

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

CONCEDIDA
27 ENE. 1978.

10 ES	11 NÚMERO 437521	16 A1
21	22 FECHA DE PRESENTACION 4-4-77	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NÚMERO	32 FECHA	33 PAIS
673,789	5-4-1976	Estados Unidos

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL F28D//F02B	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

54 TITULO DE LA INVENCION

MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN MOTOR STIRLING.

71 SOLICITANTE (S)

FORD MOTOR COMPANY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

The American Road, Dearborn Michigan, Estados Unidos

72 INVENTOR (ES)

Lowell Allan Reams y Thomas Flager Dunlap.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE

D. BERNARDO UNGRIA GOIBURU

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un motor Stirling adaptado para propulsión de automóviles, que utiliza un precalentador de construcción mejorada en el circuito de calentamiento externo. El precalentador está constituido por un toroide concéntrico situado alrededor del conjunto de tubos de calentamiento, sirviendo la pared cilíndrica interna del aro como pared que define una cámara de calentamiento para el circuito cerrado del fluido de trabajo. El aro concéntrico está totalmente hecho de cerámica y dotado de paredes de cerámica en forma de aletas orientadas alternativamente y fundidas conjuntamente para definir una matriz de circulación transversal. Unos aros de estanqueidad fijos hechos con material cerámico tejido empujados en una hoja metálica plegada están mantenidos a lo largo de los bordes anulares de por lo menos las superficies superior e inferior del toroide concéntrico para facilitar las conexiones con el fluido que circula transversalmente.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

El motor Stirling ha sido concebido originalmente en 1.816 por el reverendo Stirling. Alrededor de la mitad del siglo 19, se ha aplicado comercialmente este motor de gas caliente para hacer girar molinos; se trataba de instalaciones de suministro de energía fijas. El motor Stirling ha sido ignorado a continuación hasta la mitad del siglo 20 debido a la utilidad y la popularidad del motor de combustión interna. Hasta fechas muy recientes no se había pensado en utilizar el motor Stirling como fuente de energía para accionar vehículos automóviles. La transformación de un motor Stirling para su utilización en automóviles presenta numerosos problemas extremadamente difíciles de resolver en razón de la nece-

sidad de reducir su peso y su tamaño, de asegurar la conservación de la energía, y de limitar su coste al mismo tiempo que se obtiene la mayor fiabilidad.

5 Uno de estos problemas, el de la conservación de la energía (rendimiento del motor), ha estimulado la introducción de varias modificaciones para que el motor Stirling sea adecuado para ser empleado en automóviles. El motor Stirling utiliza un circuito externo que funciona de manera continua y que tiende a gastar una cantidad de energía considerable por
10 medio de los gases de escape liberados en la atmósfera. En el caso de instalaciones generadoras de energía fijas del tipo Stirling, se habían ideado anteriormente pesados intercambiadores térmicos hechos de acero para devolver una cierta parte de la energía térmica de los gases de escape al aire
15 de aspiración para facilitar la combustión. Cuando se intentó transformar el motor para utilizarlo en automóviles, se sustituyeron los intercambiadores térmicos de acero pesados por precalentadores giratorios hechos de cerámica que anteriormente habían encontrado una utilidad en las aplicaciones
20 a los motores de turbina de gas. El precalentador giratorio funciona poniendo en contacto los gases calientes a través de un orificio en forma de creciente (medio círculo) con una rueda de cerámica giratoria, y poniendo en contacto separadamente el aire aspirado con la rueda calentada en un orificio
25 en forma de creciente independiente.

Aunque la nueva técnica de fabricación de núcleos intercambiadores unidireccionales hechos de cerámica ha sido muy apreciada, todavía ciertos problemas residuales crean dificultades, tales como el coste de las juntas en forma de
30 ciente; las pérdidas de energía debidas a la transmisión del

motor, la reducción de la fiabilidad debida a las fuerzas mecánicas aplicadas al frágil núcleo de cerámica por el contacto de la junta de estanqueidad dinámica rozante, y la falta de uniformidad de la circulación del calor en el conjunto de tubos de calentamiento producida por la circulación de aire no uniforme que penetra en el quemador a partir del precalentador.

RESUMEN DEL INVENTO

El objeto principal del invento consiste en proporcionar una construcción modificada de precalentador para motor Stirling, utilizable en aplicaciones a automóviles; siendo capaz esta construcción mejorada del precalentador de aumentar el rendimiento del motor y reducir las pérdidas de energía del circuito de calor externo.

Otro objeto del invento consiste en proporcionar un motor Stirling dotado de un circuito de calentamiento externo mejorado que sirve eficazmente para aumentar la transferencia de calor al circuito de fluido que funciona en ciclo cerrado, y en particular capaz de proporcionar un flujo térmico anular uniforme al conjunto de tubos de calentamiento del motor.

Otro objeto más del invento consiste en proporcionar una construcción mejorada de precalentador para motor tipo Stirling utilizado en vehículos automóviles capaz de (a) reducir el coste de fabricación, (b) facilitar un circuito de calefacción externo a presión baja que presenta una reducida pérdida de carga a través del circuito externo, (c) que permita construir un precalentador más duradero eliminando las fuerzas mecánicas y los ruidos debidos a las juntas rozantes dinámicas, y (d) que reduce o elimina la necesidad de un ais

lamiento especial en la camisa del cabezal de calentamiento.

Las características particulares relacionadas con los objetos mencionados más arriba incluyen (a) la construcción de un precalentador de cerámica con circulación transversal completamente concéntrica, que tiene una multiplicidad de capas de cerámica provistas cada una de hilera de aletas que se extienden a partir de cada capa hacia el exterior en dirección a un lado de la misma para definir unos receptáculos de forma alargada, estando dichas capas intercaladas conjuntamente con orientación alterna para definir una característica de circulación transversal que varía en sentido radial; se controla la altura de las aletas, el paso de las aletas así como el espesor de la capa para definir una porosidad óptima en cada matriz de intercambio térmico y para reducir el coste de fabricación; (b) subdividir el aro concéntrico en segmentos, utilizándose la junta entre los segmentos como dispositivo de alivio de las fuerzas térmicas; (c) situar el intercambiador térmico de cerámica con circulación transversal concéntricamente alrededor del conjunto de tubo de calentamiento del motor Stirling para que actúe como pared cilíndrica de la cámara de calentamiento.

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en sección parcial de un conjunto de cabeza de calentamiento para motor Stirling, utilizando dicho conjunto una construcción mejorada de precalentador según el invento;

La figura 2 es una vista en planta del aro del precalentador según el invento;

La figura 3 es una vista en sección parcial ampliada de una parte del aro concéntrico que ilustra la defi

nición de los conductos de circulación transversal.

DESCRIPCION DETALLADA DEL INVENTO

5 En las figuras 1-3 se ilustra un modo de realización preferido que incluye en sus aspectos generales un circuito de calentamiento externo constituido por un dispositivo de aspiración A y un dispositivo de escape B, una unidad de combustión C, una cámara de combustión D, y un dispositivo de intercambio térmico E dispuesto concéntricamente. El circuito de calentamiento externo funciona continuamente durante la utilización del motor. El calor generado por el circuito de calentamiento externo es transferido a un sistema cerrado de fluido de trabajo F que funciona cíclicamente para hacer trabajar un dispositivo accionado mediante transferencia de energía térmica.

10 El dispositivo de aspiración A recibe normalmente aire desplazado positivamente por medio de un ventilador (no representado) en un conducto 56, recibiendo el ventilador el aire ambiente típicamente a una temperatura igual o inferior a $37,77^{\circ}\text{C}$ (100°F). En razón de la compresión del aire producida por el ventilador, la temperatura del aire se eleva hasta aproximadamente $65,55^{\circ}\text{C}$ (150°F); si se utiliza la recirculación de los gases de escape, estos se mezclan generalmente con el aire entrante para elevar la temperatura del aire aspirado hasta aproximadamente $132,22^{\circ}\text{C}$ (270°F) siendo la temperatura de los gases de escape recirculados igual aproximadamente a $377,77^{\circ}\text{C}$ (640°F). Los caudales máxicos típicos y las condiciones de temperatura del circuito de calentamiento externo en varios puestos identificados en la figura 1 son los siguientes:

4.000 r.p.m (Técnica Anterior)

Emplaza miento.	Caudal másico		t ^o C	t ^o F	p-kg/ cm ²	p-lib./ pulg ²	
	kg/h	lib./h					
1	1.041	2.300	132,22	270	1,19	17	
5	2	1.041	2.300	132,22	270	1,19	17
	3	1.041	2.300	882,22	1.620	1,12	16
	4	1.087	2.400	1.926,66	3.500	1,05	15
	5	1.087	2.400	1.026,66	1.880	1,05	15
	6	1.087	2.400	1.026,66	1.880	1,05	15
10	7	1.087	2.400	377,77	640	0,98	14

Para construir el dispositivo de aspiración, puede utilizarse una envoltura de chapa metálica o unos conductos. Una parte 10 de la envoltura está dispuesta bajo la forma de un recinto anular que sirve para distribuir anularmente el suministro de aire a la cara inferior 11 de la matriz de intercambio térmico 12 en cooperación con la pared aislada 13 del circuito cerrado de fluido de trabajo. El aire aspirado sube axialmente con respecto al eje 14 a través de unos primeros conductos 15 de la matriz 12 provista de múltiples orificios para absorber el calor; el aire precalentado sale a continuación por la cara anular superior 16. Una cubierta cónica 17 orienta la circulación de salida y dirige el aire precalentado radialmente hacia el interior de modo que penetre en la unidad de combustión.C. Los gases quemados salen por la extremidad abierta del recinto perforado 44 que rodea la unidad de combustión. Los gases de escape cambian de dirección y penetran en la matriz 12 a través de la superficie cilíndrica interna 21 después de atravesar los tubos del cabezal de calentamiento y después de transferir su energía térmica al fluido de trabajo. Los gases de escape

continúan su desplazamiento a través de los segundos conductos 22 de la matriz y salen por la cara externa cilíndrica 23.

La matriz 12 está totalmente constituida por una pieza de cerámica en forma de toro, definiendo la parte cilíndrica interna 21 los límites externos de la cámara de calentamiento D. Se elige el material cerámico de modo que sea resistente y estable en presencia de temperaturas del orden de 1.093°C (2.000°F); la resistencia suficiente para las necesidades del intercambio térmico debe ser de aproximadamente 14 kg/cm^2 ($200\text{ libras/pulgada}^2$). Un material cerámico que satisface estos requisitos puede estar constituido típicamente por silicato de magnesio-alúmina o silicato de litio-alumina.

La matriz en forma de toro 12 está constituida por capas separadas de primeros conductos 15 (véase figura 2) intercalados con capas separadas de segundos conductos 22, estando los primeros conductos dispuestos para dirigir la circulación en ángulos rectos respecto a la circulación que atraviesa dichos segundos conductos. En otras palabras, la circulación en dichos primeros conductos (para la aspiración) puede hacerse axialmente mientras que la circulación en dichos segundos conductos (para el escape) puede hacerse en una dirección axial transversal. Una vez terminada, la matriz tiene una construcción en forma de panal de miel, o construcción celular.

Un método típico para construir dicha matriz de cerámica concéntrica es el siguiente:

1.) Elegir un material de cerámica adecuado, típicamente silicato de litio-alumina; se le da la consistencia de una pasta mezclada con resinas para obtener un mate-

rial de una consistencia similar a la de una goma u otro material plástico sólido blando.

5 2. El material sólido blando recibe la forma de finas hojas y se corta a dimensiones de sección transversal determinadas equivalentes a la sección transversal de la matriz tomada en un plano radial 24 de la misma.

10 3. Cada una de las hojas finas se hacen pasar a continuación a través de un dispositivo de extrusión continua para formar una multiplicidad de aletas 25 separadas uniformemente con precisión y determinadas exactamente, que se extienden a partir del plano de la hoja fina que sirve como pared 26. Esta operación es equivalente al paso de un rodillo ondulado sobre la hoja fina para formar una pluralidad de aletas 25.

15 4. Las hojas estrujadas se intercalan, alternando la orientación de las aletas de las hojas sucesivas con respecto al eje 21 pero haciendo que todas las aletas se extiendan hacia el mismo lado. Se obtienen así dichos conductos de circulación alternos tanto en la dirección axial como en una dirección transversal a la dirección axial. Las hojas finas se mantienen a continuación en un dispositivo de fijación mientras se las somete a una temperatura de sinterización suficiente para vaporizar la resina contenida en dicho material cerámico blando y para unir con cerámica las extremidades 25a de las aletas 25 con la pared 27 de la siguiente hoja adyacente.

20 Una matriz típica para un motor Stirling de 170 C.V. puede presentar aproximadamente un diámetro externo 28 de 45,72 cm (18 pulgadas), un diámetro interno 29 de 33,02 cm (13 pulgadas), una anchura radial 30 de 63,5 cm (25 pul-

gadas) y una altura 31 de 15,24 cm (6 pulgadas). La altura 32 de las aletas, el paso 33 de las aletas y el espesor 34 de la pared tienen una importancia particular para controlar la porosidad de la matriz de cerámica. El aro de la ma
5 triz puede subdividirse en módulos curvos separados 60 y 61, estando los módulos unidos conjuntamente en sus extremidades 62. La unión se obtiene mediante fusión sinterizada de un compuesto en el plano de unión; la unión sirve para aliviar las fuerzas térmicas aplicadas a la matriz a las elevadas
10 temperaturas de funcionamiento. Dicho material utilizado para la fusión puede ser idéntico al de la matriz. En algunos casos, la junta puede ser contigua sin unión.

Se ha comprobado que para obtener una pérdida de carga interesante a través de la matriz del precalentador, es preciso mantener la relación entre el paso de las aletas y la altura de las aletas entre 1:1 y 2:1; y que la relación entre el paso de las aletas y la altura de las aletas que se utiliza puede variar radialmente. La relación de aletas de los segundos conductos (que es constante) se elige en esta
15 gama de acuerdo con el tamaño total permitido para el precalentador en el diseño del motor y de acuerdo con los requisitos generales de espacio del compartimiento motor. Para obtener las condiciones de potencia máxima en un motor del tipo Stirling, se necesita como parámetro de diseño una pérdida de carga de 47 cm de agua. A este efecto se requieren aproximadamente 69,76 orificios/cm² (450 orificios/pulgada²) en ambos conductos de circulación 15 y 22, y se necesita una altura de aletas de aproximadamente 0,6 cm (0,024 pulgada) para los segundos conductos y una altura media de las aletas
20 de 0,6 cm (0,024 pulgada) para los primeros conductos, una
25
30

pared fina y un espesor de pared de hoja de 0,127-0,254 mm (0,005-0,010 pulgadas) y un paso de aletas en los segundos conductos de aproximadamente 1:1 que da lugar a una separación 39 entre aletas igual aproximadamente a 0,73 mm (0,029 pulgada). Si se necesita una pérdida de carga reducida, entonces puede utilizarse una relación de 2:1 entre el paso de las aletas y la altura de las aletas de los segundos conductos.

Para asegurar la separación de la circulación transversal en la matriz, unos anillos de estanqueidad estáticos (35, 36, 37, 38) están situados en y a lo largo de los cuatro bordes anulares del toro, situándose las juntas herméticas 35 y 36 en la superficie 16 y las juntas herméticas 37 y 38 en la superficie 11. Estas juntas herméticas son de un modelo económico constituido principalmente por material cerámico tal como óxido de alumina y sílice. Una construcción de junta estática preferida puede constituir en una cuerda de cerámica hecha por trenzado, adaptándose la cuerda en una fina tira doblada de hoja de acero inoxidable que asegura la propulsión superior e inferior. La cuerda de cerámica empujada en la hoja de acero se sitúa a continuación a lo largo de los borde formando bucles o anillos en los emplazamientos indicados en la figura 1 y se mantienen en su sitio mediante la ligera compresión impartida por la cubierta de chapa metálica (no representada) que asegura la conexión estanca al fluido necesaria para separar la circulación de entrada de la circulación de salida. El contacto estático o mecánico realizado con la matriz de precalentador se efectúa solamente a lo largo de líneas o de zonas estrechas; todas las demás superficies de la matriz están en contacto con la circulación.

El dispositivo de escape B está constituido por un recinto cilíndrico anular 40 que recoge los gases que salen en la dirección transversal o radial hacia el exterior a partir de la matriz. Las periferias superior e inferior 41 y 42 del recinto 40 están conectadas con las juntas 36 y 37 respectivamente, y la periferia superior 41 está conectada igualmente con la cubierta 17 para dividir la circulación. La pared de chapa metálica 43 se extiende a partir de la periferia interna de la matriz (conectada con la junta 35) y está conectada con la periferia inferior del recinto perforado 44 de la unidad de combustión para facilitar la orientación de los gases hacia la unidad de combustión. El aislamiento 45 cuelga de la pared 43 para definir la cámara D.

La unidad de quemador C está constituida por un elemento generador de chispas 46 y un conjunto de inyección de carburante 47 que se extiende a través de la zona central superior del recinto 44. El recinto 44 está abierto en su fondo 19 para permitir la libre circulación de los gases de combustión hasta la cámara de calentamiento D. La cámara de calentamiento 45 está definida por la pared hemisférica resistente al calor 43 (que constituye el suelo de la cámara D alrededor del orificio inferior del recinto). Las paredes laterales de la cámara de calentamiento D están constituida inherentemente por la cara interna de la matriz 15.

Dispuestos dentro de la cámara de calentamiento D se halla una serie de conjuntos de tubos de calentamiento F que están conectados con una serie de cámaras de calentamiento 50, de regeneradores (no representados) y de espacios de refrigeración (no representados) los cuales forman conjuntamente un sistema cerrado de fluido de trabajo y que impar-

ten energía al elemento accionado del motor. El conjunto es
tá constituido por una serie de tubos cilíndricos resis-
ten al calor 55 que tienen un ramal principal 55a orientado
hacia arriba y una curva en forma de horquilla 55b que orien-
ta el tubo a lo largo de un tramo horizontal 55c (estando es-
tas direcciones tomadas con relación a la figura 1). Unas
aletas metálicas adecuadas 56 están sujetas alrededor de los
ramales horizontales 55c para aumentar el intercambio térmi-
co entre ellos.

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

REIVINDICACIONES

1.) Mejoras introducidas en un motor Stirling que
que tiene un circuito de calentamiento externo en un sistema
cerrado de fluido de trabajo, caracterizadas porque consis-
ten en un conjunto de intercambio térmico desde dicho circui-
to hasta dicho sistema cerrado de fluido de trabajo, que in-
cluye:

(a) un dispositivo de aspiración para suministrar
de manera positiva aire a dicho circuito,

(b) un dispositivo de escape para dicho circuito,

(c) una unidad de combustión para añadir carburan-
te a dicho suministro de aire aspirado y para producir la
combustión de dicha mezcla de aire,

(d) una cámara de calentamiento que recibe los
productos de combustión procedentes de dicha unidad de com-
bustión y en la cual está dispuesto un conjunto de tubos de
calentamiento para absorber un contenido calorífico predeter-
minado de dichos productos de combustión que lo atraviesan, y

(e) un dispositivo de intercambio térmico que tie

ne una matriz fija dispuesta concéntricamente alrededor del eje de dicho conjunto de tubos de calentamiento, teniendo dicha matriz fija unas paredes que definen unas capas de unos primeros conductos intercaladas con unas paredes que definen unas capas de unos segundos conductos, estando el dispositivo de aspiración conectado con una extremidad de dichos primeros conductos y estando la unidad de combustión conectada con la otra extremidad de dichos primeros conductos, estando dicho dispositivo de escape conectado con una extremidad de dichos segundos conductos y estando la cámara de calentamiento conectada con la otra extremidad de dichos conductos, estando dicha matriz fija hecha sustancialmente con un material de cerámica resistente al calor.

2.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha matriz concéntrica está subdividida en módulos separados unidos conjuntamente por fusión con un material que facilita la deformación térmica en los planos de fusión, suministrando dicha matriz concéntrica un flujo de calor uniforme a la circulación de aire anular hacia dicha unidad de conducción.

3.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque la circulación a través de dicho primer conducto se hace en una dirección generalmente axial con respecto al eje de dicha unidad de combustión, y la circulación a través de dicho conducto se hace en una dirección transversal con relación a su eje, siendo el volumen de la circulación axial sustancialmente igual al volumen de la circulación transversal.

4.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque la pared cilíndrica interna de dicha matriz con



céntrica sirve para delimitar la extremidad externa de dicha cámara de calentamiento, no necesitando dicha cámara de calentamiento ningún aislamiento lateral externo salvo la matriz de cerámica.

5 5.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dichos conductos pueden tener una sección transversal invariable en toda su longitud, siendo el espesor de la pared que separa dichos segundos conductos del orden de 0,127 mm (0,005 pulgada) y teniendo dichos primeros conductos
10 una sección transversal que varía en proporción a la posición a lo largo de un radio de la matriz.

 6.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque las conexiones de fluido entre dichos orificios de admisión y de escape, y entre la cámara de calentamiento
15 y la unidad de quemador, se realizan por medio de juntas anulares de cerámica dispuestas a lo largo de los bordes de dicha matriz de cerámica dispuesta concéntricamente, estando dicha matriz formada bajo la forma de un elemento toroidal constituido por segmentos unidos por fusión, estando cada
20 uno de los bordes de dicho elemento toroidal provisto en sus caras opuestas de dichas juntas de cerámica en contacto íntimo con ellas.

 7.) Mejoras según la reivindicación 6, caracterizadas porque las juntas de cerámica están constituidas por un
25 núcleo de cerámica trenzado empotrado en una fina hoja metálica deformable.

 8.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dichas conexiones de fluido están realizadas por medio de elementos de estanqueidad estáticos a base de
30 cerámica que presentan una reducida resistencia a la abra-

sión pero que resisten eficazmente a temperaturas del orden de $1.093,33^{\circ}\text{C}$ (2.000°F).

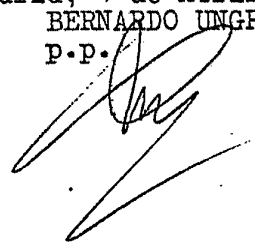
5 9.) Mejoras según la reivindicación 1, caracterizadas porque dicha capa de segundos conductos está definida por unas paredes de cerámica que tienen, cada una, unas aletas que sobresalen hacia un lado de las mismas, estando dichas paredes intercaladas de modo que una pared con las extremidades de sus aletas esté en contacto con la otra pared para formar unos conductos cerrados, variando la altura de dichas aletas proporcionalmente a lo largo de un radio de dicha matriz, y siendo el espesor de la pared del orden de $0,127 - 0,254$ mm ($0,005 - 0,010$ pulgadas).

10 10.) Mejoras según la reivindicación 9, caracterizadas porque la porosidad a través de dicha matriz de precalentamiento es equivalente por lo menos a 69 orificios por cm^2 (450 orificios/pulgada²) teniendo cada orificio una sección transversal de aproximadamente $0,00387$ cm^2 ($0,0006$ pulgada²).

15 11.) Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: MEJORAS INTRODUCIDAS EN UN MOTOR STIRLING.

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

25 Madrid, 4 de Abril 1.977
BERNARDO UNGRIA
P.P.



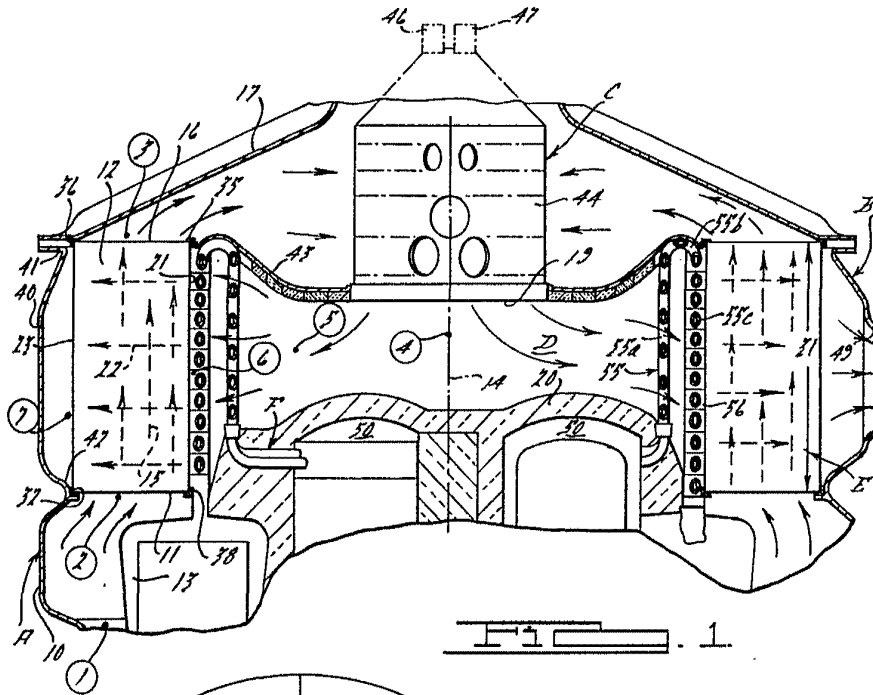


FIG. 1.

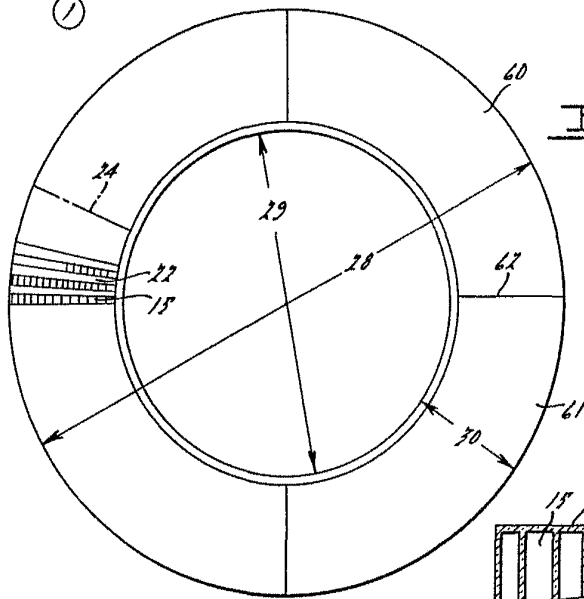


FIG. 2.

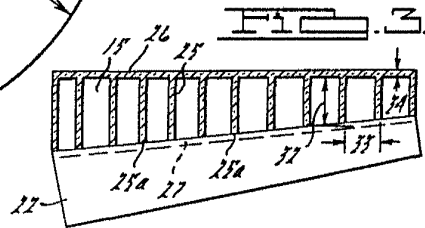


FIG. 3.

ESCALA VARIABLE
Madrid, 4 de Abril de 1.977
BERNARDO UNGRIA
P.P.