



MAY. 1953
2 885 76

2 885 76

Memoria Descriptiva

sobre:

"Perfeccionamientos en reactores nucleares refrigerados por un gas a presión".

=====

Solicitante: SOCIETE INDATOM, entidad francesa, residente en:
48, rue La Bóétie, Paris 8ème, Francia.

=====

En determinados reactores nucleares refrigerados por circulación de gas comprimido, las funciones de resistencia mecánica a la presión y de estanqueidad al gas, se llevan a cabo por medios separados, a saber:

5. - una envoltura, construída de hormigón preten

- 2 - 288576



sado, para la resistencia a la presión,
- y un forro de estanqueidad, por ejemplo de =
acero, en el interior de esta envoltura

- En estas condiciones, uno de los problemas de-
5. licados que plantea el empleo de una estructura de esta-
naturaleza, consiste en el aislamiento término del hormi-
gón que, para conservar por completo sus propiedades, me-
cánicas, no ha de elevarse más allá de una determinada =
temperatura, mientras que el gas que atraviesa el núcleo
10. de la pila puede llegar fácilmente a una temperatura com-
prendida, según los casos, entre 200 y 800°C.

- Este problema es completamente distinto del de
la recuperación del calor transmitida a las planchas de
revestimiento interno de hogares de calderas clásicas; =
15. esta recuperación se realiza generalmente por haces de =
tubos no adosados, recorridos por una emulsión agua-va-
por e interpuestos entre la chapa interna (necesaria pa-
ra evitar la adherencia de cenizas o escorias) y la pa-
red de ladrillos refractarios. La dificultad consiste en
20. tal caso en evitar la destrucción de las partes de la =
plancha interna que no se hallan directamente en contac-
to con los tubos, y nó en la protección de los ladrillos
refractarios. Es necesario utilizar una plancha interna-
gruesa dotada de una conductividad elevada en el sentido
25. transversal a su espesor, o bién disponer esta plancha =
de material resistente a temperatura elevada, y por tan-
to costoso. De todos modos, la potencia término absorbi-
da por los haces es una fracción importante de la poten-
cia total de la caldera.

30. Además la presión reinante en un hogar de cal-



5. dera es suficientemente débil, y la temperatura suficientemente elevada, para que las transmisiones térmicas = sean principalmente debidas a la radiación. Por el contrario, en un reactor, la importancia relativa de los = dos factores se halla invertida, y predominan los cambios por convección.

10. Una solución preconizada para resolver el problema de conservación del hormigón a temperatura aceptable, consiste en recubrir la cara interna del forro de acero, de una capa apreciable de material aislante (tal como lana de vidrio) y de hojas metálicas, y en disponer, a lo largo de la superficie común al forro de acero y al hormigón pretensado, un haz de tubos de enfriamiento recorridos por un refrigerante.

15. Este modo de proceder, ofrece sin embargo un cierto número de inconvenientes graves que le hacen poco deseable, y entre los cuales pueden citarse: la imposibilidad de intervenir para paliar la existencia de puntos calientes en el forro de acero, consecutivamente a un deterioro local del aislante, y los peligros de deterioro rápido de este aislante (acoplamiento lana de vidrio/hojas metálicas) bajo el efecto de las periodicidades de presión del gas de enfriamiento y de corrientes gaseosas entre zonas de presiones distintas. Estos riesgos son desde luego comunes para todos los materiales de constitución cuyo comportamiento en el tiempo está mal conocido.

20.

25.

30. - en ciertos casos particulares, la imposibilidad de recuperar útilmente las fugas térmicas globales que pueden ser elevadas.



Este invento tiene por objeto una barrera o =
protección térmica para envolturas de reactor nuclear, =
que permite remediar los inconvenientes anteriores y que
comprende, esencialmente, contra la cara interna del fo-
5. rro de estanqueidad, por lo menos un haz de tubos de en-
friamiento recorridos por un refrigerante y que se alo-
jan de modo discontinuo en el interior de una capa metá-
lica constituida por dos planchas fronterizas una de las
cuales, por lo menos, es ondulada y se fija en toda la =
10. superficie interna del forro de estanqueidad, o en parte
de ella.

De acuerdo con una particularidad importante =
de este invento, las dos planchas que constituyen la ca-
pa son de espesores desiguales. La plancha interna en =
15. contacto con el gas de enfriamiento, es delgada (del or-
den de 1 mm como máximo) y por el hecho de su débil con-
ductividad longitudinal, presenta una resistencia térmica
no despreciable cuando se la compara con la resisten-
cia al contacto de la plancha y del gas de enfriamiento.
20. La segunda plancha, por el contrario, es gruesa (algu-
nos milímetros por lo menos) y constituye un verdadero-
corto-circuito térmico que mantiene el conjunto del fo-
rro de estanqueidad a la misma temperatura, para prote-
gerlo.

Entre las ventajas apreciables de la nueva es-
25. tructura, objeto de este invento, puede mencionarse el =
hecho de que la continuidad de la capa metálica en toda-
la pared interna de la envoltura del núcleo del reactor,
permite evitar la convección forzada del gas de refrige-
30. ración a lo largo del forro de estanqueidad (debido al =



- desnivel de presión normalmente existente) lo cual suprime los peligros de aparición de puntos calientes indeseables en este forro y permite disminuir notablemente el flujo calorífico extraído por el fluido refrigerante que recorre los tubos. Además, en el caso particular de un reactor nuclear de cambiador primario integrado en la envoltura, la aplicación práctica del invento permite a veces recuperar en mejores condiciones una parte de las calorías así extraídas.
- 5.
10. Con referencia a las figuras esquemáticas 1 a 5 adjuntas, va a describirse a continuación distintos ejemplos dados a título no limitativo, de aplicación práctica de la barrera o protección térmica para envoltura de reactor nuclear, objeto de este invento. Las disposiciones de aplicación que se describen a propósito de estos ejemplos, habrán de considerarse como formando parte de este invento, entendiéndose que todas las disposiciones equivalentes podrán utilizarse sin salir del cuadro del invento.
- 15.
20. Sólo se han representado en estas distintas figuras los elementos necesarios para la comprensión del invento; los elementos correspondientes de las distintas figuras llevan referencias idénticas.
25. La fig. 1 es una vista de conjunto, en perspectiva, de una parte de la envoltura de reactor nuclear, utilizando una de las disposiciones posibles de la nueva barrera térmica de acuerdo con este invento.
- Las figs. 2 y 3 son variantes de construcción de dicha barrera.
30. La fig. 4 representa el esquema de circulación



del agua de enfriamiento en el caso particular interesante de aplicación de este invento a un reactor nuclear de cambiadores primarios integrados.

5. La fig. 5 representa un ejemplo de aplicación práctica en el caso de un reactor de cambiadores no integrados.

10. En la fig. 1 se ha representado una parte de la envoltura de hormigón pretensado 1 destinada a contener la presión que reina en el reactor, y el forro de acero 2 que recubre el hormigón y lleva a cabo la estanqueidad con respecto al gas de refrigeración.

15. De acuerdo con este invento, un haz de tubos de enfriamiento 3, recorrido por un refrigerante (agua por ejemplo), y de los cuales solamente son visibles dos en la fig. 1, se halla dispuesto a lo largo de la pared de acero 2 interiormente a la capa metálica 5 constituida por dos planchas onduladas 6 y 7 montadas una frente a otra, contra la pared del forro 2, de tal modo que se limiten las zonas embutidas tales como 8, que sirven de alojamiento a los tubos de enfriamiento 3, y permiten la libre dilatación periférica. En el tipo de construcción especial de la fig. 1, esta capa metálica 5 se fija en tiras de acero 9 a su vez acopladas al forro 2 por cualesquiera medios adecuados, tales como por ejemplo tornillos 10.

20. En una variante de realización posible, aplicable más especialmente a la protección térmica de un muro vertical, la plancha posterior cuelga de lo alto del muro y forma una falda que se dilata libremente hacia abajo; los únicos contactos entre la plancha poste

30.



288576

rior y el forro de estanqueidad son, eventualmente, algunos apéndices de centrado.

5. En el modo de construcción de la fig. 2, las planchas 6 y 7 se sueldan en 12 sobre los tubos 3, a su vez fijos en las tiras de acero 9.

10. En el caso de la variante de construcción de la fig. 3, las planchas 6 y 7 se hallan sencillamente reunidas entre sí a mitad de distancia entre los tubos 3 y 4, por sistemas adecuados (pernos, tornillos o análogos 13). Esta disposición permite, por la ausencia de soldadura de las planchas en los tubos, una mejor distribución de los esfuerzos térmicos en las planchas, y evita deformaciones siempre posible de los tubos.

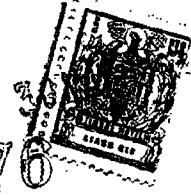
15. El espacio que permanece libre entre las dos planchas 6 y 7, puede llenarse con lana de acero o de vidrio u otro aislante cualquiera equivalente.

20. En todos los casos, la plancha interna 7 que puede desempeñar el papel de reflector térmico, es mucho más delgada que la plancha externa 6; la relación de los espesores puede ser superior a 20, cuando no se dispone relleno aislante alguno entre las planchas.

25. La plancha delgada 7, barrida por los gases de enfriamiento del reactor, permite disminuir notablemente el flujo calorífico que pasa del gas al fluido de refrigeración que recorre los tubos 3.

30. Este último punto es muy importante ya que permite hacer lo más isoterma posible la plancha posterior, sin necesidad de exagerar su espesor; además, cuando se trata de mantener el hormigón a una temperatura bastante baja, el flujo térmico evacuado a un nivel

288576



de pequeño valor energético, se disminuye de este modo.

5. La plancha 6 tiene un espesor bastante elevado y, en todos los casos, por lo menos igual a 2 mm; para un paso de los tubos de 20 cm o más y para una variación de temperatura de forro atrás que no exceda de algunas decenas de grados centígrados, pueden ser necesarias planchas de varios centímetros de espesor. Esta plancha ha de tener una resistencia térmica mínima para que circule bien el flujo de salida procedente de la interrupción de un tubo, por ejemplo.

10. Los tubos del tipo caldera, distan 20 cm por ejemplo. La plancha 6 se sujeta a la barra de acero 9 por aletas soldadas 14. Así, la fijación en el forro de estanqueidad 2, se realiza por el intermedio de tubos que quedan fríos, lo cual evita los puntos calientes en el forro 2.

15. Delante de la plancha interna 7, pueden dispo-
nerse pantallas térmicas destinadas a reducir el flujo-
de calor absorbido por esta plancha. En ausencia de ta-
les pantallas, la plancha interna (merced a su débil es-
pesor) alcanza una temperatura tal que las aportaciones
20. de calor que recibe son relativamente débiles.

25. La fig. 4 representa esquemáticamente de qué-
modo pueden alimentarse de agua los tubos 3 de un reac-
tor nuclear de cambiador primario integrado. Esta figu-
ra 4 representa la envoltura 1 del reactor nuclear en
el interior de la cual se sitúa el cambiador primario
15 compuesto del economizador 15a, del vaporizador 15b-
y del recalentador 15c. Después de la expansión en la
30. turbina 16 y la condensación en el condensador 17, el =



288576

agua se pone en circulación por la bomba 18, en el circuito principal 19, a través de recalentadores sucesivos 21 a 22, hasta la entrada del economizador 15a, = donde experimenta un nuevo ciclo.

5. En una construcción de esta naturaleza, los tubos de enfriamiento 3 de la barrera térmica de acuerdo con este invento, se agrupan contra la pared en una sola capa de tubos compuestos de dos familias o series, cada una de las cuales se alimenta en paralelo entre =
10. un colector de entrada 23, alimentado con agua fría a 40°C por una derivación 24 de circuito 19, y un colector de salida 25 del agua calentada hasta 70°C en el = ejemplo descrito; en el circuito principal, el retorno se realiza por la canalización 26 entre el recalenta=
15. dor 20 y el recalentador 21. Con las temperaturas indicadas, bastan 300 tubos del tipo "caldera" y de diámetros 36,5/41,5, distribuidos de acuerdo con este invento en la superficie interna del forro de acero y recorridos por agua a 1m/segundo para evacuar 37 MW.
20. La potencia térmica a evacuar, por ser en general inferior a este valor se dispondrá un registro = de estrangulación; el sistema, así super-dimensionado, merced a la abertura de este registro, podrá permitir= un paro para ciertos accidentes, tales como la apari=
25. ción de grandes corrientes de gas caliente en el contacto de los tubos.
- De acuerdo con las disposiciones especiales de los cambiadores y de la pared de la envoltura, algunos haces de los cambiadores, o algunas de sus tube=
30. rías de llegada o de salida, podrán disponerse en for=



ma de pantalla por delante de las planchas delgadas 5.

5. En la fig. 5, vuelve a encontrarse la envoltura del reactor 1 y los tubos 3 de enfriamiento del forro de acero, pero el cambiador primario 15, esta vez es exterior, a la envoltura del reactor.

10. En este ejemplo, el colector de entrada de agua fría 23 se halla siempre a 40°C, pero el colector de salida 25 se encuentra a 160°C. Los tubos se distribuyen en cuatro capas sucesivas, 3, 27, 28 y 29, cuya capa 3 está de acuerdo con este invento y es la única inmediatamente próxima al forro de acero de la envoltura; en las demás capas sucesivas, el agua se caldea respectivamente de 40° a 70°C, de 70 a 100°C, de 100 a 130°C, y luego de 130 a 160°C. El agua de salida a 160° se reune finalmente en el colector 25 y luego por el conducto 26 pasa a la entrada del cambiador primario 15.

20. A título de segundo ejemplo, puede indicarse a continuación algunos de los valores numéricos especiales de un reactor de cambiadores integrados, cuyo núcleo se enfría por una circulación de helio a 40 atmósferas.

- Gas: helio a 40 atmósferas
- Cambiadores integrados,
- 25. Temperatura de entrada del helio en el núcleo: 300°C.
- Temperatura de salida del helio fuera del núcleo: 750°C.
- Temperatura del hormigón en la superficie: 150°C.
- Temperatura del agua en los tubos: Entrada: 140°C.
- 30. Salida: 150°C.



Presión en los tubos: 5 atmósferas.

Disposición de los tubos: en 4 series de una capa.

N O T A

5. Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizado en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.
10. También se hace constar que el invento se refiere a una solicitud de patente presentada en Francia con fecha 30 de mayo de 1962, nº PV. 899.322, acogándose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor y siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita patente de invención por 20 años en España, sobre: "PERFECCIONAMIENTOS EN REACTORES NUCLEARES REFRIGERADOS POR UN GAS A PRESION"; caracterizándose por lo siguiente:
 - 1ª.- Perfeccionamientos en reactores nucleares refrigerados por un gas a presión, caracterizados por una barrera térmica para envoltura de hormigón pretensado para éstos, que comprende un haz de tubos no adosados paralelos a la superficie del hormigón, recorridos por un fluido refrigerante y dispuesto entre por lo menos una plancha interna delgada y una plancha externa en contacto térmico con los tubos y más gruesa que la plancha interna que tiene enfrente; la plancha interna, por lo menos, es con preferencia ondulada, para permitir las deformaciones térmicas.
20. 2ª.- Perfeccionamientos, según reivindicación 1ª,
- 25.
- 30.

288576



caracterizados porque la plancha interna es suficientemente delgada y de un metal tal que presenta a la salida térmica hacia los tubos, una resistencia térmica importante con respecto a la resistencia de la película de gas de enfriamiento al contacto de la plancha.

5.

3ª.- Perfeccionamientos, según reivindicación 1ª, o 2ª, caracterizados porque la plancha externa frontaliza al forro de estanqueidad de la envoltura, es suficientemente gruesa para constituir una superficie prácticamente isoterma que protege el forro.

10.

4ª.- Perfeccionamientos, según reivindicación 1ª, 2ª o 3ª, caracterizados por medios de reducción de los intercambios térmicos, dispuestos entre las planchas.

15.

5ª.- Perfeccionamientos, según reivindicación 1ª, 2ª, 3ª ó 4ª, caracterizados por medios para mejorar la evacuación del calor a lo largo de la plancha externa, hacia los tubos.

20.

6ª.- Perfeccionamientos en reactores nucleares refrigerados por un gas a presión; tal y como queda sustancialmente descrito en la presente memoria e ilustrado en los adjuntos dibujos.

Esta memoria consta de 12 hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid,

30 MAY 1963

SOCIÉTÉ INDATOM.

J. GOMEZ ACEBO Y MODEP

283570

ESCALA VARIABLE

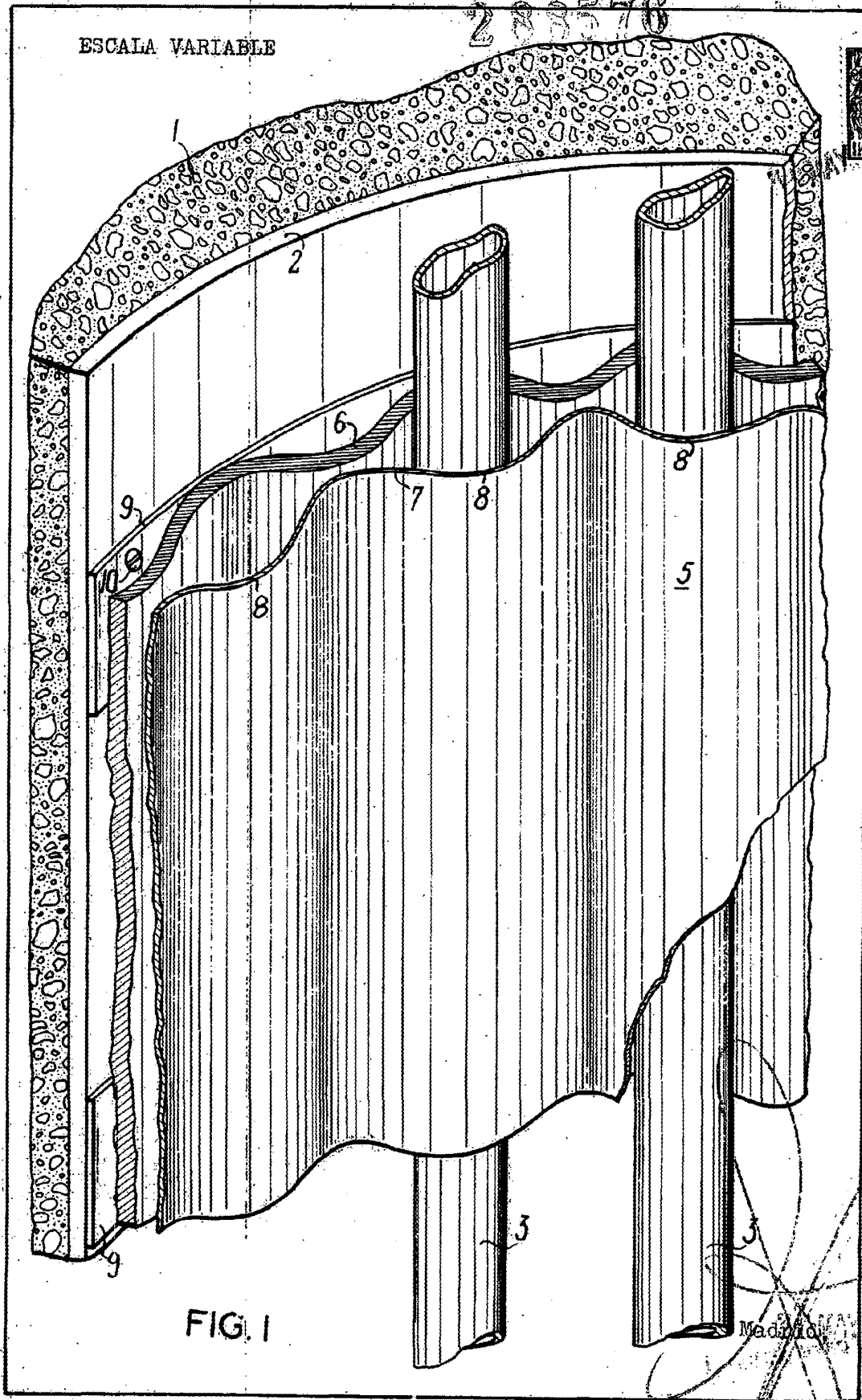


FIG. I

Made in...

ESCALA VARIABLE

288576

288576

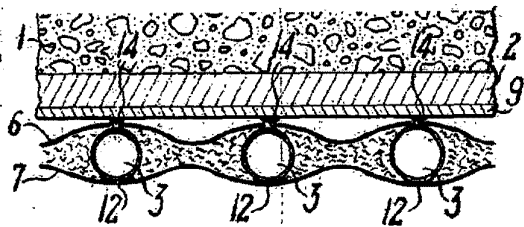


FIG. 2

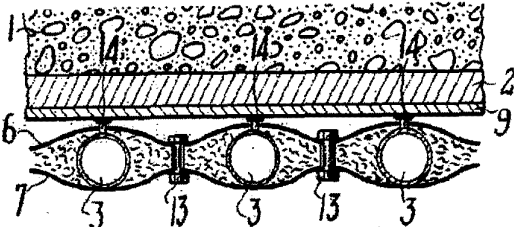


FIG. 3

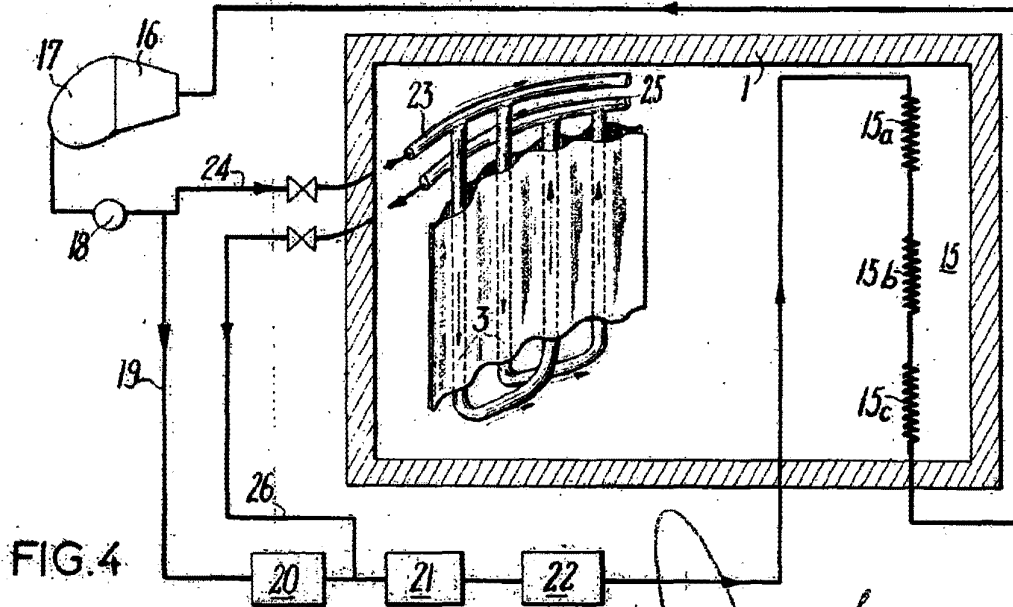
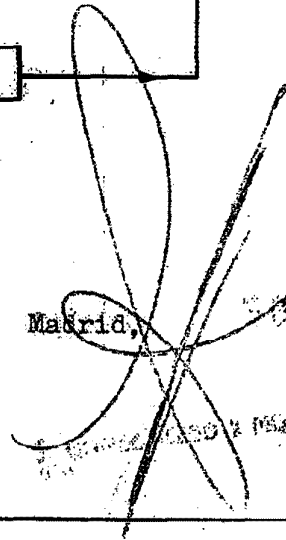


FIG. 4

Madrid,

MAY 1950

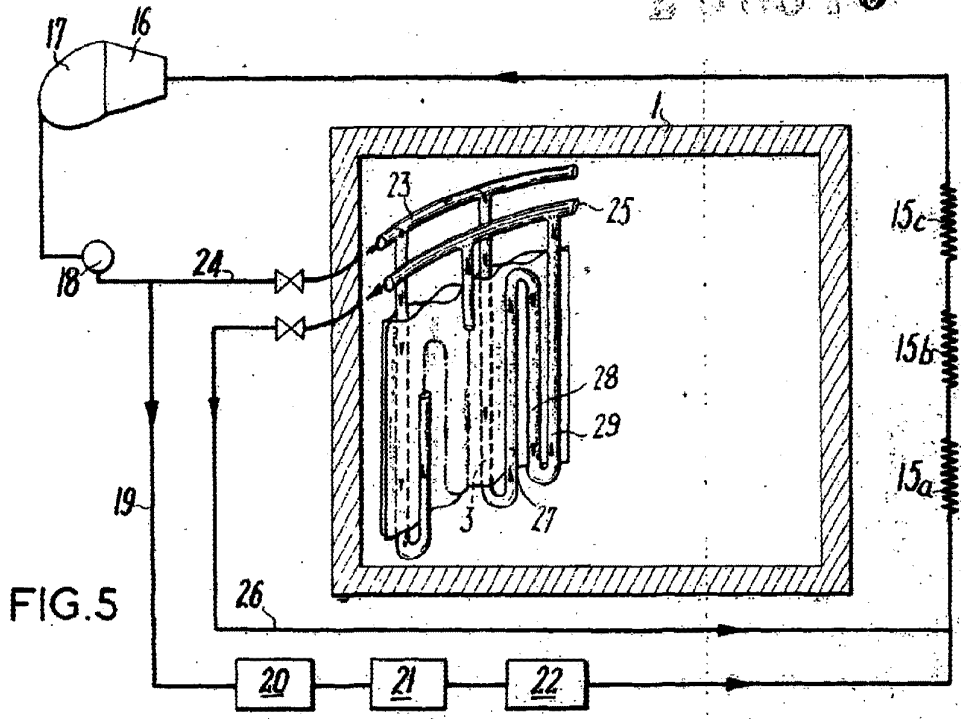




ESCALA VARIABLE 5 CM

2 885 70

2 885 76



Madrid, 30 MAY 1983

[Handwritten signature]