



MP/.

372893

memoria descriptiva

SECCION TECNICA
CLASIFICACION I - C
CLASE <u>F.22</u>
SUBCLASE <u>B</u>

CLASE DE REGISTRO

una Patente de Invención, por veinte años en España,

NOMBRE Y NACIONALIDAD DEL SOLICITANTE

General Electric Company
(sociedad norteamericana)

RESIDENCIA Y DOMICILIO

New York, N.Y. 10016 (EE.UU.)
159, Madison Avenue

OBJETO

"DISPOSICION DE GAS DE ESCAPE PARA UNA INSTALACION DE ENERGIA DE REACTOR DE AGUA HIRVIENTE".

INVENTORES:

George Edmund Moore y Lee H. Tomlinson, ambos de nacionalidad norteamericana.

PRIORIDAD:

Solicitud Patente USA 771.467 del día 29 Octubre 1968.

25 OCT 1963

372893

- 1.-

1
5
10
15
20
25
30

En la producción de vapor de alta presión en una instalación de energía, de reactor de agua hirviente, un pequeño tanto por ciento (alrededor de 0,007 por ciento) del agua, que atraviesa el campo de radiación, se descompone por ello (radiolisis) generando cantidades estequiométricas ($2H_2+O_2$) de hidrógeno y oxígeno en forma de gas. Este contenido de gas pasa a través de las turbinas generadoras de energía juntamente con el vapor. Los gases de hidrógeno y oxígeno son separados del agua en el condensador principal juntamente con aire, que ha penetrado por fuga dentro de la turbina de baja presión, y muy pequeñas cantidades de isótopos radiactivos de xenón y cripton, recogidas por la corriente de vapor principal, fluyen en el núcleo del reactor de alguna manera.

El volumen de gas de escape generado es típicamente de alrededor de 0,06 pies cúbicos/minuto/megavatio térmico (o alrededor de 0,2 pies cúbicos/minuto/megavatios eléctricos.) Aunque las cantidades (alrededor de $10^{-6}\%$ volumen) de isótopos radiactivos de Xe y Kr son minúsculas, son responsables de casi toda la radiactiva (de alrededor de 300 curies/por pie cúbico) del flujo de gas de escape. La presencia de estos contaminantes radiactivos requiere la retención del gas de escape durante alrededor de 30 minutos para permitir la descomposición de estos productos de fisión antes de la liberación al medio ambiente. Así, a causa de la presencia de cantidades muy pequeñas de contaminantes radiactivos, volúmenes muy grandes explosivos, fácilmente inflamables de gas de escape, han tenido que mantenerse para este

25
OCT 1969

372893

- 2.-

1 periodo de descomposición.

5 La práctica ha consistido en procurar el tiempo de residencia requerido en un sistema de tuberías de gran volumen, diseñado para resistir a explosiones. Como un ejemplo puede citarse que tal tubería de retención puede tener pocos pies de diámetro y extenderse por varios centenares de pies. A causa de la necesidad, tanto de un diseño resistente a la explosión, como de gran volumen, tal construcción es costosa, y la supresión de este riesgo y su consiguiente gasto serían muy deseables.

10 Ya se ha sugerido anteriormente que este problema podría aliviarse grandemente recomblando el contenido estequiométrico de hidrógeno-oxígeno del gas de escape para formar agua, condensándola, y por ello a) reducir grandemente el volumen de gas, que requiere el tratamiento de retención y b) suprimir el riesgo de explosión en el sistema de gas de escape. El temor de hacer detonar el gas de escape ha limitado estrictamente la técnica de medios no inflamables para efectuar esta recombinación y, en efecto, se han utilizado recomblandores catalíticos. Sin embargo, tales recomblandores tienen las serias desventajas de requerir a) dilución de vapor del contenido de hidrógeno a una concentración de alrededor de 4% de volumen, b) recalentamiento del vapor diluido en mezcla para evitar la intoxicación del catalizador y c) sustitución periódica del catalizador, a causa de la intoxicación acumulativa del mismo por agua y/o materiales orgánicos.

20
25
30 Por lo tanto, la técnica está necesitada de un

372893

250



- 3.-

1 dispositivo de mucha confianza, relativamente libre de tra-
bajo de mantenimiento para recombinar con poco gasto corrien-
tes continuas o intermitentes de gases mezclados de hidróge-
no/oxígeno de velocidad variable, incontrolable, de una ma-
5 nera completamente segura, obviando la necesidad de tube-
rías de retención de gas de escape de gran volumen y seguri-
dad contra explosión y, también eliminar todavía otra zona
de peligro.

10 Aunque el uso de combustión de llama para recombi-
nación de la mezcla de gas de hidrógeno-oxígeno ya se ha con-
siderado anteriormente peligroso, se ha encontrado que con el
dispositivo de este invento la combustión de llama puede em-
plearse con seguridad y confianza. Este dispositivo consis-
15 te en un quemador de tapón poroso refrigerado, en combina-
ción con una fuente de ignición continua, y, si se desea,
una o varias unidades adicionales de tapón poroso, en serie
con el mismo.

20 La naturaleza exacta de este invento, así como otros
objetos y ventajas del mismo, resultarán fácilmente aparentes
de la consideración de la siguiente memoria descriptiva, re-
lativa al dibujo adjunto, en que;

La fig. 1 es una representación esquemática rela-
tiva al presente invento, considerando su aplicación;

25 la fig. 2 es una vista aumentada de una porción
del interior de un quemador de tapón poroso, tal como se uti-
lizaría en la práctica de este invento;

la fig. 3 es una vista de alzado de una ejecución
del aparato mejorado de retención de quemador de llama de

30



372893

1
5
10
15
20
25
30

este invento, con una porción del mismo separada por corte para mostrar el sistema refrigerador, y

la fig. 4 es una vista seccional, tomada sobre la línea 4 - 4 de la fig. 3.

En los dibujos las letras mayúsculas tienen el siguiente significado: A= aire; AR= agua refrigerante; C= condensador; CP= condensador principal; E= eyector; PL= pila; R= recombinador; RT= reactor; SG= salida de gas; T= turbina; V= vapor.

Haciendo ahora referencia a la representación esquemática de la instalación 10 de energía de reactor de agua hirviente, mostrada en la fig. 1, el vapor, que pasa a través del núcleo 11 del reactor en el conducto 12 es convertido en vapor. Después de esto, el vapor así generado es pasado a través de la turbina 13 de vapor. Después de haberse atravesado las fases de baja presión de la turbina 13, el vapor (ahora a baja presión) pasa a través del condensador principal 14, en cuyo punto el contenido de gas del mismo es separado por vía del eyector 16 de aire de chorro de vapor. El eyector 16 bombea el gas de escape elevándolo a presión atmosférica o ligeramente por encima de la presión atmosférica. El gas de escape entonces pasa al condensador 17, donde se condensa el vapor bombeador, usado en el funcionamiento del eyector 16. Desde este punto el gas de escape es una mezcla explosiva.

La composición seca de este gas de escape puede ser típicamente de 60% H₂; 30% de O₂; 10% de aire, más alrededor de 10⁻⁷% de isótopos gaseosos radiactivos. El flu-



372893

1 jo de volumen de este gas varía en proporción a la salida
del reactor, de modo que, cuando es baja la carga de ener-
gía, se produce mucho menos gas de escape que a plena carga,
5 aunque la fuga de entrada de aire en las fases de baja pre-
sión de la turbina tiende a ser constante. Típicamente, el
flujo de volumen de gas de escape para un reactor de agua
hirviente de 1100 megavatios eléctricos (MWe) puede ser tan
alto como 300 pies cúbicos normalizados/por minuto teniendo
10 las proporciones arriba expuestas. Así, por la práctica de
este invento, por la que el hidrógeno y oxígeno pueden re-
combinarse con seguridad para formar agua, alrededor de 90%
de volumen de flujo de gas de escape puede eliminarse, posi-
bilitando una gran reducción en el tamaño del sistema de re-
tención de gas de escape (tubería 18) y, lo que es igualmen-
15 te importante, eliminar el gasto del diseño resistente a la
explosión para el sistema de gas de escape.

En el presente invento el flujo de gas de escape
desde el condensador 17 se hace pasar a través de la tube-
20 ría 19 hacia el quemador 21 de tapón poroso, donde la mezcla
explosiva de hidrógeno/oxígeno es quemada en una llama esta-
ble tan rápidamente como la misma, en que la región de igni-
ción (fig, 4) y, al mismo tiempo, funciona como un dispositi-
vo de retención de llama, que evita con confianza la propa-
25 gación de la llama, corriente arriba dentro de la mezcla
explosiva en la tubería 19.

El quemador 21 de tapón poroso está construido de
metal sinterizado, preferentemente de partículas de cobre,
en el alcance de tamaño desde alrededor de 1 hasta alrededor



372893

1 de 200 micras. La ilustración en la fig. 2 muestra la rela
ción general de las partículas 22 de material sinterizado y
de las oquedades 23 interconectadas, que permiten el paso
5 continuo de la mezcla de gas de escape a través del cuerpo
poroso del quemador 21 con una caída de presión de menos de
una libra por pulgada cuadrada para un cuerpo de quemador de
un grosor de alrededor de cinco octavos de pulgada. La
caída de presión variará como una función de la velocidad de
10 la corriente de gas de escape. Para quemadores de tapón de
un grosor de alrededor de media pulgada, la caída de presión
es de alrededor de 0,03 libras por pulgada cuadrada/centíme
tro/segundo de gas, que fluye a una presión de alrededor de
una atmósfera.

15 Unidades de tapón poroso, tales como las descritas
en las figuras 2, 3, 4 se han producido de partículas de co
bre, libres de oxígeno, con tubos refrigerantes de cobre 24,
26, insertos en el mismo en un molde de grafito por sinteri
zación de las partículas durante la aplicación de una peque
ña presión al mismo (menos de alrededor de dos libras por
20 pulgada cuadrada). La extensión de la aplicación de presión
determina el contenido de oquedades, y, por lo tanto, la re
sistencia del cuerpo poroso. El más importante aspecto del
control de contenido de oquedades, es sin embargo, el alcan
zar una resistencia baja de flujo y una alta conductibilidad
25 térmica del cuerpo. La disposición de tubos refrigerantes
24, 26, mostrada en la fig. 3, también procura excelente re
fuerzo para el material sinterizado poroso.

30 Durante el funcionamiento el gas de escape, que

372803



- 7.-

1 abandona el condensador 17, es explosivo y al tiempo en que
ha alcanzado el quemador 21 está cuidadosamente remezclado
y es homogéneo. El mismo pasa a través de las oquedades 13
5 del quemador 21 de tapón poroso y se incendia por el igni-
tor de chispa 27, que deberá ser continuamente accionado des-
de alguna fuente de energía. En este tiempo ocurre ignición
y la llama retrocede hasta dentro de alrededor de un milíme-
tro de la superficie 28, esparciéndose planamente sobre la
10 misma contra la corriente uniforme, que sale del cuerpo po-
roso 21.

Entonces resulta establecida una graduación de tem-
peratura en el cuerpo poroso 21, dependiente de la velocidad
de la corriente no quemada, de modo que el calor generado
15 de la combustión de recombinación es rechazado hacia el in-
terior del cuerpo 21, donde se elimina eficazmente por refri-
gerante, por ejemplo, agua, que circula a través de los tu-
bos refrigeradores 24, 26 por vía de los múltiples 29, 31
y 32, 36 respectivamente.

20 El quemador 21 funcionará manteniendo una llama
constante indefinidamente, incluso con la temperatura de la
superficie 22 siendo sólo de pocos grados por encima de la
ambiente. A causa de que una fracción tan grande del calor
de combustión es continuamente absorbida por el sistema re-
25 frigerador, el quemador 21 está sometido a un flujo de ca-
lor muy grande, que continuamente puede exceder de 25 calo-
rías/cm²-seg. El régimen total de calor de recombinación
para una instalación de 1000 MWe sería de alrededor de 700
Kw. Las oquedades 23 tienen un tamaño efectivo de poros,
30



372893

- 8.-

1 que es menor que la distancia de temple para incluso las
mezclas explosivas comunes más enérgicas y por esta razón
la construcción del quemador 21 de tapón poroso asegura la
ausencia de la inflamación de retroceso.

5 A velocidades de menos de 10 cm/seg. la alta con-
ductibilidad del cobre poroso, junto con la capacidad del
sistema refrigerador, produce condensación de agua (el pro-
ducto de la mezcla recombinaada de hidrógeno/oxígeno) bien
10 sea sobre la superficie 28 o en las oquedades 23 cercanas
a la superficie 28 sobre parte del área de superficie. La
extensión, en que esta condensación cubrirá la superficie
28, depende de la velocidad del gas de escape. Esto es,
15 con una condición de velocidad baja de gas, corriente arri-
ba del quemador 21, suficiente de la superficie 28, automá-
ticamente se convierte en área de condensación para restrin-
gir temporalmente el área de salida a través de la superfi-
cie 28 a un tamaño, que regula la velocidad de salida de
gas de escape a través del mismo, a un valor suficientemen-
te alto para mantener el necesario flujo de calor, para ase-
20 gurar una región de combustión en la superficie 28, que es-
tará libre de condensación, Es esta característica muy
autoreguladora, la que ayuda al quemador de tapón poroso a
acomodar alcances extremadamente amplios de flujo de gas y
25 procurar la seguridad tan vital para la aplicación presente.

30 Como una indicación de las capacidades en servi-
cio del presente invento, un conjunto de dispositivo de re-
tención quemador, de 9 pulgadas cuadradas, se preparó con
un cuerpo de cobre poroso de alrededor de $\frac{1}{2}$ pulgada de gro



372893

1 sor, en que se incluyeron 18 tubos (24) de un octavo de pul-
gada de diámetro y también 18 tubos (26) de un octavo de
5 pulgada de diámetro. Esta unidad fué accionada como un que-
mador durante más de 2000 horas en un ensayo de duración
acelerada con un flujo de calor de alrededor de 22 calorías
/cm²-seg. (Un flujo de calor comparable al flujo de calor,
10 que se encuentra en el motor de un cohete) quemando 22 pies
cúbicos por minuto (2H₂+O₂) indiluido e interponiendo más
de 70 ciclos de variación desde el cierre a plena carga.
Al final del ensayo, la unidad de quemador quedó decolorada
por formación de óxido, pero todavía estaba en perfecto es-
tado funcional y estructural. La resistencia de flujo del
15 material poroso había aumentado en un pequeño importe, pero
todavía permanecía considerablemente por debajo de una libra
por pulgada cuadrada a una atmósfera de presión de gas de
escape.

Es ventajoso, naturalmente, en la aplicación aquí
ilustrada, el condensar todo el H₂O formado del proceso de
20 combustión y, a este fin, la unidad 34 de cobre poroso sin-
terizado en forma de múltiple, similar al quemador 21, pue-
de emplearse. Preferentemente, el condensador 34 se cons-
truirá utilizando partículas de metal más gruesas, para re-
ducir todavía más la pérdida de presión a través del mismo.
25 Pueden utilizarse otros cambiadores térmicos diseñados ade-
cuadamente, para refrigerar los productos de combustión y
condensar el agua, aunque la unidad condensadora 34 funcio-
na muy eficazmente para este propósito. Naturalmente, no
ocurre ninguna combustión en la unidad condensadora 34.

30



10969

372893

-10.-

1 El flujo de gas de escape, que abandona el condensador 34 (que asciende alrededor de 10% de volumen corriente arriba en el tubo 19) entonces se conducirá a la tubería subterránea 18 para retención en la misma durante el tiempo de descomposición requerido. Si ya está disponible un apilamiento, por ejemplo, para la descarga de aire de ventilación, el flujo de gas de escape desactivado podría liberarse ventajosamente a través de tal apilamiento. Sin embargo, el gas de escape desactivado puede ser liberado al nivel de terreno o cerca del mismo.

5
10
15 Por el uso del invento arriba descrito, el almacenaje o volumen de retención para la desactivación de los isótopos radiactivos gaseosos puede reducirse grandemente, el volumen y el coste de esta facilidad se reducirá además enérgicamente, a causa de la supresión del peligro de explosión.

20 Aunque la configuración específica del quemador, descrito aquí, es la preferida, el cuerpo de tapón poroso puede hacerse en forma distinta a las de una placa plana, por ejemplo, como cilindros, cono, etc. También, si se desea, la construcción puede ser modificada con seguridad empleando solamente un juego de tubos refrigerantes sustituyendo barras macizas para el segundo juego. El refrigerante calentado del quemador 21 alejará alrededor de 700 Kw de calor en un reactor de agua hirviente de 1000 MWe, cuyo calor puede ser refrigerado, por lo menos en parte, por dispositivos convencionales de intercambio térmico.

25
30 Como regla aproximada de diseño, alrededor de 0,8



25 OCT 1960

372893

1

pulgadas cuadradas de superficie del quemador (es decir superficie 28) deberían procurarse por MWe de salida de la instalación de energía. Esta aproximación del diseño es conservadora, sin embargo, puesto que los quemadores así diseñados pueden acomodar (por lo menos durante breves periodos) velocidades de gas y flujo de calor de alrededor del doble del importe que aquellos supuestos al llegar a este valor de diseño.

5

10

Aunque el cobre es el material preferido para la preparación del cuerpo del quemador poroso, pueden emplearse otros metales, por ejemplo, plata, en tanto la unidad de quemador así preparada tenga conductibilidad térmica suficientemente alta para acomodar los flujos de calor, que pueden encontrarse.

15

20

N O T A . -

=====

La presente patente de invención, comprende las siguientes reivindicaciones:

25

1.- Disposición de gas de escape para una instalación de energía de reactor de agua hirviente, en que mezclas explosivas de componentes gaseosos, producidos en el reactor durante la generación de energía, se reciben y re-

30

372893



- 12.-

1 tienen durante un periodo de tiempo predeterminado, caracte-
rizada por un quemador de tapón poroso, conectado en serie
en el conducto de flujo del sistema de gas de escape; por
5 medios para hacer circular fluido refrigerante a través del
cuerpo de dicho quemador poroso; y medios de ignición para
dicho quemador poroso, situados adyacentes a la cara de co-
rriente abajo del mismo, por lo que todo el gas de escape,
separado del circuito de generador de energía de la corrien-
te de agua, tiene que fluir a través del cuerpo de dicho que-
10 mador poroso y cantidades estequiométricas de gases de hidró-
geno y oxígeno, contenidas en el flujo de gas de escape, son
quemadas en dicha cara corriente abajo.

15 2.- Disposición según la reivindicación 1, caracte-
rizada porque el cuerpo poroso del quemador está constituí-
do de partículas de cobre sinterizadas.

20 3.- Disposición según las reivindicaciones 1 ó 2,
caracterizada porque el medio de circulación incluye una
pluralidad de tubos paralelos, conectados dentro de múlti-
ples espaciados, que se extienden a lo largo de lados opues-
tos del cuerpo del quemador poroso.

25 4.- Disposición según las reivindicaciones 1 - 3,
caracterizada porque el medio de ignición incluye una hen-
didura de chispa accionable continuamente.

30 5.- Disposición según las reivindicaciones 1 - 4,
caracterizada porque están dispuestos medios de intercambio
de calor corriente abajo respecto al quemador de tapón poro-

372803

25 OCT 1969



- 13.-

1

so, para condensar vapor de agua producido durante la combustión de dicho quemador de tapón poroso.

5

6.- Disposición según las reivindicaciones 1 - 5, caracterizada porque la conductibilidad térmica del cuerpo poroso del quemador es lo bastante alta para hacer que dicho quemador sea autoregurable como una unidad de combustión.

10

7.- Disposición de gas de escape para una instalación de energía de reactor de agua hirviente.

15

Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva, y se ilustra con las figuras que se acompañan a la misma, cuyo texto consta de trece hojas foliadas y escritas a máquina por una sola de sus caras.

Madrid, a

25 OCT 1969.

CARLOS ROE

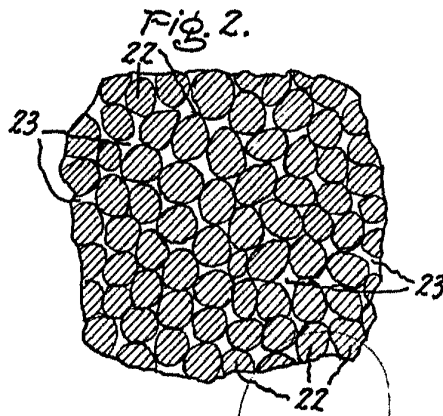
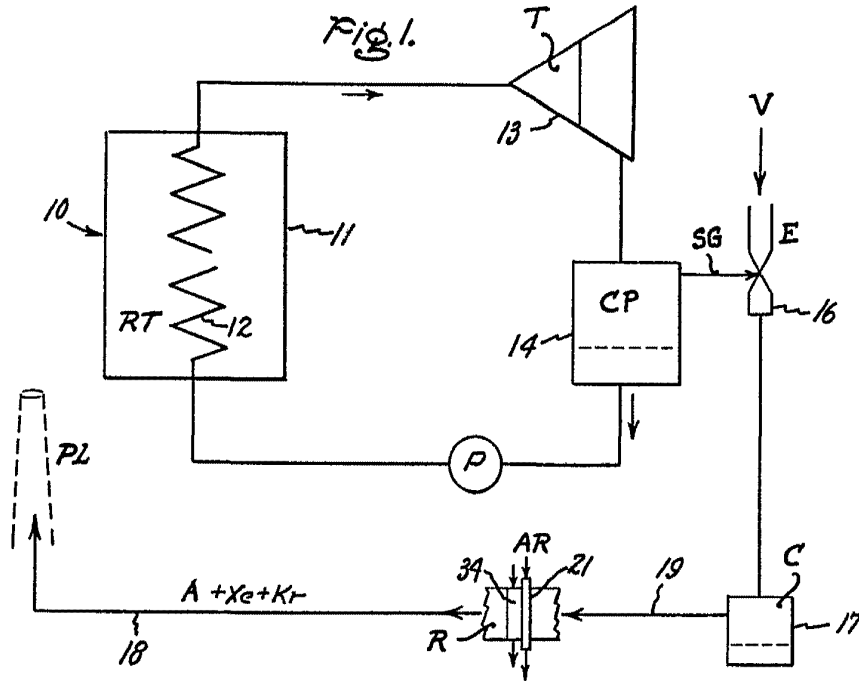
PP

20

25

30

372993

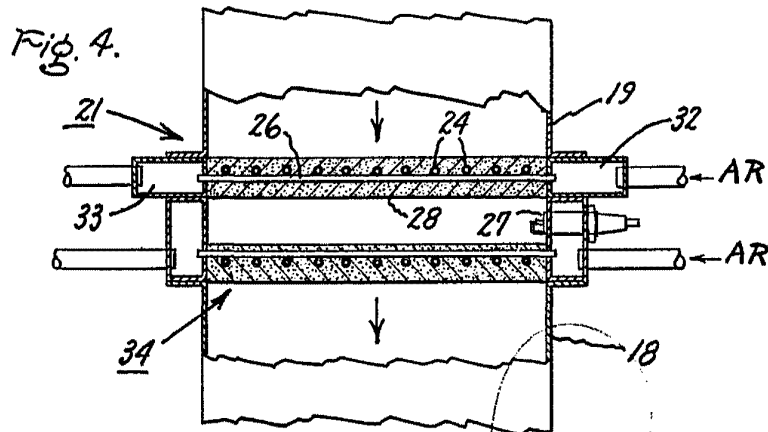
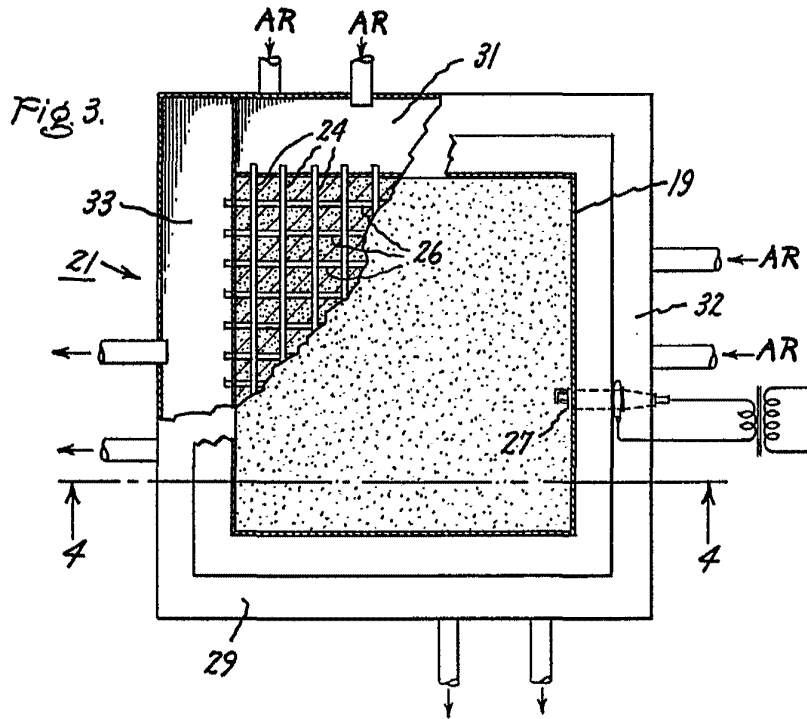


ESCALA VARIABLE

CARLOS ROBB

372803

25 OCT 1960



ESCALA VARIABLE

0.1 0.2 0.5 1 2 5 10 20 50 100 200 500 1000

[Handwritten signature]