede tener, si se desea, pequeñas cantidades de otros isótopos, venenos, etc.

15  
20  
Conviene prensar este polvo a la temperatura ambiente para darle una forma previa, tal como indica la etapa II de prensado en frío. Esta forma previa o precomprimido prensado en frío facilita el manejo y ayuda a conseguir resultados acordes. El prensado en frío se realiza preferentemente a la temperatura ambiente y a la presión hasta unas 10.000 libras por pulgada cuadrada ( $700 \text{ kg/cm}^2$ ). Es necesario que esta forma previa o precomprimido sea relativamente frágil, de forma que se pueda triturar durante las etapas iniciales del prensado en caliente. Este precomprimido conviene que tenga una densidad comprendida entre el 30 y el 50% de la densidad teórica.

25  
30  
El precomprimido, o el polvo, caso de suprimirse la etapa de prensado en frío, se carga entonces en una matriz, tal como indica la etapa 12. La matriz debe ser de cualquier material adecuado. No se necesitan matrices muy duras y caras para las temperaturas y presiones relativamente moderadas, que se utilizan en el prensado en caliente de acuerdo

36 1370



195

- 7.-

1 con este invento. Se obtienen excelentes resultados con matrices de grafito, por ejemplo. Es preferible que las matrices sean cilíndricas en sección transversal para que se adapten fácilmente a una bobina de calentamiento inductivo.

5 Cuando existan diversos orificios en la matriz, deben estar dispuestos en un círculo, puesto que otras disposiciones debilitan la matriz y conducen a un calentamiento irregular.

10 Después de cargar la matriz se aplica presión a los precomprimidos anteriores. Si bien la presión se puede aplicar gradualmente a medida que se calienta la matriz, es preferible que se aplique inmediatamente la presión total del procedimiento. Esto asegura la compactación del polvo o la trituración y compactación de los precomprimidos. Como ya se ha indicado arriba, se consiguen buenos resultados con presiones dentro del intervalo comprendido entre 4000 y 20.000 libras por pulgada cuadrada (280 y 1.400 kg/cm<sup>2</sup>). Los mejores resultados globales se obtienen con presiones de unas 6000 a 10.000 libras por pulgada cuadrada (420 a 700 kg/cm<sup>2</sup>). Las presiones más reducidas tienden a dar pastillas de densidades más bajas, mientras que las presiones más elevadas requieren matrices más fuertes y mayor potencia.

20 Simultáneamente con la aplicación de la presión se aplica calor a la matriz, como se indica en la etapa 14. Una bobina de inducción alrededor de la matriz resulta un medio conveniente de calentamiento. Generalmente se requieren de 3 a 7 minutos para calentar la matriz a la temperatura del proceso. Un calentamiento más lento produce una pérdida de tiempo, mientras que si se hace más rápido tiende a producir

30



C 1983

361370

- 8.-

1 rotura de pastillas y requiere exceso de potencia. Como ya  
se ha dicho arriba se obtienen buenos resultados con tempe-  
raturas finales de 900 a 1300°C. Los mejores resultados glo-  
bales se consiguen con temperaturas comprendidas en el in-  
5 tervalo, que va desde 900 a 1100°C. Temperaturas inferiores  
producen pastillas de baja densidad, mientras que las tempe-  
raturas por encima de 1100°C requieren un equipo más robus-  
to y emplean más potencia de la conveniente.

10 Después que la temperatura ha alcanzado el nivel  
deseado, se mantienen temperatura y presión durante el tiem-  
po elegido, tal como se indica en la etapa 15. Para conse-  
guir densidad óptima y uniformidad del producto sin detrimen-  
to de la conservación de la energía aplicada, la aplicación  
de la temperatura y presión se debe mantener de 6 a 12 minu-  
15 tos aproximadamente, aunque, como se indicó anteriormente,  
se obtienen buenos resultados con tiempos de 3 a 20 minutos.

20 Al final de este tiempo se relaja la presión y se  
quita la fuente de calor mediante desconexión de la bobina  
inductora. No es necesario enfriar las pastillas antes de  
desmoldearlas, aunque conviene hacerlo.

25 Después se descarga la matriz, como se indica en  
la etapa 17. La matriz puede entonces cargarse de nuevo y  
repetir el ciclo inmediatamente. No es necesario enfriar la  
matriz a la temperatura ambiente entre dos ciclos consecuti-  
vos.

30 De esta forma se puede observar que la parte del  
proceso, que corresponde al prensado en caliente, que en la  
Figura 1 abarca desde la etapa 12 a la 17, puede producir

361370



. - 9. -

1 pastillas de buena calidad con gran rapidez. Mediante este  
proceso se pueden conseguir pastillas cuya densidad varía  
5 en un amplio intervalo. Para su utilización normal como  
densidades comprendidas entre el 85 y el 95% de la densidad  
teórica máxima. Las pastillas menos densas dan lugar a una  
inconveniente baja concentración de material fisionable en  
10 el reactor, mientras que las que tienen una densidad supe-  
rior al 95% de la densidad teórica tienden a romperse y a  
desconcharse cuando se manejan o se calientan.

La Figura 2 muestra en forma de gráfico tridimen-  
sional la dependencia de la densidad de las pastillas con  
la temperatura y la presión en el procedimiento de este in-  
15 vento. Como se puede observar en la Figura 2, la densidad  
crece cuando lo hacen la presión y la temperatura. Sin em-  
bargo, los efectos que sobre la densidad produce la tempera-  
tura, tal como lo indican las curvas 18, 19 y 20, son muy  
superiores a los que producen las variaciones de presión,  
20 como se observa en las líneas 21, 22 y 23. De esta forma,  
se puede conseguir cualquier densidad dentro del intervalo,  
que muestra la Figura, aplicando condiciones de temperatura  
y presión previamente seleccionadas.

La Figura 3 muestra una curva del recorrido del  
25 plato de apoyo de la matriz representado frente al tiempo  
de prensado. Esta curva tiene por base una presión de unas  
4000 libras por pulgada cuadrada ( $280 \text{ kg/cm}^2$ ) y una tempera-  
tura de procedimiento de unos  $1100^\circ\text{C}$ . Puesto que, como se  
indicó anteriormente, el diámetro de la pastilla es esencial

30

361370



- 10.-

1 mente constante frente a las variaciones de presión y tempera  
tura, el recorrido del plato es una indicación directa de la  
densidad de la pastilla. El punto cero del recorrido del  
5 plato se estableció arbitrariamente a la porción del plato  
tres minutos después de comenzar a aplicar la presión duran-  
te el calentamiento de la matriz hasta la temperatura final  
de 1100°C.

10 Como se puede observar en la Figura 3, la curva  
del recorrido del plato (y, por consiguiente, de la densidad  
de la pastilla) es asintótica, enderezándose esencialmente  
6 minutos después de que comenzó a aplicarse la presión y  
se inició el calentamiento, como indica la línea de rayas  
24. Si se continúa aplicando presión y calor en las condi-  
15 ciones establecidas, después de los 6 minutos se obtiene un  
incremento muy pequeño de densidad. Por lo tanto se prefie-  
re, que para cada serie de condiciones del procedimiento,  
el tiempo debe ser el suficiente para alcanzar este punto y  
que las variaciones de densidad deben conseguirse variando  
20 la temperatura o la presión, en vez del tiempo de prensado.

#### Ejemplo I

25 Un polvo que contenga un 2% en peso de Pu O<sub>2</sub> y un  
98% en peso de UO<sub>2</sub> se preparó como sigue. Se añade hidróxi-  
do amónico concentrado a una disolución de nitrato, que con-  
tenga el 2% de Pu y el 98% de U para precipitar conjuntamen-  
te diuranato amónico é hidróxido de plutonio. El precipita-  
do se seca a unos 300°C y después se desmenuza en pequeños  
aglomerados. El material se reduce en corriente de 6% de  
30 H<sub>2</sub> - 94% de He durante unas 8 horas a 750°C. La relación

361370



10 1968

- 11.-

1 átomo de oxígeno-átomo de metal es para este polvo de óxidos  
mezclados aproximadamente 2,157. El polvo se muele en un  
molino de bolas de recipiente de alúmina con bolas de acero  
de 1/2 pulgada (1,27cm) de diámetro durante unas 2 horas.  
5 El polvo y las bolas se someten a vibración en un tamiz de  
la serie Tyler de acero inoxidable de 65 mesh (luz de malla  
igual a 0,208 mm). El polvo que pase entonces a través de  
un tamiz de 200 mesh (luz de malla de 0,074 mm) se recoge  
para someterlo a prensado.

10 Se prepararon muestras de unos 6 gramos pesadas  
hasta 0,1 gramo, Cada muestra se prensó en frío en una ma-  
triz de acero de 0,442 pulgadas (1,123 cm) de diámetro a  
unas 400 libras por pulgada cuadrada (28 kg/cm<sup>2</sup>) durante 45  
15 segundos para obtener precomprimidos poco compactos.

Se prensaron entonces en caliente unos grupos de  
estos precomprimidos a diversas temperaturas, tiempos y pre-  
siones. Cada pastilla se prensó en una matriz cilíndrica  
de grafito que tiene un diámetro interior de 0,453 pulgadas  
20 (1,151 cm), un diámetro exterior de 1,75 pulgadas (4,445 cm)  
y una longitud de 3,5 pulgadas (8,89 cm). La matriz se hi-  
zo de grafito Graph-i-tite Grado G, de la firma Graphite Spe-  
cialties Company, Sanborn, Nueva York. Dos punzones de gra-  
fito, ajustados a los orificios, en cada extremo de la ma-  
25 triz, aplican presión al precomprimido. Se comunica calor  
a la matriz de grafito a través de una bobina de inducción  
de 450 kc y 15 kw y se la rodea con una atmósfera circulan-  
te de argón. Se aplica presión con una prensa de laborato-  
rio movida a mano, que tiene un plato superior estacionario.

30

361370



- 12.-

1

Las temperaturas se midieron dirigiendo una visual a la superficie exterior del cuerpo de la matriz con un pirómetro óptico corregido para leer la temperatura central de la pastilla como si se midiera con un termopar de Chromel-Alumel.

5

En cada caso se colocó el precomprimido en la matriz, se insertó el punzón superior y se sometió a presión hasta que alcanzó el valor prefijado. Se elevó entonces la temperatura hasta el valor previamente determinado. Se empleó un periodo de tiempo constante, 7 minutos, para llevar la pastilla desde la temperatura ambiente hasta la temperatura requerida. Se mantuvieron la presión y la temperatura durante el tiempo deseado, haciéndose retornar después ambas rápidamente a las condiciones ambientes.

10

15

Después de prensar las pastillas, se midió la densidad, el diámetro y la longitud de cada una. Los resultados se tabularon en la siguiente Tabla I.

20

sigue la T a b l a I \_ \_ \_ \_ \_

25

30

361370



1968

30 25 20 15 10 5 1

T a b l a I

Tiempo (min)	800°C				1000°C				1200°C			
	280 kg/cm <sup>2</sup>	420 kg/cm <sup>2</sup>	560 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	420 kg/cm <sup>2</sup>	560 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	420 kg/cm <sup>2</sup>	560 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>	420 kg/cm <sup>2</sup>	560 kg/cm <sup>2</sup>
2	Densidad 63,2	-----	71,3	-----	-----	90,7	91,6	-----	93,1	-----	96,4	560 kg/cm <sup>2</sup> 96,4
	Diámetro 1,1458	-----	1,1473	-----	-----	1,1473	1,1353	-----	1,1455	-----	1,1473	1,1473
	Longitud 0,8238	-----	0,7391	-----	-----	0,5771	0,5778	-----	0,6544	-----	0,5468	0,5468
5	Densidad -----	69,5	-----	90,5	-----	-----	-----	-----	-----	-----	96,7	96,7
	Diámetro -----	1,1466	-----	1,1443	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1,1478	1,1478
	Longitud -----	0,7571	-----	0,5837	-----	-----	-----	-----	-----	-----	0,5410	0,5410
8	Densidad 72,1	-----	75,6	-----	93,0	-----	93,6	-----	-----	-----	97,1	97,1
	Diámetro 1,1453	-----	1,1481	-----	1,1466	-----	1,1353	-----	-----	-----	1,1483	1,1483
	Longitud 0,7315	-----	0,7013	-----	0,5662	-----	0,5631	-----	-----	-----	0,5410	0,5410

Densidad: %; Teórica 100% = 10,964 gramos/cc (98% de UO<sub>2</sub>, 2% Pu O<sub>2</sub>)

Diámetro y Longitud: en centímetros.

Tiempo: Periodo transcurrido desde que se alcanza la temperatura programada hasta que se retira la calefacción

361370



- 14.-

12 JUL 1961

1 Como se puede observar en la Tabla I precedente,  
la variación de temperatura y presión produce una variación  
significativa en la densidad de la pastilla y en la longi-  
tud. Sorprendentemente, el diámetro de la pastilla permane-  
5 ce sustancialmente constante e independiente de la presión  
y la temperatura. Esta última parece ser la que más influ-  
ye en la densidad de la pastilla. Las densidades superiores  
al 90% de la teórica se consiguen con temperaturas de 1000°C  
10 y 1200°C para todas las presiones y periodos de tiempo en-  
sayados.

#### Ejemplo II

15 Se preparó un polvo que contenía un 3% en peso  
PuO<sub>2</sub> y un 97%, en peso, de UO<sub>2</sub> por mezcla física de PuO<sub>2</sub>,  
procedente de metal quemado, con UO<sub>2</sub> natural de un mezcla-  
dor de 8 litros con una barra intensificadora durante 20  
minutos aproximadamente.

20 Se prepararon diversas muestras que pesaban  
20,3±0,1 gramos. Cada muestra se prensó en frío en una ma-  
triz de acero hasta una densidad del 40% de la teórica.  
Estos precomprimidos frágiles se cargaron en una matriz de  
grafito que tenía seis orificios. Se prensaron entonces  
25 las pastillas a una temperatura de 1100°C y a una presión de  
6000 libras por pulgada cuadrada (420 kg/cm<sup>2</sup>) durante 6 mi-  
nutos, según el procedimiento descrito en el Ejemplo I ya  
citado. Las pastillas obtenidas tenían una densidad supe-  
rior al 90% de la densidad teórica y un diámetro 0,002 pul-  
gadas (0,00508 cm) inferior al diámetro de la cavidad de la  
matriz.

361370



C 1968

1

Ejemplo II

5

Se preparó un polvo activo de  $UO_2$  como se describe en la solicitud de la patente U. S. Serial Nº 447.360, presentada el 12 de Abril de 1965. El polvo resultante tenía un diámetro medio inferior de 0,1 micra y una relación de átomo de oxígeno a átomo de uranio superior a 2.

10

Se colocaron unos 6 gramos de este polvo en una cavidad que tenía un diámetro de 0,453 pulgadas (1,1506 cm) en una matriz de grafito. Se aplicó una presión de 8000 libras por pulgada cuadrada ( $560 \text{ kg/cm}^2$ ) al polvo y se elevó su temperatura hasta  $1000^\circ\text{C}$  durante unos 4 minutos. Se mantuvieron la presión y la temperatura durante unos 5 minutos adicionales. Se relajó entonces la presión, se retiró la calefacción y se extrajo la pastilla de la matriz. Se encontró que la pastilla tenía unas características físicas excelentes y una densidad superior al 90% de la densidad teórica.

15

20

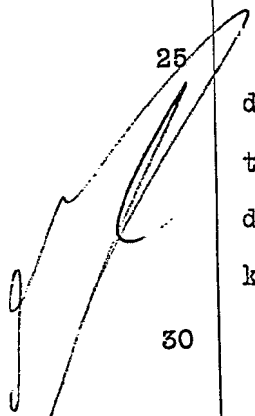
-----  
N O T A . -  
= = = = =

La presente patente de invención, comprende las siguientes reivindicaciones:

25

1.- Procedimiento para la preparación de pastillas de combustible nuclear, caracterizado porque material combustible nuclear es prensado en caliente a una presión, que va de 4000 a 20.000 libras por pulgada cuadrada ( $280$  a  $1.400 \text{ kg/cm}^2$ ) y a una temperatura comprendida entre  $900$  y  $1300^\circ\text{C}$

30



361370



1968

- 16.-

1 durante un tiempo que oscila entre 3 y 20 minutos.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el citado material combustible nuclear está inicialmente en forma de un polvo activo, que tiene una relación de átomos de oxígeno a átomos de metal superior a la estequiométrica y un tamaño medio de partículas inferior a 0,1 micras.

3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el citado polvo se prensa en frío a una presión hasta 1000 libras por pulgada cuadrada ( $70 \text{ kg/cm}^2$ ) para producir un precomprimido soportado por sí mismo, antes del citado prensado en caliente.

4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la citada presión es desde 6000 a 10.000 libras por pulgada cuadrada ( $420$  a  $700 \text{ kg/cm}^2$ ) y la temperatura citada desde  $900$  a  $1100^\circ\text{C}$ .

5.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el citado material combustible nuclear comprende una composición seleccionada del grupo integrado por óxidos de uranio y plutonio y mezclas de ellos.

6. Procedimiento para la preparación de pastillas de combustible nuclear con arreglo a la reivindicación 1, caracterizado porque comprende el suministro de material combustible nuclear en forma de polvo activo, que tiene un diámetro medio de partícula inferior a 0,1 micra; el prensado en frío del citado polvo a una presión hasta 1000 libras por pulgada cuadrada ( $70 \text{ kg/cm}^2$ ) con objeto de obtener un precomprimido frágil; la colocación del citado precomprimido en una matriz; la aplicación de una presión comprendida entre 4000

30

361370



1968

-.17.-

1 y 20.000 libras por pulgada cuadrada (280 y 1400 kg/cm<sup>2</sup>) para  
romper el citado precomprimido; el calentamiento de la cita-  
da pastilla durante un período que va de 3 a 5 minutos a una  
temperatura comprendida entre 900 y 1300°C, mientras se man-  
5 tiene la citada presión; el mantenimiento de la temperatura  
y presión citadas durante un período de 3 a 20 minutos adi-  
cionales; la relajación de la citada presión y el desprendi-  
miento de la pastilla resultante desde la matriz.

7.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracte-  
10 terizado porque la citada temperatura del prensado en calien-  
te varía desde 900 a 1100°C y la citada presión de prensado  
en caliente es desde 6000 a 10.000 libras por pulgada cuadra-  
da (420 a 700 kg/cm<sup>2</sup>).

8.- Procedimiento según la reivindicación 6, caracte-  
15 terizado porque el citado material combustible nuclear com-  
prende una composición seleccionada del grupo integrado por  
óxidos de uranio y plutonio y mezclas de ellos.

9.- Procedimiento para la preparación de pastillas  
de combustible nuclear.

20 Según se describe y reivindica en la presente memo-  
ria la cual consta de 17 hojas foliadas y escritas a máquina  
por una sola de sus caras.

Madrid a 12 de Diciembre de 1968

CARLOS ROEB

25

30

361370

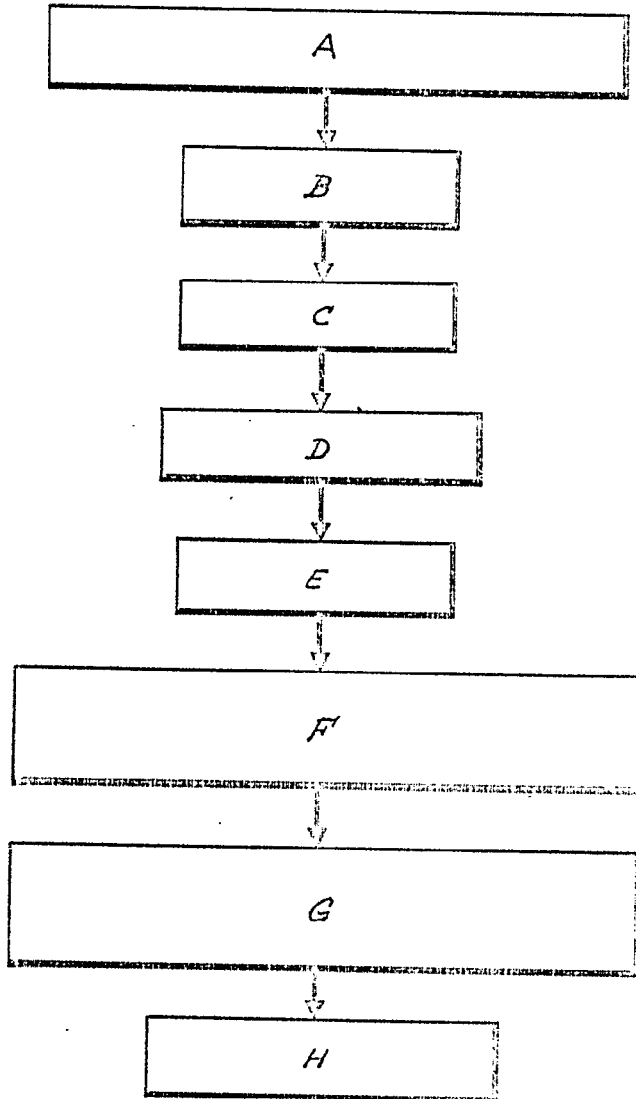


Fig 1

ESCALA VARIABLE

CARLOS ROEB  
P. R.

POOR  
QUALITY

361370



Fig 2

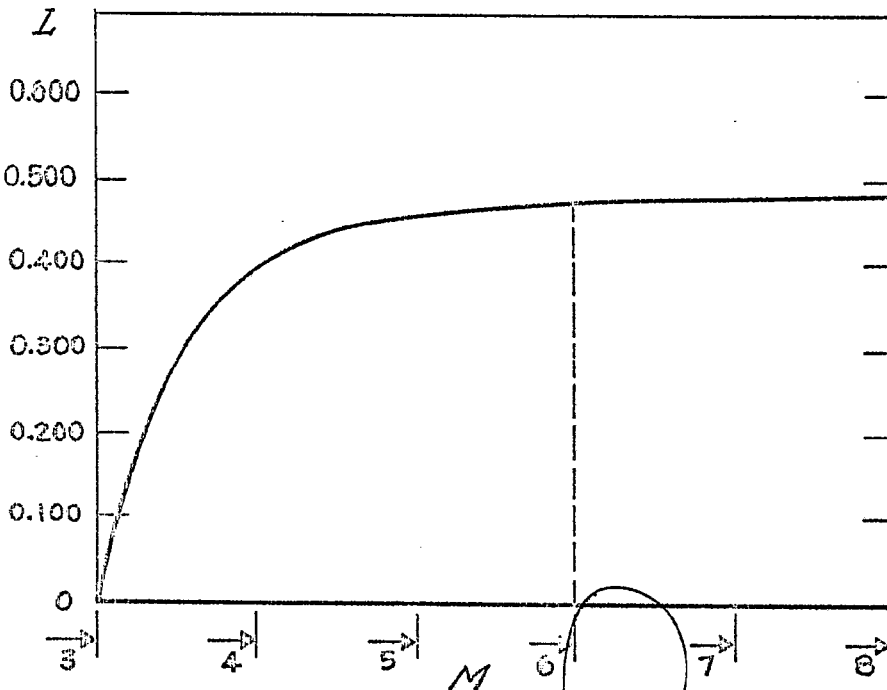
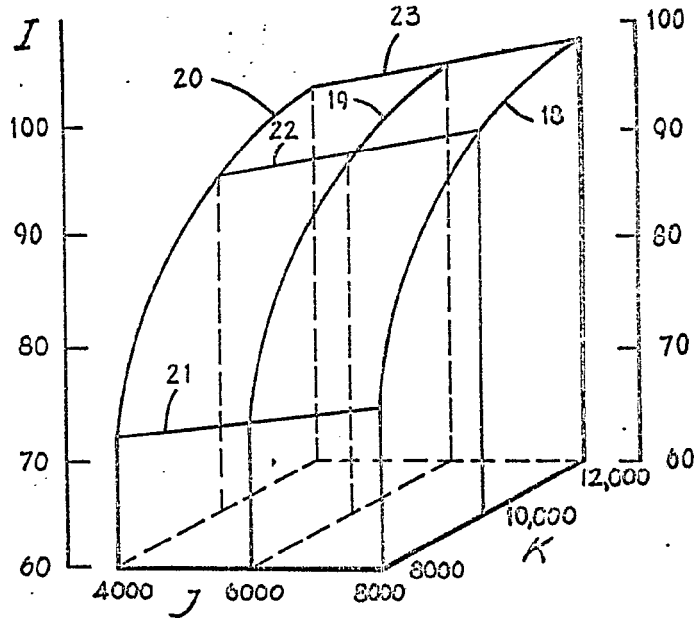


Fig 3

ESCALA VARIABLE  
CICLOS POR SEG

*Handwritten signature or initials.*

POOR  
QUALITY