

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

445.500

(19) ES	(11) NUMERO	(10) A1
	(21) 445.500	
	(22) FECHA DE PRESENTACION	
	24-2-76	

PATENTE DE INVENCION

(30) PRIORIDADES: (31) NUMERO	(32) FECHA	(33) PAIS
552.794	25-2-75	ESTADOS UNIDOS

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C22C	

(64) TÍTULO DE LA INVENCION

METODO PARA MEJORAR SUSTANCIALMENTE LA RESISTENCIA DE UN ELEMENTO DE ALEACION A BASE DE CIRCONIO.

(71) SOLICITANTE (S)

GENERAL ELECTRIC COMPANY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1 River Road, en la ciudad de Schenectady, 12305, Estado de Nueva York, U.S.A.

(72) INVENTOR (ES)

CEDRIC DAVID WILLIAMS, ANDREW WILLARD URQUHART, JAMES LUTRELLE WALKER, RICHARD ALAN PROEBSTLE, TIMOTHY JAMES BLACK, el primero de ellos canadiense y todos los demás estadounidenses.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

CONCEDIDA

-7 NOV. 1977

1 El invento se refiere de manera general a materia
les de construcción utilizados en reactores nucleares y, más
particularmente, el invento está relacionado con un nuevo mé-
todo para mejorar la capacidad de las aleaciones a base de cir-
5 conio para resistir el ataque de la corrosión en las condicio-
nes de funcionamiento de los reactores de agua hirviente, así
como con los componentes estructurales particulares que se ob-
tienen mediante utilización de este método.

10 Los importantes requisitos impuestos a los mate-
riales empleados en la construcción de reactores nucleares de
agua hirviente incluyen una absorción reducida de neutrones
términos, una buena resistencia a la corrosión química y a la
corrosión de fatiga así como a una buena resistencia mecánica.
Las aleaciones a base de circonio satisfacen estos requisitos
15 y se utilizan ampliamente para estas aplicaciones. Dos de las
aleaciones comerciales más importantes que se emplean corrien-
temente para esta utilización son el "Zircaloy-2" (que contie-
ne aproximadamente 1,5% de estaño, 0,15% de hierro, 0,1% de cro-
mo, 0,05% de níquel y 0,1% de oxígeno) y el "Zircaloy-4" (que no
20 contiene sustancialmente ninguna cantidad de níquel y aproxi-
madamente 0,2% de hierro, siendo por lo demás como el "Zircaloy-2").
Sin embargo, estas aleaciones no son del todo satisfactorias,
particularmente en razón de la corrosión pustular acelerada
que se produce en las condiciones normales de funcionamiento de
25 los reactores de agua hirviente, y que produce el desconchado
de gruesas escamas de óxido procedentes de los elementos perfi-
lados y la formación de gruesas capas de óxido sobre las barras
de combustible. El desconchado de escamas de óxido conduce en
ciertos casos a la formación de intensos campos de radiación
30 en la proximidad de los mecanismos de las barras de control don

1 de las escamas se acumulan; y la presencia de gruesas capas de
óxido reduce el rendimiento de transferencia térmica y puede
dar lugar a un recalentamiento local de la vaina del combus-
tible.

5 Se han hecho intentos para encontrar una solución
a este problema particular si bien parece que estos intentos
han fracasado, aunque los expertos en la materia se hayan ocu-
pado activamente durante mucho tiempo del tema general de la
corrosión de estas aleaciones. Por ejemplo, en la Patente de
10 los Estados Unidos No. 3.005.706, se ha propuesto añadir de
0,03 a 1,0% de berilio a las aleaciones de circonio destinadas
a ser empleadas en calderas convencionales, en reactores de a-
gua hirviente, y aparatos similares para mejorar la resisten-
cia a la corrosión producida por agua a alta temperatura. De
15 manera similar, en las Patentes de los Estados Unidos No.
3.261.682 y 3.150.972, se ha propuesto añadir a las aleaciones
de circonio, cerio y/o itrio y calcio, respectivamente, en pro-
porciones idénticas, para la misma finalidad. Sin embargo,
20 lss estadísticas y los informes, relacionados con resultados a
largo plazo de estos cambios de composición, son escasos, y las
aleaciones de circonio comerciales no incluyen estos elementos
suplementarios.

25 El invento, que se describe aquí proporciona una
contestación al problema de la corrosión pustular acelerada ba-
jo la forma de un proceso de tratamiento térmico el cual dupli-
ca aproximadamente la duración de vida limitada por la corro-
sión de los componentes a base de aleación de circonio que se
utilizan en la construcción de los reactores de agua hirvien-
te. Además, este resultado puede ser obtenido de manera cong-
30 tante, rápidamente y con un coste suplementario relativamente

1 reducido, en particular mediante la utilización del nuevo tra-
tamiento térmico de zonas y del aparato descrito y reivindica-
do en la solicitud de Patente copendiente mencionada más arri-
ba.

5 El descubrimiento del invento consiste en que e-
xiste una íntima correlación entre una característica microes-
tructural particular y la resistencia a la corrosión pustular
en el ambiente de un reactor de agua hirviente. Este descu-
brimiento está basado en el efecto, hasta la fecha desconoci-
do y no admitido, que tienen las diferencias microestructura-
10 les entre la zona de una soldadura afectada por el calor y el
resto de un elemento constituido por una aleación a base de
circonio, sobre la corrosión en el ambiente de un reactor de
agua hirviente. Aparentemente, esto se debe al calentamiento
asociado con la operación de soldadura que da lugar a una re-
15 distribución de la fase intermetálica de partículas $[Zr(Cr,Fe)_2]$
en el Zircaloy-4, y $Zr(Ni,Fe)_2$, $Zr_2(Ni,Fe)$ en el Zircaloy-2]
con una configuración que imparte al metal la característica
de resistencia a la corrosión deseada. Más particularmente,
20 las partículas intermetálicas se separan en grado notable, en
dos conjuntos dimensionales, en lugar de presentarse en el esta-
do usual de distribución generalmente uniforme, estando aisla-
dos y separados el uno del otro.

El principio del invento consiste en utilizar es-
25 te descubrimiento para aumentar mucho la vida útil de un ele-
mento constituido por una aleación a base de circonio, preparán-
dolo en su estado intermedio o sustancialmente acabado, bajo
la forma de un canal de paso de reactor de agua hirviente, de
un tubo para envainado de combustible nuclear, o de un separa-
30 dor de barras de combustible destinado a ser utilizado en un

1 canal de paso de reactor, y calentándole para iniciar la trans-
formación desde la fase alfa (estructura hexagonal compacta) a
la fase beta (estructura cúbica centrada), y finalmente enfrián-
5 dolo bruscamente hasta una temperatura sustancialmente infe-
rior a la gama de temperaturas de transformación de fase. La
separación de las partículas precipitadas se obtiene en el gra-
do deseado efectuando el enfriamiento brusco solamente duran-
te unos pocos segundos en la gama de temperatura de transfor-
mación con límite inferior de 700°C.

10 El concepto descrito más arriba contrasta fuerte-
mente con las enseñanzas de la técnica anterior, que advierten
contra el tratamiento térmico de estas aleaciones en una gama
de temperatura en la cual la fase alfa se transforma de modo
solamente parcial en fase beta, en razón de los efectos perju-
15 diciales que puede tener sobre las propiedades de resistencia
a la corrosión. Sin embargo, hemos comprobado que este enfria-
miento rápido, no solamente permite evitar este efecto perjudi-
cial, sino que mejora de manera notable las propiedades de re-
sistencia a la corrosión en reactores de agua hirviente. Ade-
20 más, las propiedades físicas en general y, más particularmen-
te, las características de carga máxima a la tracción y de duc-
tilidad, no se ven afectadas perjudicialmente de manera nota-
ble por el tratamiento térmico del invento.

25 Cuando se lleva a la práctica el invento, es impor-
tante evitar realizar operaciones de tratamiento después de
las fases de calentamiento y enfriamiento brusco anteriores,
tales como por ejemplo operaciones de laminado en caliente y
en frío y recocido, que producirían la eliminación de los dos
sistemas dimensionales de partículas precipitadas en el cuerpo
30 de aleación. El hecho de homogeneizar de nuevo estas partícu-

1 las de una manera cualquiera puede conducir a la pérdida de la
característica deseada de resistencia a la corrosión.

Este nuevo concepto según el invento difiere tam
bién de manera importante de la noción de la técnica anterior
5 según la cual se someten los canales de paso y los tubos de
Zircaloy destinados a ser utilizados en reactores de agua hir
viente, a un tratamiento térmico en la gama de temperatura be
ta, como fase previa a su fabricación, para eliminar cualquier
fase dendrítica u otra fase separada indeseable. Aunque se ha
10 ga un enfriamiento brusco después de dicho tratamiento térmi
co, se pierden rápidamente todos los efectos benéficos facili
tados por el invento, cuando se realizan ulteriormente las o
peraciones de trabajo en caliente y en frío así como de reco
cido que forman parte necesaria del programa de fabricación y
15 que son diferentes de las operaciones de enderezamiento, lim
pieza por chorro de granalla, decapado, y recocido para alivio
de tensiones que forman parte de las operaciones de acabado
(distintas de las operaciones de fabricación), las cuales no
eliminan ni reducen los efectos benéficos mencionados más arri
20 ba.

En el aspecto del método de fabricación, el inven
to incluye las fases que consisten en calentar un elemento de
aleación de circonio a una temperatura tal que la fase de al
fa se transforme, por lo menos parcialmente, en fase beta, man
25 tener el elemento a esta temperatura hasta que se inicie dicha
transformación de fase, y a continuación enfriar el elemento
para precipitar la fase intermetálica disuelta durante la fa
se de calentamiento, bajo la forma de partículas, alguna de
las cuales están organizadas a lo largo de los límites de las
30 partículas alfa. Preferentemente, esta fase de enfriamiento

1 incluye el enfriamiento brusco del elemento a razón de por lo
menos 20°C por segundo hasta una temperatura inferior a 700°C
aproximadamente. Aunque es posible calentar el cuerpo hasta
5 una temperatura que produce una transformación parcial o com-
pleta en fase beta, en la práctica del invento es preferible
calentarlo a una temperatura que produce una transformación
parcial y el tiempo de permanencia a esta temperatura puede
ser no superior a 2 ó 3 segundos aunque, preferentemente, es del
orden de aproximadamente 3 a 30 segundos. Por tanto, aunque
10 la transformación de estructura alfa en estructura beta empie-
za aproximadamente a 825°C, una temperatura algo más elevada,
por ejemplo de 870°C, es una temperatura adecuada en operacio-
nes realizadas a escala importante por motivos tanto de control
como de rapidez del proceso. De manera similar, la velocidad
15 de enfriamiento será preferentemente algo superior al valor mí-
nimo indicado más arriba, siendo por ejemplo de 200°C por se-
gundo. Se evitarán velocidades de enfriamiento tan elevadas
que impiden la precipitación de la fase intermetálica. Aun-
que se cree que velocidades de enfriamiento sustancialmente su-
periores a 400°C por segundo pueden producir este efecto, el
20 invento preve la utilización de velocidades de enfriamiento de
hasta 800°C por segundo y más, y esta características está in-
cluída en el alcance de las reivindicaciones de este procedi-
miento nuevo, siempre y cuando no se produzca ninguna supre-
sión sustancial de la precipitación de la fase intermetálica.

25 En el aspecto del producto o del artículo, el com-
ponente estructural del invento es una aleación a base de cir-
conio y tiene una utilidad particular en un reactor de agua
hirviente en razón de su resistencia a la corrosión pustular
30 acelerada. Como se ha indicado más arriba, la aleación con-

1 tiene estaño, hierro y cromo, y puede además contener níquel,
y la aleación contiene el compuesto intermetálico circonio-
hierro-cromo, $Zr(Cr,Fe)_2$, y puede también contener $Zr_2(Ni,$
5 $Fe)$ bajo la forma de un precipitado de partículas. La micro
estructura del artículo está caracterizada por la formación
de una proporción sustancial de partículas precipitadas en dos
distintos sistemas dimensionales distribuidos a través del ar
tículo. En un modo de realización preferido del invento, es-
tos sistemas están situados en los límites de granos alfa y
10 de los límites de sub-granos y de 25 a 50% de la fase precipi
tada total está aglomerada de este modo. Sin embargo, se ha
observado que los resultados y las ventajas del invento pue-
den obtenerse de manera reproducible, cuando se forma una can
tidad no superior al 1% de la fase precipitada en sistemas si
15 tuados en los límites de los granos.

Las nuevas características del invento se ilustran
en los dibujos adjuntos y que forman parte de esta Memoria, en
los cuales:

20 La figura 1 es una vista en sección parcialmente
abierta de un conjunto de combustible de reactor nuclear que
incorpora los elementos estructurales según una forma particu
lar del invento;

25 La figura 2 es una fotomicrografía (500X) de una
aleación a base de circonio convencional, que representa la
distribución de la fase de partículas intermetálicas;

La figura 3 es una fotomicrografía con la misma
ampliación, de la aleación de la figura 2, después del trata-
miento térmico según el invento; y

30 La figura 4 es una fotomicrografía idéntica a la
de las figuras 2 y 3, de la misma aleación después de una va-

1 riante de tratamiento térmico según el invento.

Una aplicación principal del invento consiste en
fabricar conjuntos de combustible nuclear tales como el que se
ilustra en la vista en sección parcialmente abierta de la figu
5 ra 1. Como puede verse, el conjunto 10 es típico del diseño
de los conjuntos de combustible para reactor de agua hirvien-
te y consiste en un canal de paso tubular 11 de sección gene-
ralmente cuadrada provisto en su extremidad superior de un gan-
cho de elevación 12 y en su extremidad inferior de una pieza
10 de extremidad (no representada, porque se ha omitido la parte
inferior del conjunto 10). La extremidad superior del canal
de paso 11 está abierta en 13, y la extremidad inferior de la
pieza de extremidad está provista de orificios de circulación
de refrigerante. Un conjunto de elementos o barras de combus-
15 tible 14 está contenido en el canal de paso 11 y está soporta-
do en este por medio de una placa de extremidad superior 15 y
de una placa de extremidad inferior (no representada porque se
ha omitido la porción inferior), y las barras 14 están manteni-
das separadamente las unas de las otras por unas rejas separa-
20 doras (no representadas) a través de las cuales pasan las ba-
rras, y que están situadas a intervalos en el sentido longitu-
dinal del conjunto, estando sujetas en las barras 11. Normal-
mente, el refrigerante líquido penetra a través de los orifi-
cios formados en la extremidad inferior de la pieza de extre-
25 midad, sube alrededor de los elementos de combustible 14, y sa-
le por el orificio de salida superior 13 en estado parcialmen-
te vaporizado en el caso de los reactores de agua hirviente,
o en estado no vaporizado en el caso de reactores presuriza-
dos, a temperatura elevada.

30 Los elementos de combustible nuclear o barras 4

1 están herméticamente selladas en sus extremidades por medio de
obturadores de extremidad 18 soldados en la vaina 17, pudiendo
5 estos obturadores incluir unas varillas 19 para facilitar
el montaje de la barra de combustible en el conjunto. Un es-
pacio vacío o cámara de pleno 20 está formado en una extremi-
dad del elemento para permitir la dilatación longitudinal del
material combustible y la acumulación de los gases liberados
por el material combustible. Un dispositivo de retención de
10 material combustible nuclear 24 bajo la forma de un elemento
helicoidal está dispuesto en el interior del espacio 20 para
impedir el movimiento axial de la columna de pastillas de com-
bustible nuclear, en particular durante la manipulación y el
transporte del elemento combustible.

15 El elemento combustible está diseñado de modo que
asegure un excelente contacto térmico entre la vaina y el ma-
terial combustible, una mínima absorción parásita de neutro-
nes, y una buena resistencia a la deformación y a las vibra-
ciones producidas ocasionalmente por la circulación del refri-
gerante a gran velocidad.

20 El canal de paso 11 y el elemento de combustible
o vaina 14 se fabrican, de acuerdo con el invento, por medio de
un método que incluye, además de las operaciones de formación
usuales del canal de paso y del tubo, un tratamiento térmico
25 final a una temperatura a la cual la fase alfa se transforma
por lo menos parcialmente en fase beta, después de lo cual se
efectúa un enfriamiento brusco mediante pulverización de agua.
La velocidad a la cual se calienta la pieza trabajada hasta
la gama de temperatura de transformación de fase, y el nivel
de temperatura que se alcanza en esta gama pueden ser elegidos,
30 pero tanto el tiempo mínimo de permanencia en la gama de tem

1 peratura, como la velocidad mínima de enfriamiento a partir
del valor de umbral de 825°C de la gama, son muy críticos.
Por consiguiente, las ventajas y los resultados nuevos según
5 el invento no pueden obtenerse de manera constante a no ser
que se altere la fase precipitada en partículas descrita más
arriba, y hemos comprobado que esta alteración no puede hacer
se en el grado necesario para multiplicar por un factor de
dos o más, la duración de vida limitada por la corrosión de
10 los canales de paso y del envainado, a no ser que el tiempo
de permanencia a la temperatura superior a la temperatura de
transición sea por lo menos de 3 segundos y que la velocidad
del enfriamiento hasta la temperatura de 700°C aproxima-
mente, sea por lo menos de 20°C por segundo. En la práctica
a escala comercial, tanto si se utiliza el aparato de trata-
15 miento térmico por zonas descrito en la solicitud de Patente
copendiente No. de serie 552.795, como si se utiliza otra
técnica de tratamiento térmico, para llevar a la práctica el
invento, se prefiere un tiempo de permanencia más largo del or-
den de 20 a 30 segundos y temperaturas más altas tales como
20 $850-950^{\circ}\text{C}$. Igualmente, es preferible utilizar una velocidad
de enfriamiento superior, del orden de $200-300^{\circ}\text{C}$ por segundo.

El tiempo y la temperatura máxima no son críti-
cos, tanto en la gama alfa-beta como en la gama beta. Se ha
previsto la posibilidad de efectuar un tratamiento térmico a
25 temperaturas dando lugar a una transformación completa de la
fase alfa en fase beta (superior a 965°C), aunque no se obtie-
ne ninguna ventaja particular elevando la pieza trabajada a
una temperatura superior al régimen de temperatura bifásica
(aproximadamente $825-965^{\circ}\text{C}$) y se necesita sustancialmente más
30 energía. Por el mismo motivo, en la práctica, el límite su

1 perior de la temperatura para el procedimiento según el inven
to puede fijarse en 1.100°C aproximadamente, aunque, en teoría,
pueden emplearse temperaturas hasta la temperatura de punto de
fusión de aproximadamente 1.860°C .

5 El método y los productos nuevos según el inven
to se describen detalladamente en los ejemplos ilustrativos,
aunque sin carácter limitativo, del mejor procedimiento para
llevar a la práctica el invento con el objeto de fabricar cana
les de circulación y vainas de combustible destinados a ser u
10 tilizados en reactores nucleares de agua hirviente.

EJEMPLO I

Utilizando el aparato descrito y reivindicado en
la solicitud de Patente de los Estados Unidos copendiente, No.
de serie 552.795, se sometió un canal de paso de reactor de
15 agua hirviente de una longitud de 4,26 m (14 pies) aproxima
mente, con una sección transversal generalmente cuadrada de
14,605 cm ($5\text{-}3/4$ pulgadas), dotadas de esquinas redondeadas, y
un espesor de pared de 2,54 mm (100 milésimas de pulgada) de
Zircaloy-4 ASTM B352, calidad RA2, la realización de un tra
20 tamiento térmico de zonas de acuerdo con el procedimiento de
fabricación convencional que incluye la conformación y la unión
de las dos medias secciones conjuntamente por medio de soldadu
ras situadas en toda la longitud del canal de paso. De este
modo, antes de las operaciones de acabado usuales que incluyen
25 la mecanización para obtener las dimensiones finales y la ope
ración de esterilización en autoclave, se hizo pasar el canal
de paso axialmente a la velocidad de 12,7 mm/segundo ($1/2$ pul
gada) a través de los puestos de calentamiento y enfriamiento.
A continuación se calentó una zona de 7,62 a 10,16 cm de longi
30 tud (3 a 4 pulgadas) desde la temperatura ambiente hasta una

1 temperatura de 800°C aproximadamente, mientras el canal de paso
se desplazaba a través del solenoide de calentamiento por in-
ducción eléctrica, alcanzando una temperatura máxima de aproxi-
madamente 920°C en una región de 7,62 cm (3 pulgadas) entre el
5 solenoide y el puesto de enfriamiento. A la entrada en el pue-
sto de enfriamiento, la temperatura de cada porción sucesiva del
canal de paso se redujo desde aproximadamente 920°C hasta 700°C
aproximadamente, en 3 segundos, por medio de una corriente de
agua aireada aplicada contra la superficie anular externa del
10 canal de paso. El efecto de enfriamiento de la corriente dismi-
nuyó todavía más la temperatura del mismo, la cual alcanzó
500°C, en otros 6 segundos.

La eliminación de la capa de óxido formada en el
canal de paso durante el tratamiento térmico en el aire, se
15 hizo con chorro de granalla después de lo cual se dió al ca-
nal de paso sus dimensiones internas finales y se recortaron
sus extremidades a la longitud deseada. Los separadores se su-
jetaron a continuación en la parte externa del canal de paso pa-
ra servir como guías para las barras de control y, a continuación
20 se sometió el canal de paso a la operación de esterilización en
autoclave de la manera acostumbrada. En este momento el canal
de paso estuvo dispuesto para recibir los separadores de barras
de combustible y para ser cargado con las barras de combustible.

El examen de la microestructura del canal de pa-
25 so después de la operación de esterilización reveló que en toda
la longitud del canal de paso se había producido una redistri-
bución de la fase de partículas precipitadas. Por ejemplo, co-
mo se ve en la figura 2, las partículas del compuesto interme-
tálico, $Zr(Cr,Fe)_2$ estaban separadas y aisladas y más o menos
30 uniformemente distribuidas, antes del tratamiento térmico. Des-

1 pués del tratamiento térmico y de las operaciones de acabado
descritas más arriba, la microestructura estaba caracterizada
por un desarrollo marcado de la separación microscópica de las
partículas de material, estando las partículas aglomeradas en
5 dos sistemas dimensionales a lo largo de las fronteras de los
granos alfa. La figura 3 ilustra esta modificación de estado,
reinante en todo el canal de paso y que corresponde a la micro
estructura de una zona típica afectada por el calor en una sol
dadura que tiene una resistencia particularmente elevada a la
10 corrosión pustular acelerada en el ambiente de los reactores
de agua hirviente, como se ha indicado más arriba.

EJEMPLO II

Se efectuó la operación descrita en el ejemplo I
obteniéndose sustancialmente los mismos resultados por lo que a
15 las características microestructurales observadas, con la dife
rencia de que el programa de tratamiento térmico incluía el ca
lentamiento del canal de paso desde la temperatura ambiente
hasta 843^oC, a una velocidad media de 195^oC por segundo, Se man
tuvo durante 30 segundos la temperatura de 843^oC, después de
20 lo cual se enfrió el canal de paso a la velocidad media de
55^oC por segundo, hasta 538^oC. En toda la porción de alta tem
peratura de desplazamiento del canal de paso a través de los
puestos de calentamiento y de enfriamiento, se mantuvo el canal
de paso en una atmósfera de argón-helio, estando los puestos
25 cerrados, y manteniéndose la presión del gas inerte a un valor
superior a la presión atmosférica, tanto dentro como fuera del
canal de paso. Ya que el tratamiento térmico se había efectua
do en atmósfera inerte, no se necesitó limpiar el canal de pa
so con chorro de granalla antes de darle sus dimensiones fina
30 les y someterlo a la esterilización en autoclave.

1 EJEMPLO III

La vaina de combustible de Zircaloy-4 de calidad comercial, puede fabricarse utilizando procedimientos convencionales, sometiéndola a continuación a un tratamiento térmico efectuado de la manera descrita en el Ejemplo I. En esta operación, el calentamiento puede hacerse a razón de 60° por segundo desde 750°C hasta 860°C y la vaina puede mantenerse entre 860 y 930°C durante tres segundos, después de lo cual se enfría en agua a razón de casi 400°C por segundo hasta 700° por medio de una pulverización de agua aireada. La temperatura de la vaina puede ser disminuída todavía más, desplazando la vaina debajo de las boquillas de pulverización del puesto de enfriamiento, alcanzando aproximadamente 500°C en menos de 6 segundos suplementarios. Los resultados obtenidos en lo que a microestructuras se refiere, son idénticos a los que se describen en los Ejemplos I y que se ilustran en las figuras 2 y 3.

15 EJEMPLO IV

En otro experimento idéntico al del Ejemplo I, el canal de paso puede ser calentado hasta la temperatura máxima de 1.000°C durante 5 segundos y a continuación enfriado con pulverización de agua a razón de 400°C por segundo hasta 700°C , y a razón de 300°C hasta 500°C . La microestructura resultante es la que se ilustra en la figura 4, en la cual aparece la estructura característica de placa de Widmanstatten, y la mayor parte de las partículas de la fase intermetálica precipitada, se aglomeran en los límites de los granos y en los límites de los sub-granos.

En toda esta Memoria y en las reivindicaciones adjuntas, las relaciones o las proporciones se indican en fun

1 ción del peso a no ser que se indique de otro modo.

Los peritos en la materia podrán entender, par
tiendo de la descripción del invento en general y de los
términos específicos de la misma, que este invento es apli
5 cable a material constituido por tiras de aleación a base de
circonio así como a perfiles y otros componentes estructu-
rales fabricados con ellos. El punto importante es que las
operaciones de trabajo en caliente o en frío o de recocido,
que tienden a rehomogeneizar la microestructura separada
10 producida por el procedimiento del invento, han de ser evi-
tadas en las siguientes operaciones de fabricación. Sin em-
bargo, es posible fabricar canales de paso a partir de cha-
pa tratada de acuerdo con el invento sin que sea necesario
realizar estas operaciones de laminación en caliente o en
15 frío y de recocido, y sin que se produzca esta rehomogenei-
zación.

En resumen, la presente Patente de Invención
que se solicita deberá recaer en las siguientes:

REIVINDICACIONES

20 1.- Método para mejorar sustancialmente la re-
sistencia de un elemento de aleación a base de circonio,
a la corrosión pustular acelerada que da lugar a la forma-
ción de gruesas capas de óxido, caracterizado porque inclu-
ye las fases que consisten en calentar el elemento a una
25 temperatura a la cual la fase se transforma por lo menos
parcialmente en fase beta, mantener el elemento a dicha tem-
peratura para iniciar la transformación de fase alfa en fa-
se beta, y a continuación enfriar el elemento y precipitar
así, bajo la forma de partículas, en los límites de granos
30 alfa, la fase intermetálica disuelta durante la fase de cal

1 lentamiento.

2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento se mantiene en la gama de temperaturas de transformación de la fase alfa en la fase beta, por lo menos durante 3 segundos.

3.- Método según las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque la velocidad de enfriamiento está incluida en la gama incluida entre aproximadamente 100°C y aproximadamente 400°C.

4.- Método según las reivindicaciones 1-3 caracterizado porque la temperatura a la cual se calienta el elemento está incluida entre 825°C y 1.100°C, y porque este elemento se enfría a razón de por lo menos 20°C por segundo hasta una temperatura no inferior a 700°C aproximadamente.

5.- Método según las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque el elemento se mantiene en atmósfera inerte durante las operaciones de calentamiento y de transformación de fase.

6.- Un método según las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado porque el elemento se calienta a alrededor de 825° y alrededor de 1.100°C por al menos 3 segundos y se enfría desde tal gama de temperatura hasta menos de alrededor de 700°C a una velocidad de aproximadamente 200°C por segundo.

7.- Un método según las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado porque el componente estructural se calienta hasta, y se mantiene en, una gama de temperatura de transformación de la fase alfa en la fase beta por al menos 3

1 segundos y posteriormente se enfria a menos de 300°C a una
velocidad de aproximadamente 250°C por segundo.

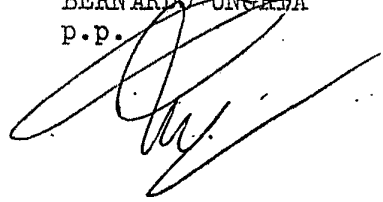
8.- Se reivindica por último como objeto sobre
el que ha de recaer la Patente de Invención que se solici-
5 ta: METODO PARA MEJORAS SUSTANCIALMENTE LA RESISTENCIA DE
UN ELEMENTO DE ALEACION A BASE DE CIRCONIO.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en
la presente memoria descriptiva, que consta de diechocho
páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

10

Madrid, 24 Febrero 1.976

BERNARDO UNGRÍA
p.p.

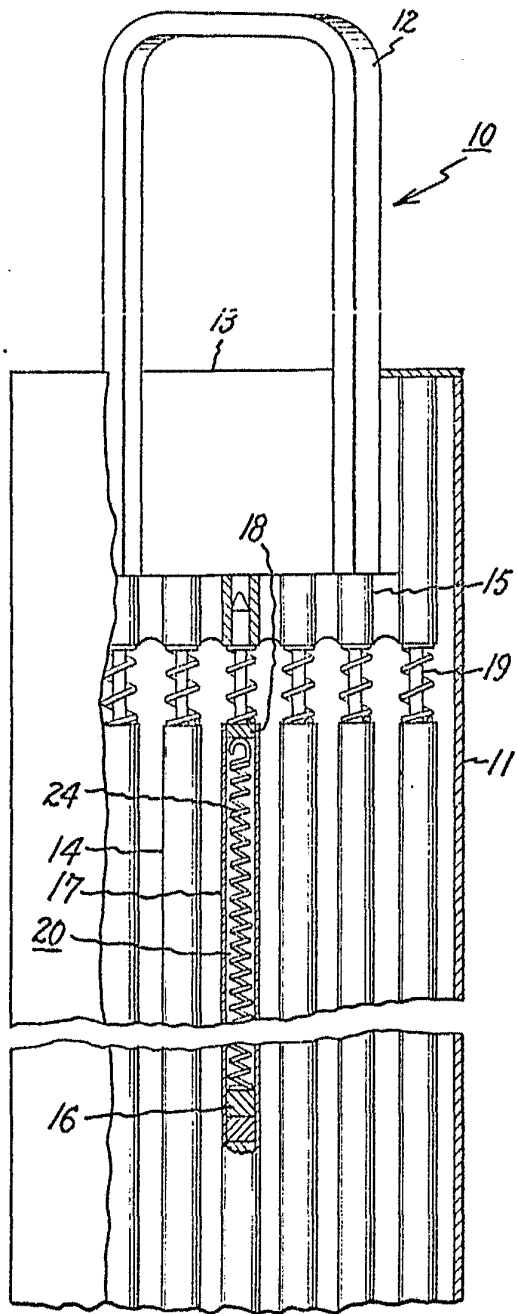


15

20

25

Fig. 1.



ESCALA VARIABLE
Madrid, 24 Febrero 1.976
BERNARDO UNGRIA
p.p.

FIG. 2.

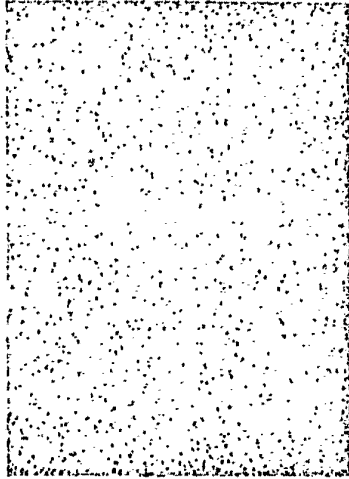


FIG. 3.

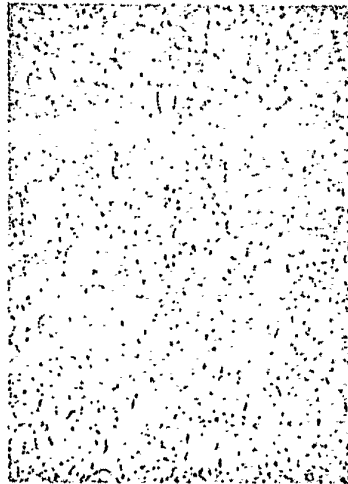


FIG. 4.



ESCALA VARIABLE
Madrid, 24 Febrero 1.976
BERNARDO UNGRIA
p.p.

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Bernardo Ungria', written over the typed name.