

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

19 ES	11 NUMERO	10 A1
	21 445501	
22	FECHA DE PRESENTACION	
	24-2-76	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
552.795	25-2-75	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--------------------------------	--------------------------------------

54 TITULO DE LA INVENCION

"METODO Y APARATO DE TRATAMIENTO TERMICO EN ZONAS, APLICABLES A UN ARTICULO DE ALEACION DE CIRCONIO, DE FORMA ALARGADA, PARA MEJORAR LA RESISTENCIA A LA CORROSION PRODUCIDA POR EL REFRIGERANTE EN -- REACTORES DE AGUA HIRVIENTE".

71 SOLICITANTE (S)

GENERAL ELECTRIC COMPANY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1 River Road, Ciudad de Schenectady, 12305 - Estado de New York
U.S.A.

72 INVENTOR (ES)

ALLAN JAMES KIESLER, PETER GEORGE FRISCHMANN y ALAN CLARK ROCK-
WOOD, todos de nacionalidad estadounidense.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU

1 El invento se refiere de manera general a ma-
teriales de construcción utilizados en reactores nucleares
y, más particularmente, el invento está relacionado con un
nuevo método automático para mejorar la resistencia de los
5 canales de paso y de las vainas a base de circonio, al ata-
que de la corrosión en las condiciones de funcionamiento de
los reactores de agua hirviente, así como con un nuevo apa-
rato que permite llevar a la práctica este método.

10 Los importantes requisitos impuestos a los ma-
teriales empleados en la construcción de reactores nucleares
de agua hirviente incluyen una absorción reducida de neutro-
nes térmicos, una buena resistencia a la corrosión química y
a la corrosión de fatiga, así como una buena resistencia me-
cánica. Las aleaciones a base de circonio satisfacen estos
15 requisitos y se utilizan ampliamente para estas aplicaciones.
Dos de las aleaciones comerciales más importantes, que se em-
plean corrientemente para esta utilización, son el "Zircaloy-2"
(que contiene aproximadamente 1,5% de estaño, 0,15% de hie-
rro, 0,1% de cromo, 0,05% de níquel y 0,1% de oxígeno) y el
20 "Zircaloy-4" (que no contiene sustancialmente ninguna canti-
dad de níquel y aproximadamente 0,2% de hierro, siendo por
lo demás idéntico al "Zircaloy-2"). Sin embargo, estas alea-
ciones no son del todo satisfactorias, particularmente en ra-
zón de la corrosión pustular acelerada que se produce en las
25 condiciones normales de funcionamiento de los reactores de
agua hirviente, y que da lugar al desconchado de gruesas es-
camas de óxido procedentes de los canales de paso y a la for-
mación de gruesas capas de óxido sobre las barras de combus-
tible. El desconchado de escamas de óxido conduce, en cier-
30 tos casos, a la formación de intensos campos de irradiación,

1 en la proximidad de los mecanismos de las barras de control,
donde las escamas se acumulan; y la presencia de gruesas ca-
pas de óxido reduce el rendimiento de transferencia térmica
y puede dar lugar a un recalentamiento local de la vaina del
5 combustible.

Se han hecho intentos para encontrar una solu-
ción a este problema particular, si bien parece que estos in-
tentos han fracasado, aunque los expertos en la materia se
hayan ocupado activamente durante mucho tiempo del tema gene-
10 ral de la corrosión de estas aleaciones. Por ejemplo, en la
Patente de los Estados Unidos No. 3.005.706, se ha propuesto
añadir de 0,03 a 1% de berilio a las aleaciones de circonio
destinadas a ser empleadas en calderas convencionales, en
reactores de agua hirviente, y aparatos imilares, para mejo-
15 rar la resistencia a la corrosión producida por agua a alta
temperatura. De manera similar, en las Patentes de los Esta-
dos Unidos Nos. 3.261.682 y 3.150.972, se ha propuesto aña-
dir a las aleaciones de circonio, cerio y/o itrio y calcio,
respectivamente, en proporciones idénticas, para la misma fi-
20 nalidad. Sin embargo, las estadísticas y los informes, rela-
cionados con los resultados obtenidos a largo plazo con estos
cambios de composición, son escasos, y las aleaciones de cir-
conio comerciales no incluyen estos elementos suplementarios.

El invento que se describe y reivindica en la
25 solicitud de Patente copendiente mencionada más arriba, apor-
ta una contestación a este problema facilitando la prolonga-
ción de la vida útil de los componentes estructurales de los
reactores de agua hirviente aproximadamente en un 100% o más.
Como se ha indicado más arriba, el concepto nuevo principal
30 que permite este resultado es la redistribución de la fase

1 de partículas a través de un canal de paso u otro componente
estructural gracias a la realización de un tratamiento tér-
mico nuevo y altamente crítico. Ya que la puesta en prácti-
ca de este principio en un procedimiento y en un aparato a-
5 plicables comercialmente presenta un nuevo problema, la téc-
nica anterior no ofrece ningún método adecuado o medio apli-
cable para este fin. En efecto, el tamaño de los artículos
que han de ser tratados, y en particular su longitud, así
como la temperatura muy elevada y la gama de temperaturas de
10 tratamiento térmico relativamente estrecha y el enfriamiento
rápido que se necesita, conjuntamente con el hecho de que el
tiempo necesario a la temperatura elevada debe ser de algunos
segundos solamente, constituyen una combinación que no se a-
dapta bien a la técnica de la normalización en fosa, al tra-
15 tamiento continuo en horno o a cualquier otra variante de la
técnica anterior.

El invento, en sus aspecto tanto de método co-
mo de aparato, consiste en un nuevo principio de tratamien-
to térmico en zonas de un artículo constituido por una alea-
20 ción a base de circonio y de forma alargada, sometiénolo a
una temperatura muy elevada durante un tiempo extremadamente
corto, y a continuación enfriando muy rápidamente el artícu-
lo de modo que, al final de la operación, todas las partes
de este artículo hayan sido sometidas a las mismas altas tem-
25 peraturas críticas y a las mismas velocidades de enfriamien-
to para establecer y mantener en todo el artículo las caracte-
rísticas microestructurales deseadas. Por ejemplo, se ha
ce que un artículo de aleación a base de circonio, y de for-
ma alargada, atraviese una zona caliente de longitud axial
30 relativamente corta y sometida a una temperatura máxima fi-

1 ja superior a 825°C , e inmediatamente después atraviese una
zona de enfriamiento brusca donde la temperatura del artículo
disminuye casi instantáneamente en por lo menos 125°C .

5 Utilizando un solenoide de calentamiento por
inducción eléctrica, y desplazando la pieza trabajada a tra
vés del solenoide y manteniendo la zona de temperatura má-
xima de la pieza trabajada fuera del solenoide, pueden ha-
cerse reglajes, mientras la porción longitudinal de la pieza
trabajada está todavía en el interior del solenoide, para co
rregir las variaciones de la velocidad de incremento de tem-
10 peratura de tal manera que la porción longitudinal alcance
el nivel crítico de temperatura máxima después de salir de
la bobina y pueda, por tanto, ser enfriada a partir de esta
temperatura a una temperatura más baja elegida, con la velo
15 cidad deseada.

En resumen, por lo que al método se refiere,
el invento incluye las operaciones que consisten en desplazar
axialmente de manera continua el artículo de aleación de mo
do que sus porciones longitudinales penetren en un solenoi-
20 de de inducción eléctrica, lo atraviesen, y salgan de él, y
a continuación penetren en un puesto de enfriamiento separa
do del solenoide y lo atraviesen. Cuando se realizan estas
operaciones, se detecta la temperatura de cada porción lon-
gitudinal sucesiva del artículo mientras está dentro del so-
25 lenoide y se regula la energía eléctrica aplicada al solenoi
de para que cada porción sucesiva del artículo alcance la
temperatura máxima preelegida en la gama de 825°C - 1.100°C ,
mientras esta parte se desplaza a través del espacio forma-
do entre el solenoide y el puesto de enfriamiento.

30 Por lo que al aparato se refiere, el invento

1 incluye unos medios para desplazar el artículo en sentido
longitudinal a lo largo de un trayecto en el cual está si-
tuado un puesto de calentamiento que incluye un solenoide
de calentamiento por inducción eléctrica, con extremidades
5 abiertas, que incluye un cierto número de espiras y que es
tá dispuesto para recibir y contener radialmente una parte
longitudinal del artículo. Un dispositivo detector de tem-
peratura sirve para detectar continuamente la temperatura
de una parte del artículo que pasa por un punto intermedio
10 en el interior del solenoide, y un dispositivo de control de
energía eléctrica sirve, en asociación activa con el sole-
noide, en respuesta a la acción del dispositivo detector de
temperatura, para regular la energía aplicada al solenoide
y mantener así la temperatura máxima del artículo a una tem-
15 peratura predeterminada en la gama de 825°C - 1.100°C . Un
puesto de enfriamiento está situado axialmente a una cierta
distancia del puesto de calentamiento en el recorrido de los
artículos, para recibir y enfriar a una velocidad predetermi-
nada las sucesivas porciones longitudinales del artículo.

20 Los peritos en la materia podrán entender más
claramente el invento estudiando los dibujos adjuntos que
forman parte de esta Memoria y en los cuales:

La figura 1 es una vista en perspectiva par-
cial de un aparato que incorpora el invento en una forma de
25 realización preferida, que representa la pieza trabajada en
su posición, durante el funcionamiento de los puestos de ca-
lentamiento y de enfriamiento;

La figura 2 es una vista similar a la figura
1, que ilustra las zonas de temperatura creciente en la par-
30 te de la pieza trabajada situada entre los puestos de calen-

1 tamiento y de enfriamiento;

La figura 3 es un gráfico que incluye unas curvas que indican la historia térmica de cada una de las dos partes de una pieza trabajada que atraviesa el puesto de calentamiento; y

La figura 4 es un diagrama de conexionado del aparato de la figura 1.

El aparato ilustrado incluye un bastidor adecuado (no representado) que soporta los puestos de calentamiento 10 y 11 dispuestos coaxialmente y separados verticalmente, y un dispositivo de elevación vertical tal como una grúa (no representada) que permite hacer bajar un canal de paso 12 axialmente a través de los puestos 10 y 11 a una velocidad fija o variable. Un dispositivo de guiado adecuado (que no se representa) puede ser utilizado para mantener el canal de paso 12 en una relación de separación en sentido radial respecto al solenoide 14 de calentamiento por inducción eléctrica que constituye el puesto de calentamiento 10, y con relación al conjunto de boquillas de pulverización 16 situado debajo del solenoide 14, y que constituye el puesto de enfriamiento 11.

Un motogenerador 17 de 200 kW sirve como fuente de energía eléctrica (3 kilo-hertz) para el solenoide 14, y la energía aplicada al solenoide está controlada automáticamente para mantener la zona de temperatura máxima del canal de paso 12 al nivel de temperatura deseado y en el emplazamiento deseado a lo largo del recorrido de desplazamiento del canal de paso. Como se representa en la figura 3, una unidad de sintonización y de adaptación de impedancia 20 conecta el solenoide 14 con la salida del generador 17, y el

1 generador está controlado por unas señales aplicadas a las
bobinas de campo del generador a partir de la fuente de e-
nergía de corriente alterna 21, a través del circuito de
fuerza 23, cuyo cursor 24 es accionado y posicionado por el
5 servo motor 25. La unidad de detección pirométrica 27 está
situada de modo que detecte las radiaciones procedentes de
una parte del canal de paso 12 situada en el interior del
solenoides 14. El pirómetro está conectado a una unidad
electrónica 30 la cual, a su vez, está conectada a una uni-
10 dad de compensación continua 32 y al potenciómetro 33.

Las boquillas de pulverización 35 del puesto
de enfriamiento 11 están dispuestas en grupos de 4, alrede-
dor de los cuatro costados del canal de paso, para aplicar
pulverizaciones de agua sobre la superficie externa del ca-
15 nal de paso, alrededor de su periferia, de modo que se ob-
tenga un enfriamiento más o menos uniforme en cada tramo su-
cesivo de la longitud del canal de paso. Las boquillas 35
están conectadas con una fuente de agua adecuada (no repre-
sentada) bajo una presión adecuada aproximadamente a la tem-
20 peratura ambiente, y se han previsto unas válvulas (que tam-
poco se representan) para regular la circulación del agua
hacia las boquillas, a través de unas tuberías que comuni-
can con la fuente. Es posible utilizar ventajosamente agua
a temperatura elevada de por ejemplo 80°C , cuando se desea
25 una velocidad de enfriamiento intermedia.

En los siguientes ejemplos ilustrativos, sin
carácter limitativo alguno, se describe de manera práctica
como funciona el aparato ilustrado.

EJEMPLO

30 Un canal de paso de 4,26 m de largo (14 pies)

1 con sección transversal generalmente cuadrada de 14,605 cm
(5-3/4 pulgadas) (con esquinas redondeadas) hecho de Zirca
loy-4 ASTM B352, calidad RA2, ha sido fabricado con chapa
metálica de 2,54 mm de espesor (100 milésimas de pulgada),
5 en dos secciones adaptables que han sido soldadas a lo lar-
go de sus bordes en toda la longitud del canal de paso. Es-
te canal de paso, que se representa en los dibujos con la
referencia 12, se sujetó por su extremidad superior en un
dispositivo de elevación accionado por motor, por medio del
10 cual se hizo bajar longitudinalmente a la velocidad de 12,7
mm por segundo (1/2 pulgada) a través de los puestos de ca-
lentamiento y enfriamiento 10 y 11 respectivamente. Se con-
troló manualmente la energía aplicada al solenoide 14 al en-
15 trar el canal de paso 12 en el solenoide, estableciéndose
el control automático al empezar el pirómetro 27 a detectar
la radiación procedente del canal de paso, a partir del pun-
to central del solenoide, aproximadamente. De este modo,
estando el potenciómetro 33 ajustado para asegurar que el ca-
20 nal de paso pueda alcanzar una temperatura de 900-920°C al
atravesar el espacio formado entre los puestos 10 y 11, la
señal generada por el pirómetro se aplica a la unidad de
equilibrado 32 haciendo que el servo-motor 25 se energice
para desplazar el cursor 24 con el objeto de aumentar o dis-
25 minuir la potencia aplicada a través del circuito puente 23
a las bobinas de campo del generador. De este modo se efec-
túan automáticamente incrementos o reducciones de la canti-
dad de energía aplicada al solenoide por el generador, como
consecuencia de la pendiente prevista de la curva de veloci-
dad de calentamiento, mientras la parte del canal de paso
30 en cuestión está todavía en el interior del solenoide 14.

1 El conjunto de control automático actúa continuamente de
esa manera mientras se efectúa el tratamiento de zonas del
canal de paso de una extremidad a la otra, según se indi-
ca en la figura 3, en la cual las curvas A y B representan
5 la historia térmica de dos porciones longitudinales dife-
rentes del canal de paso. Como puede verse, la porción
A del canal de paso ha sido calentada de acuerdo con el
programa de la curva A, mientras se desplazaba a través del
solenoides 14, alcanzando el nivel intermedio en el punto
10 central del solenoide donde está situado el pirómetro 27 pa-
ra recibir la radiación infrarroja con el objeto indicado
más arriba. Ya que en este caso el calentamiento se hace
a la velocidad necesaria para que esta parte del canal de
paso alcance la temperatura máxima elegida de aproximada-
15 mente 920°C , después de que el canal de paso ha salido del
solenoides 14, no se hace ningún cambio en la energía apli-
cada al solenoide. Sin embargo, en el caso de la porción
B del canal de paso, el calentamiento se hace a velocidad
más lenta y por tanto cuando alcanza el punto central del
20 solenoide, la radiación infrarroja es inferior a la que ne-
cesita el sistema de control automático, y la unidad de
equilibrado 32 acciona el servo-motor 24 que desplaza el
cursor 24 actuando en el circuito 23 para aumentar la can-
tidad de energía aplicada al solenoide 14 a partir del ge-
25 nerador 17. El cambio en la pendiente de la curva B se de-
be a la mayor energía aplicada al solenoide, y por tanto,
la porción B del canal de paso alcanza la temperatura má-
xima deseada en el mismo punto situado cerca del solenoide
14 de la porción A, asegurando así el mismo tratamiento
30 térmico y obteniéndose la misma microestructura deseada en

1 ambas porciones y en toda la longitud del canal de paso 12.

La extremidad inferior de la zona de temperatura máxima es adyacente al puesto de enfriamiento 14, como puede verse en las figuras 1 y 2, y por tanto las proyecciones de agua aireada obtenidas a partir de la batería de boquillas 35 chocan con la superficie externa del canal de paso, en un punto donde el canal de paso está casi a su temperatura máxima. Las proyecciones de agua están superpuestas de modo que el enfriamiento se produzca con una uniformidad razonable alrededor de toda la periferia del canal de paso y sobre la superficie del mismo, y la temperatura del canal de paso disminuye hasta 700°C en uno o dos segundos, y a un valor inferior a 500°C en otros seis segundos. La velocidad a la cual disminuye la temperatura del canal de paso puede ser ajustada cambiando la proporción de aire-agua de la mezcla de las pulverizaciones, y en variante, puede utilizarse agua no aireada.

Las operaciones de acabado que consisten en dar al canal de paso sus dimensiones finales, en limpiarlo con chorro de granalla y en recortar sus extremidades, se efectúan después de extraer el canal de paso 12 del aparato de tratamiento térmico. A continuación, unos botones de guiado de barra de control convencionales (no representados) se sujetan en el canal de paso el cual queda así dispuesto para recibir las barras de combustible cargadas y las rejillas separadoras antes de instalarlo en un reactor nuclear de agua hirviente.

En lugar de regular la energía aplicada al solenoide 14, o además de esta regulación, como se ha descrito más arriba, el invento puede llevarse a la práctica

1 de una manera que implica la regulación de la velocidad
de desplazamiento del canal de paso 12. Esto puede ha-
carse automáticamente, de acuerdo con unas señales proce-
dentes del pirómetro u otro dispositivo detector de tempe-
5 ratura que sirve para controlar la temperatura del canal
de paso mientras pasa por un punto intermedio en el inte-
rior del solenoide 14. Por tanto, si el calentamiento se
hace a la velocidad indicada por la curva B de la figura
3, el motor que controla la velocidad de descenso del ca-
10 nal de paso reducirá automáticamente su velocidad para
permitir un período de calentamiento más largo hasta la
temperatura máxima final deseada.

En resumen, la Presente Patente de invención
que se solicita deberá recaer en las siguientes:

15

REIVINDICACIONES

1.) Método y aparato de tratamiento térmico
en zonas, aplicables a un artículo de aleación de circo-
nio, de forma alargada, para mejorar la resistencia a la
corrosión producida por el refrigerante en reactores de
20 agua hirviente, desplazando axialmente el artículo secu-
encialmente en zonas de temperatura máxima crítica y con un
tiempo y una velocidad de reducción de temperatura críti-
cos, estando dicho método caracterizado porque incluye
las operaciones que consisten en desplazar axialmente el
25 artículo para que penetre en un solenoide de inducción
eléctrica, lo atraviese y salga del mismo, y a continuación
penetre en un puesto de enfriamiento separado del soleno-
de y salga del mismo, detectar la temperatura de unas
porciones longitudinales sucesivas del artículo en el in-
30 terior del solenoide, y regular la cantidad de energía

1 eléctrica aplicada al solenoide para que cada porción suce
siva del mismo alcance la temperatura máxima incluida en
entre 825°C y 1.100°C, mientras esta porción se desplaza a
través del espacio formado entre el solenoide y el puesto
5 de enfriamiento.

2.) Método según la reivindicación 1, caracte
rizado porque el refrigerante líquido se suministra en
contacto con la superficie anular externa de las sucesivas
porciones longitudinales mientras penetran secuencialmen
10 te en el puesto de enfriamiento.

3.) Método según las reivindicaciones 1 o 2,
caracterizado porque se dirige agua a una temperatura su
perior a 80°C aproximadamente, bajo la forma de corrientes
que chocan con la superficie anular externa de las sucesi
15 vas porciones longitudinales mientras penetran secuencial
mente en el puesto de enfriamiento.

4.) Método según las reivindicaciones 1-3,
caracterizado porque el agua bajo la forma de pulveriza
ción aireada se aplica contra la superficie anular externa
20 de las sucesivas porciones longitudinales del artículo
mientras penetran secuencialmente en el puesto de enfria
miento.

5.) Método según las reivindicaciones 1-4,
caracterizado porque las sucesivas porciones longitudina
25 les del artículo se calientan por medio de solenoide has
ta una temperatura incluida entre 860° y 930°C aproximada
mente, y se mantienen por medio del solenoide en esta ga
ma de temperatura durante 3 a 30 segundos, y porque dichas
sucesivas porciones se enfrian con agua secuencialmente en
30 el puesto de enfriamiento a razón de 150°C - 400°C por se-

1 gundo hasta aproximadamente 700°C , y a continuación se en-
frian a razón de $20-400^{\circ}\text{C}$ por segundo, hasta 500°C aproxi-
madamente.

5 6.) Aparato para llevar a cabo el método de
las reivindicaciones 1-5, caracterizado porque incluye unos
medios para desplazar el artículo longitudinalmente a lo lar-
go de un trayecto de desplazamiento, un puesto de calenta-
miento situado en el trayecto de desplazamiento, que inclu-
ye un solenoide de calentamiento por inducción eléctrica,
10 con extremidades abiertas, dotado de una pluralidad de espi-
ras dispuestas para recibir y contener radialmente una por-
ción longitudinal del artículo, un dispositivo detector de
temperatura que incluye un detector de radiaciones infrarro-
jas con el objeto de detectar continuamente la temperatura
15 de una porción del artículo en un emplazamiento intermedio
dentro del solenoide de calentamiento, para conectar el so-
lenoide con una fuente de energía de corriente alterna, un
dispositivo de control de energía eléctrica asociado acti-
vamente con el solenoide que responde al dispositivo detec-
20 tor de temperatura para regular la energía eléctrica apli-
cada al solenoide con el fin de mantener la temperatura má-
xima del artículo de forma alargada en la gama de 825 a
 1.100°C aproximadamente, y un puesto de enfriamiento situa-
do más allá en el trayecto de desplazamiento a una cierta
25 distancia del puesto de calentamiento para recibir y enfriar
a una velocidad predeterminada, las sucesivas porciones lon-
gitudinales del artículo.

30 7.) Aparato según la reivindicación 6, carac-
terizado porque el detector de infrarrojos es un pirómetro.

FIG. 1

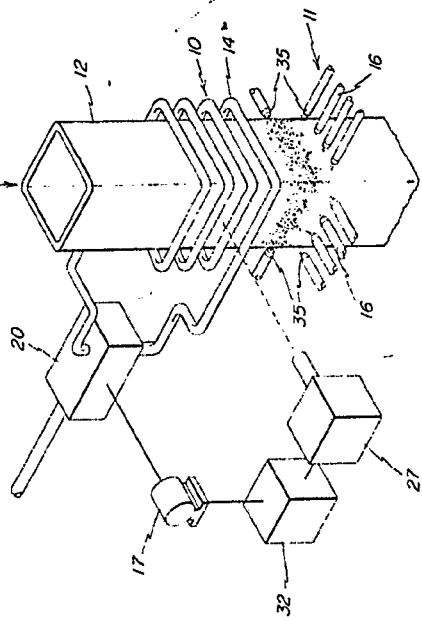


FIG. 2

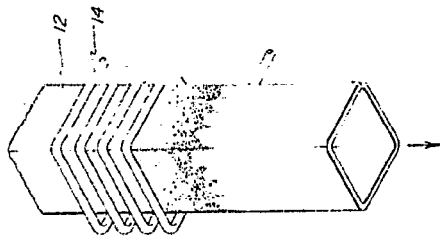


FIG. 3

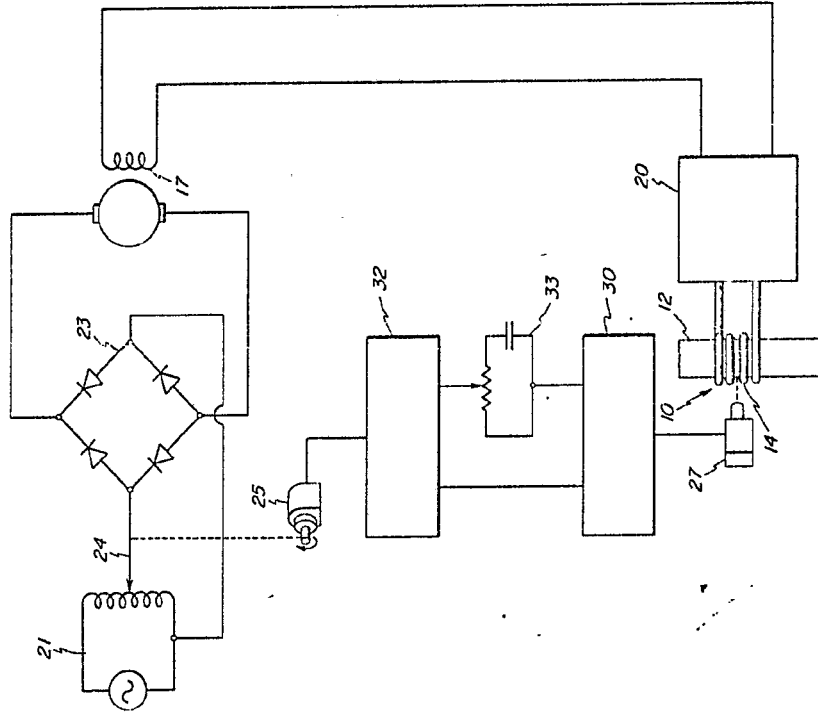
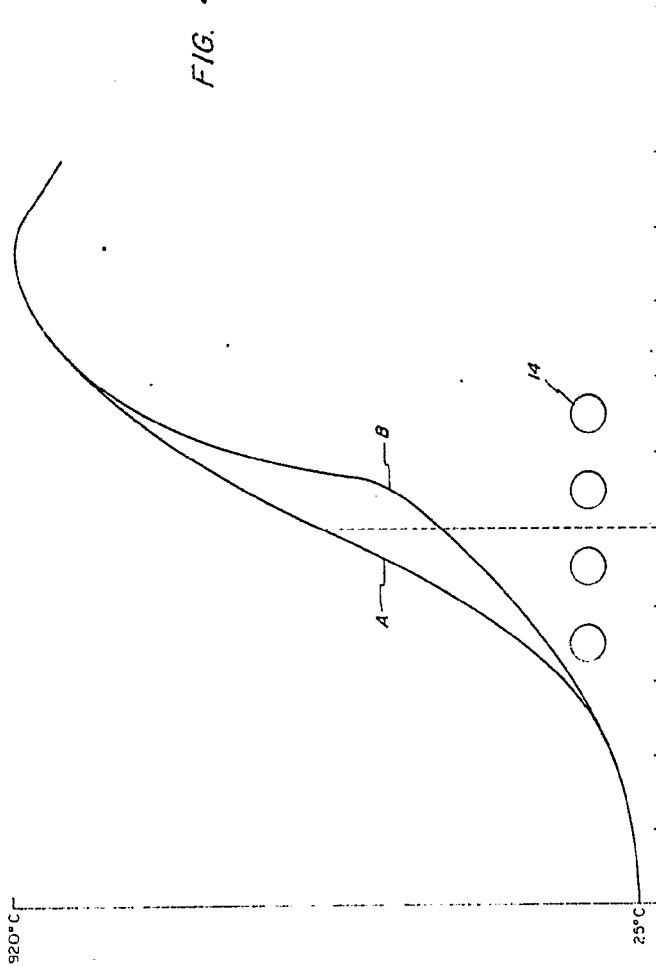


FIG. 4



MADRID, 24 de febrero de 1976
 BENIGNO GARCIA
 P. R.

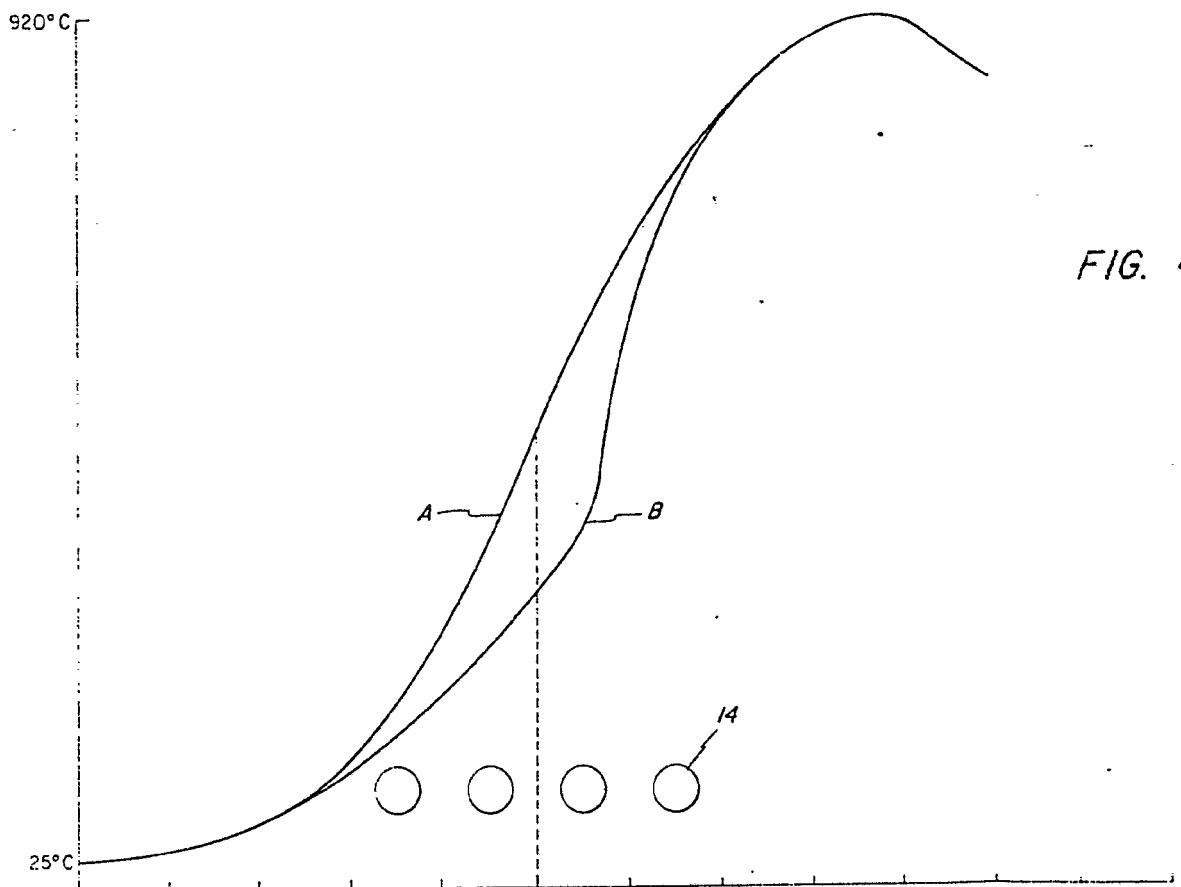
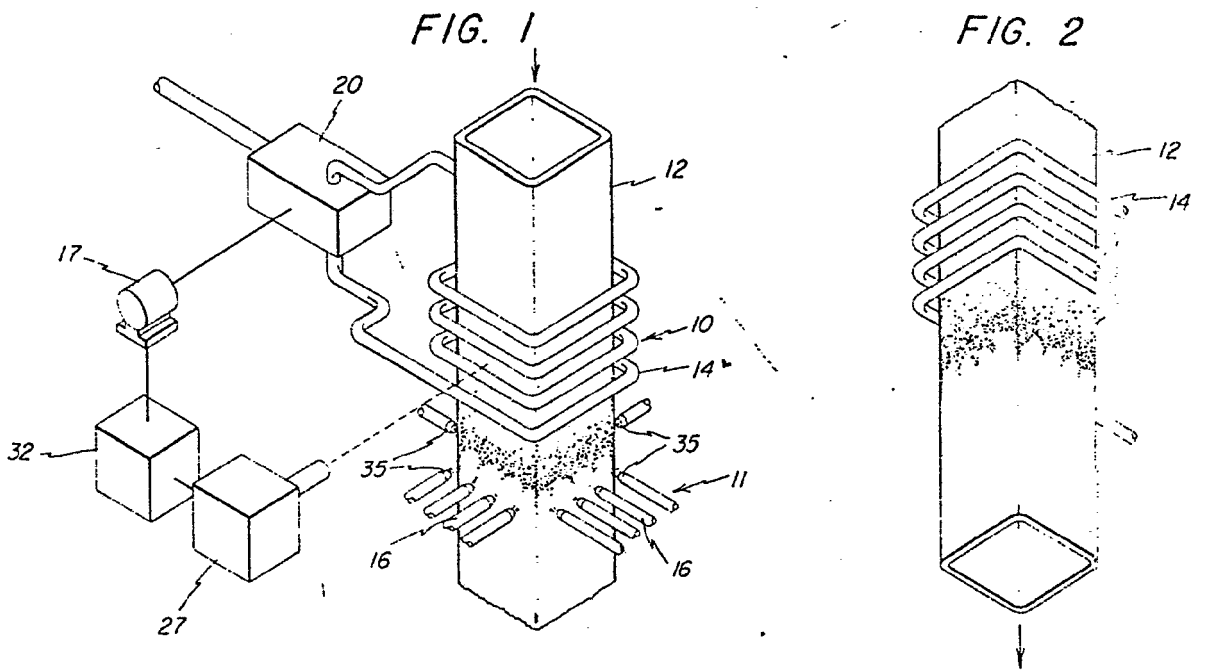


FIG. 4



FIG. 3

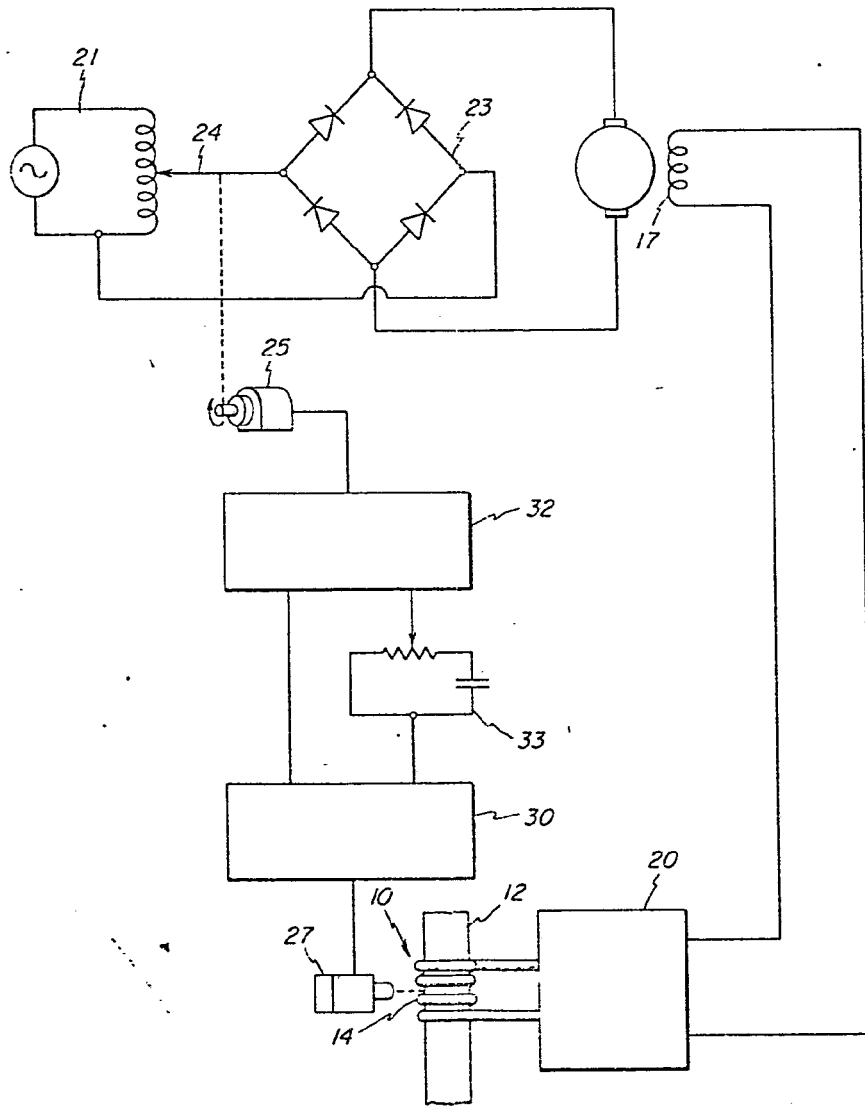


FIG. 4

MADRID, 24 febrero DE 1976.
BERNARDO GONZALEZ
P. P.