

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

20 JUL. 1978

Concedido el Registro de acuerdo  
con los datos que figuran en la pre-  
sente descripción y según el con-  
tenido de la Memoria adjunta.

19 ES

11

21

22

NUMERO	465.676	10 A1
FECHA DE PRESENTACION	2-1-1978	

**PATENTE DE INVENCION**

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
644.873	29-12-1975	.EE.UU.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	force	No. 454.622

54 TITULO DE LA INVENCION
"UN SISTEMA DE TURBINA DE GASES"

71 SOLICITANTE (S)
ENGELHARD MINERALS & CHEMICALS CORPORATION (Case No. B-1121 Div.)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
70 Wood Avenue South, Metro Park Plaza, Iselin, Nueva Jersey 08830, EE.UU.

72 INVENTOR (ES)
William C. Pfefferle

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-67.882)

1

"Fundamentos del invento"

En los sistemas de combustión térmica convencionales, un combustible y aire en proporciones inflamables se ponen en contacto con una fuente de ignición, por ejemplo una bujía para quemar la mezcla que luego continuará ardiendo. Las mezclas inflamables de la mayoría de los combustibles se queman normalmente a temperaturas relativamente elevadas, es decir, del orden de aproximadamente 1810°C y superiores, que inherentemente da como resultado la formación de emisiones importantes de  $\text{NO}_x$ . En el caso de las cámaras de combustión de turbina de gases, la formación de  $\text{NO}_x$  puede disminuirse limitando el tiempo de permanencia de los productos de combustión en la zona de combustión. Sin embargo, incluso en estas circunstancias se producen cantidades indeseables de  $\text{NO}_x$ .

15

En los sistemas de combustión que utilizan un catalizador, existe poco  $\text{NO}_x$  o ninguno formado en el sistema que quema el combustible a temperaturas relativamente bajas. Tales sistemas de combustión hasta el momento han sido considerados por lo general de una práctica limitada a proporcionar una fuente de energía como consecuencia de la necesidad de emplear cantidades de catalizador tan grandes que hacen a dichos sistemas indebidamente grandes y engorrosos. En consecuencia, la combustión que utiliza un catalizador ha estado limitada generalmente a operaciones tales como el tratamiento de corrientes de gas de ccla de las instalaciones de ácido nítrico, en las que se emplea una reacción catalítica para calentar el aire de proceso gastado que contiene aproximadamente 2% de oxígeno a temperaturas en el intervalo de aproximadamente 760°C.

25

30

1 En la solicitud de patente de Estados Unidos S.N.  
358.411 presentada el 8 de Mayo de 1.973, e incorporada en  
la presente como anterioridad, se describe el descubrimien-  
to de una combustión térmica soportada catalíticamente. De  
5 acuerdo con este método, los combustibles carbonosos pueden  
quemarse muy eficazmente a temperaturas comprendidas entre  
aproximadamente 930°C y 1760°C, por ejemplo, sin la forma-  
ción de cantidades sustanciales de monóxido de carbono u óxi-  
dos de nitrógeno, mediante un proceso llamado combustión tér-  
10 mica soportada catalíticamente. Para resumir brevemente lo  
que se expone con mayor detalle en la solicitud de patente  
de Estados Unidos S.N. 358.411, en la combustión térmica  
convencional de combustibles carbonosos, una mezcla inflama-  
ble de aire y combustible o combustible, aire y gases inerte-  
15 tes se pone en contacto con una fuente de ignición (por ejem-  
plo una bujía) para inflamar la mezcla. Una vez iniciada la  
combustión, la mezcla continúa quemándose sin un soporte adi-  
cional de fuente de ignición. Las mezclas inflamables de  
combustibles carbonosos normalmente arden a temperaturas re-  
20 lativamente elevadas (es decir, normalmente muy por encima  
de aproximadamente 1810°C. A estas temperaturas inevitable-  
mente se forman cantidades sustanciales de óxidos de nitró-  
geno si se encuentra nitrógeno presente, como es siempre el  
caso en el que el aire es la fuente de oxígeno para la reac-  
25 ción de combustión. Las mezclas de combustible y aire o  
combustible, aire y gases inertes que teóricamente se quemar-  
ían a temperaturas inferiores a aproximadamente 1810°C son  
demasiado pobres en combustible para soportar una llama es-  
table y por lo tanto no pueden ser quemadas satisfactoria-  
30 mente en un sistema de combustión térmica convencional.

1 En la combustión catalítica convencional, por  
otra parte, el combustible se quema a temperaturas relativa-  
mente bajas (típicamente en el intervalo de aproximadamente  
unos cuantos cientos de °C a aproximadamente 760°C). Antes  
5 del invento descrito en la solicitud de patente de Estados  
Unidos S.N. 358.411, sin embargo, la combustión catalítica  
se consideraba de un valor limitado como fuente de energía  
térmica. En primer lugar, la combustión catalítica conven-  
cional transcurre de un modo relativamente lento por lo que  
10 se requerirían cantidades impracticablemente grandes de ca-  
talizador para producir gases efluentes de la combustión en  
cantidad suficiente para accionar una turbina o consumir  
las grandes cantidades de combustible requeridas en la mayo-  
ría de las aplicaciones de grandes hornos. En segundo lugar  
15 las temperaturas de reacción normalmente asociadas a la  
combustión catalítica convencional son excesivamente bajas  
para una transferencia eficaz de calor para muchos fines,  
por ejemplo la transferencia de calor a agua en una caldera  
de vapor. Típicamente, la combustión catalítica es también  
20 relativamente ineficaz, de modo que cantidades significan-  
tes de combustibles se quemaran incompletamente o se dejan  
sin quemar a no ser que se empleen bajas velocidades espa-  
ciales en el catalizador.

25 Las reacciones de combustión catalítica siguen el  
curso de la gráfica mostrada en la Figura 1 de los dibujos  
que se acompañan en la extensión de las regiones A a C de  
dicha Figura. Esta gráfica es una representación de la velo-  
cidad de reacción en el eje de ordenadas en función de la  
temperatura en el eje de abscisas para un catalizador dado  
y un conjunto de condiciones de reacción. A temperaturas re-  
30

1 lativamente bajas (es decir, en la región A de la Figura 1)  
la velocidad de reacción catalítica aumenta exponencialmente  
con la temperatura. A medida que la temperatura se eleva  
5 más, la velocidad de reacción entra en una zona de transi-  
ción (región B en la gráfica de la Figura 1) en la cual la  
velocidad a la que el combustible y el oxígeno son transfe-  
ridos a la superficie catalítica empieza a limitar los pos-  
teriores incrementos en la velocidad de reacción. A medida  
10 que la temperatura se eleva todavía más, la velocidad de  
reacción entra en la denominada zona limitada por la trans-  
ferencia de masa (región C en la gráfica de la Figura 1) en  
la cual los reaccionantes no pueden ser transferidos a la  
superficie catalítica lo suficientemente rápido para mante-  
ner la reacción en la superficie catalítica y la velocidad  
15 de reacción se estabiliza independientemente de posteriores  
incrementos de temperatura. En la zona limitada por la trans-  
ferencia de masa, la velocidad de reacción no puede aumen-  
tarse incrementando la actividad del catalizador debido a  
que la actividad catalítica no es determinativa de la velo-  
20 cidad de reacción. Con anterioridad al invento descrito en  
la solicitud de patente de Estados Unidos S.N. 358.411, el  
único modo aparente de aumentar la velocidad de reacción en  
la zona limitada por la transferencia de masa era aumentar  
la transferencia de masa. Sin embargo, esto típicamente re-  
25 quiere un aumento en la caída de presión a través del cata-  
lizador y en consecuencia una pérdida sustancial de energía.  
Una caída de presión suficiente puede no ser incluso asequi-  
ble para proporcionar la velocidad de reacción deseada. Na-  
turalmente, puede lograrse más transferencia de masa, y por  
30 consiguiente puede producirse siempre más energía aumentan-

1 do la cantidad de la superficie del catalizador. En muchas  
aplicaciones, sin embargo, esto da como resultado configura  
ciones del catalizador de tal tamaño y complejidad que el  
coste es prohibitivo y el cuerpo del catalizador es inmane-  
5 jable. Por ejemplo, en el caso de motores de turbina de ga-  
ses el reactor catalítico debería ser más grande que el pro-  
pio motor.

Como se ha descrito en la solicitud de patente de  
Estados Unidos S.N. 358.411 se ha descubierto que es posible  
10 conseguir una combustión esencialmente adiabática en presen-  
cia de un catalizador a una velocidad de reacción muchas ve-  
ces mayor que la velocidad limitada por la transferencia de  
masa. En particular, se ha encontrado que si la temperatura  
de trabajo del catalizador se aumenta sustancialmente en la  
15 región limitada por la transferencia de masa, la velocidad  
de reacción empieza de nuevo a aumentar rápidamente con la  
temperatura (región D en la gráfica de la Figura 1). Esto  
está en contradicción aparente de las leyes de la cinética  
de la transferencia de masa en las reacciones catalíticas.  
20 Este fenómeno puede explicarse por el hecho de que la tempe-  
ratura de la superficie del catalizador y la capa gaseosa  
próxima a la superficie del catalizador están por encima de  
la temperatura de auto-ignición instantánea de la mezcla de  
combustible, aire y cualquier gas inerte (definida en la  
25 presente y en la solicitud de patente de Estados Unidos S.N.  
358.411, y que significa la temperatura a la cual el retra-  
so de ignición de la mezcla que entra en el catalizador es  
despreciable con respecto al tiempo de permanencia en la zo-  
na de combustión de la mezcla que experimenta combustión) y  
30 a una temperatura en la que ocurre la combustión térmica a

1 una velocidad mayor que la velocidad de combustión catalíti  
ca. Las moléculas de combustible que entran en esta capa se  
quemán espontáneamente sin transporte a la superficie del  
catalizador. A medida que progresa la combustión y aumenta  
5 la temperatura, se cree que va siendo más profunda la capa  
en la que ocurre la combustión térmica. Finalmente, sustan-  
cialmente la totalidad del gas en la región catalítica es  
elevado a una temperatura a la que ocurre la combustión tér  
mica en virtualmente la totalidad de la corriente gaseosa  
10 en lugar de justamente en la parte próxima a la superficie  
del catalizador. Una vez se alcanza esta etapa dentro del  
catalizador, la reacción térmica parece continuar incluso  
sin posterior contacto del gas con el catalizador.

Lo anterior se ofrece simplemente como posible ex  
15 plicación y no ha de ser considerado en ningún modo como li  
mitativo del presente invento.

Entre las únicas ventajas de la combustión antes  
descrita en presencia de un catalizador está el hecho de  
que pueden quemarse eficazmente las mezclas de combustible  
y aire que son demasiado pobres en combustible para la com-  
20 bustión térmica ordinaria. Puesto que la temperatura de com  
bustión para un combustible dado en cualquier conjunto de  
condiciones (por ejemplo la temperatura inicial y, en menor  
grado, la presión) es dependiente en gran modo de las pro-  
porciones de combustible, del oxígeno disponible para la  
25 combustión y de los gases inertes de la mezcla a quemar,  
llega a ser práctico quemar mezclas que están caracteriza-  
das por temperaturas de llama mucho más inferiores. En par-  
ticular, pueden quemarse combustibles carbonosos muy eficaz  
30 mente y a velocidades de reacción térmica a temperaturas en

1 el intervalo de aproximadamente 930°C a aproximadamente  
1760°C. A estas temperaturas se forman muy pocos, si es que  
se forman, óxidos de nitrógeno. Además, debido a que la com-  
bustión como se ha descrito anteriormente es estable en un  
5 amplio margen de mezclas, es posible seleccionar o contro-  
lar la temperatura de reacción en un margen correspondiente-  
mente amplio, seleccionando o controlando las proporciones  
relativas de los gases en la mezcla.

El método de combustión que se describe en la so-  
10 licitud de patente de Estados Unidos S.N. 358.411 implica  
la combustión esencialmente adiabática de una mezcla de  
combustible y aire o combustible, aire y gases inertes en  
presencia de un catalizador de oxidación sólido que trabaja  
a una temperatura sustancialmente por encima de la tempera-  
15 tura de auto-ignición instantánea de la mezcla, pero infe-  
rior a la temperatura que daría como resultado la formación  
sustancial de óxidos de nitrógeno en las condiciones que  
existen en el catalizador. Los límites de la temperatura de  
trabajo están gobernados principalmente por el tiempo de  
20 permanencia y la presión. La temperatura de auto-ignición  
instantánea de la mezcla se define anteriormente. Combustión  
esencialmente adiabática significa en este caso que la tempe-  
ratura de trabajo del catalizador no difiere en más de apro-  
ximadamente 540°C, más típicamente no más de aproximadamen-  
25 te 270°C, de la temperatura de llama adiabática de la mez-  
cla debido a las pérdidas de calor desde el catalizador.

Aunque el presente invento se describe en la pre-  
sente con particularidad respecto al aire como componente  
no combustible de la mezcla combustible-aire, ha de enten-  
30 derse bien que el oxígeno es el elemento requerido para so-

1 portar la combustión. Cuando se desee, el contenido de oxí-  
geno del componente no combustible puede ser variado, y el  
término "aire" se emplea en la presente para referirse a  
componentes no combustibles de la mezcla incluyendo cual-  
5 quier gas o combinación de gases que contienen oxígeno dis-  
ponible para las reacciones de combustión.

Aunque los motores de turbina de gases que emplean  
puramente combustión térmica se han empleado con gran ampli-  
tud como máquinas motrices primeras, especialmente en las  
10 centrales eléctricas y en aviación, no se han encontrado co-  
mercialmente atractivos para propulsar vehículos de tierra,  
tales como camiones, autobuses, y vehículos automóviles pa-  
ra pasajeros. Una razón para esto es la desventaja inheren-  
te de los sistemas basados puramente en la combustión tér-  
15 mica o en la combustión catalítica convencional. Sin embar-  
go, con el avance proporcionado en la combustión que emplea  
un catalizador tal como el descrito y reivindicado en la ci-  
tada solicitud de patente de EE.UU., que permite el trabajo  
a temperaturas del orden de aproximadamente 930°C a aproxi-  
20 madamente 1760°C, tales medios de propulsión por turbina pa-  
ra vehículos de tierra y similares son ahora factibles. Sin  
embargo, cuando se emplean para propulsar vehículos de tie-  
rra en los que ocurren frecuentes paradas y empleo intermi-  
tente, estos sistemas presentan dificultades sustanciales  
25 en proporcionar puestas en marcha rápidas y no contaminan-  
tes. El empleo de estos sistemas de turbina en vehículos de  
tierra presenta un problema particular porque a no ser que  
se emplee un método adecuado de puesta en marcha, se produ-  
cirá una contaminación importante de la atmósfera durante  
30 el tiempo requerido para alcanzar la operación completa de

1 la zona de combustión que contiene un catalizador. Hasta que  
el cuerpo de catalizador alcance una temperatura suficiente-  
mente elevada, probablemente se descargarán en la atmósfera  
grandes cantidades de combustible carbonoso no quemado y mo-  
5 nóxido de carbono.

Por consiguiente un objeto del presente invento  
es proporcionar un método eficaz para poner en marcha un  
sistema de combustión que emplea un catalizador, el cual  
evita algunas o la totalidad de estas dificultades.

10 El presente invento se describe e ilustra con re-  
ferencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 como se ha indicado anteriormente es  
una representación gráfica de la temperatura frente a la ve-  
locidad de reacción para una reacción de oxidación que em-  
15 plea un catalizador.

La Figura 2 es una vista en sección parcialmente  
esquemática de un sistema de turbina de gases regeneradores  
que es operable de acuerdo con el presente invento.

#### Resumen del invento

20 El presente invento proporciona un método para la  
puesta en marcha rápida y eficaz de sistemas de combustión  
en los que la combustión se lleva a cabo en presencia de un  
catalizador, sin emisión concomitante de más que cantidades  
mínimas de gases contaminantes. Más específicamente, el pre-  
25 sente invento permite poner en marcha hornos o sistemas de  
turbina que emplean el método de combustión antes descrito  
de la solicitud de patente de EE.UU. S.N. 358.411 en el que  
se produce una contaminación mínima de la atmósfera por com-  
ponentes de salida indeseables. El empleo eficaz del combus-  
30 tible y la baja contaminación de la atmósfera son más impor-

1 tantes desde el punto de vista ecológico y llegan a ser pro  
gresivamente más críticos. Un sistema adecuado para accio-  
nar, por ejemplo, vehículos automóviles, que proporcione es  
tos beneficios a la sociedad sin inconvenientes significati  
5 vos en la realización o costos es de primordial interés.

De acuerdo con el presente invento, se proporcio-  
na un método para poner en marcha un sistema de combustión  
que utiliza un catalizador en el que se quema un combusti-  
ble carbonoso en presencia de un catalizador con al menos  
10 una cantidad estequiométrica de aire para una oxidación com-  
pleta del combustible a dióxido de carbono y agua, en el que  
la temperatura de trabajo del catalizador está sustancial-  
mente por encima de la temperatura de auto-ignición instan-  
tánea de la mezcla de combustible-aire. Este método compren-  
15 de calentar el catalizador en ausencia sustancial de combus-  
tible no quemado para llevar el catalizador o al menos una  
temperatura a la que sostendrá la operación limitada por  
transferencia de masa, formando una mezcla íntima de combus-  
tible carbonoso y aire; y no tan pronto que sea esencialmen-  
20 te concurrente con la consecución por parte del catalizador  
de tal temperatura que sostendrá la operación limitada por  
transferencia de masa, alimentar la mezcla de combustible y  
aire al catalizador para la combustión, caracterizándose la  
combustión porque la mezcla de combustible-aire tiene una  
25 temperatura de llama adiabática tal que en contacto con el  
catalizador, la temperatura de trabajo del catalizador está  
sustancialmente por encima de la temperatura de auto-igni-  
ción instantánea de la mezcla combustible-aire pero por de-  
bajo de una temperatura que daría como resultado una forma-  
30 ción sustancial de óxidos de nitrógeno.

1 Este método puede llevarse a cabo de diversos mo-  
dos, que incluyen calentar el cuerpo de catalizador por me-  
dios eléctricos tales como calentamiento por resistencia o  
por inducción, o quemar primero térmicamente una mezcla de  
5 combustible y aire y aplicar el calor producido al cuerpo  
del catalizador. Una vez que se ha alcanzado la temperatura  
del catalizador a la que el catalizador funcionará para soste-  
ner la operación limitada por transferencia de masa, la  
combustión del combustible en presencia del catalizador se  
10 llevará rápidamente a la temperatura de trabajo requerida.  
Una vez que se ha alcanzado la temperatura de trabajo, el  
catalizador proporcionará una combustión sostenida del vapor  
de combustible. Después que el cuerpo de catalizador alcan-  
za una temperatura a la que sostendrá la operación limitada  
15 por transferencia de masa, la aplicación de calor antes men-  
cionada al cuerpo de catalizador ya no es necesaria y se in-  
troduce en el sistema una mezcla de combustible no quemado  
y aire para establecer la combustión térmica soportada de  
acuerdo con dicha solicitud de patente de EE.UU. proporcio-  
20 nando un fluido motriz para una turbina o calor para un hor-  
no.

Los catalizadores adecuados para empleo en llevar  
a cabo la combustión a la que el presente invento pertenece  
pueden ser cualquiera de los numerosos catalizadores emplea-  
25 dos para la oxidación de combustibles carbonosos. Pueden  
emplearse catalizadores de oxidación que contienen un metal  
base tal como cerio, cromo, cobre, manganeso, vanadio, zir-  
conio, níquel, cobalto o hierro, o un metal precioso tal co-  
mo plata o un metal del grupo del platino. El catalizador  
30 puede ser del tipo de lecho fijo o lecho fluido. Pueden ser

1 vir adecuadamente uno o más cuerpos refractarios con pasos  
de flujo gaseoso a su través, o un cuerpo de catalizador  
que comprende un lecho compacto de esferas, gránulos, ani-  
llos o similares refractarios. Los catalizadores preferidos  
5 para llevar a cabo el método de combustión antes mencionado  
de la solicitud de patente de EE.UU. S.N. 358.411, por ejem-  
plo a temperaturas del orden de 1.090-1.650°C, son cuerpos  
de tipo alveolar monolítico formados de un núcleo de mate-  
rial refractario cerámico. Los canales de flujo en las es-  
10 tructuras alveolares generalmente son paralelos y pueden  
ser de cualquier sección transversal deseada tal como trian-  
gular o hexagonal. El número de canales por centímetro cua-  
drado puede variar mucho dependiendo de la aplicación parti-  
cular, y están comercialmente disponibles paneles monolíti-  
15 cos que tienen en cualquier parte desde aproximadamente 8 a  
310 canales por  $\text{cm}^2$ . Las superficies de sustrato del catali-  
zador del núcleo alveolar, están provistas preferiblemente  
de un revestimiento adherente en forma de un esmalte calci-  
nado de alúmina activa, que puede estar estabilizado para  
20 buenas propiedades térmicas, al que se ha incorporado un me-  
tal del grupo del platino catalíticamente activo tal como  
paladio o platino o sus mezclas. El catalizador particular  
y la cantidad empleada pueden depender principalmente del  
diseño del sistema de combustión, el tipo de combustible  
25 empleado y la temperatura de trabajo. La caída de presión  
de los gases que pasan a través del catalizador, puede ser  
por ejemplo inferior a aproximadamente  $0,7 \text{ kg/cm}^2$ , preferi-  
blemente inferior a aproximadamente  $0,21 \text{ kg/cm}^2$ , o menos de  
aproximadamente el 10% de la presión total.

1 crito en presencia de un catalizador para mover una turbina  
fijada en una instalación mecánica o para calentar un horno  
fijo, no se presentan normalmente importantes problemas de  
puesta en marcha. En dichas instalaciones, la operación es  
5 sustancialmente continua y es necesario poner en marcha el  
sistema sólo a intervalos no frecuentes. Por consiguiente  
las emisiones sustanciales de contaminantes atmosféricos  
que tienden a existir en las puestas en marcha no son impor-  
tantes debido al pequeño número de puestas en marcha poco  
10 frecuentes. Aunque esta contaminación puede tolerarse en  
operaciones estacionarias que se emplean normalmente de mo-  
do continuo y durante largos períodos de tiempo, no puede  
tolerarse en instalaciones en vehículos en los que las puestas  
en marcha son frecuentes, debido a la operación intermi-  
15 tente. También la puesta en marcha debe ser rápida con el  
fin de ser tan eficaz como en el automóvil convencional de  
hoy día. Esto requiere que la puesta en marcha no dure más  
de aproximadamente 2 a 10 segundos, y durante este tiempo,  
cuando se emplea el método del presente invento, las emisio-  
20 nes no deben producir ningún problema de contaminación  
ambiental significativo, incluso cuando se emplea en un  
gran número de vehículos. Si se empleara sólo el arranque  
por batería en la puesta en marcha de un tipo de vehículo  
con instalación de turbina de gases, el tiempo requerido se-  
ría intolerable, como lo serían las emisiones de contaminan-  
25 tes a la atmósfera.

En el método del presente invento, se proporciona  
una puesta en marcha rápida del sistema de combustión obli-  
gando a mantener un calentamiento rápido del cuerpo de cata-  
lizador hasta alcanzar una temperatura a la que se sosten-  
30

1 drá la operación limitada por transferencia de masa, antes  
de que se aplique combustible sin quemar al cuerpo de cata-  
lizador. Una vez que el cuerpo de catalizador ha alcanzado  
esta temperatura, puede aplicarse una mezcla íntima de aire  
5 y combustible sin quemar al catalizador y puede proseguir  
la operación habitual del sistema, aumentando rápidamente  
la temperatura del catalizador hasta la temperatura de tra-  
bajo deseada. El calentamiento rápido del cuerpo de catali-  
zador puede tener lugar de diversas formas, tal como sumi-  
10 nistrando calor eléctricamente de modo directo al cuerpo de  
catalizador para calentarlo hasta la temperatura antes men-  
cionada antes de que la mezcla de aire y combustible se  
aplique al catalizador. De acuerdo con otra y preferida rea-  
lización del invento una mezcla de aire y combustible se in-  
15 flama por una bujía de encendido o bujía incandescente y se  
quema térmicamente en el sistema de modo que suministre ca-  
lor al cuerpo de catalizador, y al calentar el catalizador  
al menos a la temperatura de ignición, una mezcla combusti-  
ble adecuada de vapor combustible sin quemar y aire se lle-  
20 van entonces a la corriente del catalizador calentado de mo-  
do que pueda establecerse la combustión deseada. Cuando el  
catalizador ha alcanzado una temperatura a la que se sosten-  
drá la operación limitada por transferencia de masa como se  
muestra en la región C de la Fig. 1, comenzando en "x" en  
25 la curva, la fuente de calor en el lecho de catalizador pue-  
de eliminarse puesto que la combustión continuada mantendrá  
el lecho catalizador a su temperatura de trabajo. Natural-  
mente debe tenerse cuidado para que el calor aplicado al ca-  
talizador durante la puesta en marcha no sea suficiente pa-  
30 ra perjudicar o fundir alguno de los componentes del catali-

1 zador. No se aplica combustible sin quemar al catalizador hasta que se haya alcanzado la temperatura antes citada.

De acuerdo con una realización preferida del invento, la mezcla de combustible sin quemar y aire no se introduce en el cuerpo de catalizador hasta que se ha alcanzado una temperatura a la que sostendrá la combustión rápida deseada, tal como por ejemplo, en la región D de la Fig. 1, comenzando en el punto "y". Dicho procedimiento preferido hace mínimas las emisiones contaminantes durante la puesta en marcha.

10 Cuando se emplea el método de puesta en marcha del presente invento, es posible iniciar la combustión en la zona del catalizador en 10 segundos, y frecuentemente en 2 segundos, sin sobrepasar en el efluente desprendido a la atmósfera más de aproximadamente 10 partes por millón en volumen (ppmv) de hidrocarburos, no más de aproximadamente 15 100 ppmv de monóxido de carbono y no más de aproximadamente 15 ppmv de óxido de nitrógeno, preferiblemente menos de aproximadamente 10 ppmv de óxido de nitrógeno derivados del nitrógeno atmosférico.

20 Cuando el catalizador del sistema alcanza la temperatura requerida, puede retirarse la aplicación de calor al catalizador. Por ejemplo, si la combustión térmica de una mezcla de combustible y aire empleada para la puesta en marcha no está terminada cuando ya no se requiere, tiende a introducir su propia fuente de contaminación en las emisiones y es despilfarrada, y la introducción continua de calor al catalizador puede originar un sobrecalentamiento y daño al catalizador. Sin embargo, puede ser necesario continuar suministrando una cantidad decreciente de calor para evapo-

1 rizar ciertos combustibles líquidos. En cualquier caso el  
sistema está listo para la operación normal cuando el cata-  
lizador está a la temperatura de trabajo mínima requerida,  
y entonces se interrumpe ventajosamente el suministro exter-  
5 no de calor.

Los combustibles empleados en el presente invento  
tanto para la puesta en marcha como para la operación nor-  
mal del sistema pueden ser gases o líquidos a temperaturas  
ambientes. Si es un líquido, los combustibles tienen prefe-  
10 riblemente una presión de vapor bastante elevada, de modo  
que esencialmente puedan vaporizarse completamente por el  
aire empleado con o sin ayuda del calor suministrado por el  
sistema. Los combustibles son generalmente carbonosos y pue-  
den comprender hidrocarburos normalmente líquidos, por ejem-  
15 plo hexano, ciclohexano y otros hidrocarburos normales, cí-  
clicos y ramificados, que incluyen hidrocarburos aromáticos,  
tales como tolueno, xileno, benceno, gasolina, nafta, combus-  
tible para turbinas, combustible diesel, etc. Pueden emplear-  
se hidrocarburos gaseosos, tales como metano, etano o propa-  
20 no. Pueden usarse otros combustibles carbonosos tales como  
alcanoles de aproximadamente uno a diez átomos de carbono o  
más, por ejemplo metanol, etanol, isopropanol, etc y otros  
materiales que contiene oxígeno combinado. Pueden utilizar-  
se diversas fracciones de petróleo que incluyen queroseno,  
25 aceites combustibles, e incluso pueden emplearse aceites re-  
siduales.

#### Descripción específica del invento

El método del presente invento se describirá aho-  
ra además con referencia a la Figura 2 de los dibujos, ilus-  
30 trada en una vista parcialmente esquemática de una turbina

1 de gas regeneradora dispuesta para trabajar de acuerdo con el presente invento.

5 El sistema de turbina mostrado en la Figura 2 para la operación de acuerdo con el presente invento se designa generalmente con el número 10. Tal como se representa, el aire entra al compresor 12 a través del orificio de entrada de aire 14. El aire comprimido se hace pasar a través del canal 16 para regenerar el intercambiador de calor regenerado 18. El aire sale del intercambiador de calor 18 y en 10 tra en la cámara 20. El termopar 19 está colocado en esta salida del intercambiador de calor 18 para medir la temperatura del aire comprimido que ha de mezclarse con el combustible. El conductor 21 transmite la señal del termopar a unos medios receptores adecuados. La cámara 20 también ac- 15 túa como parte distribuidora de combustible del sistema de turbina. La cámara de combustión térmica se designa generalmente con el número 22 y se muestra situada en la parte aguas arriba de dicha cámara 20.

20 La cámara de combustión térmica 22 está constituida por un protector cilíndrico 24 que está situado concéntricamente dentro de la cámara 20 y sirve para evitar el escape repentino de la combustión térmica durante la puesta en marcha y proporciona un regulador de transferencia de calor desde la zona de combustión térmica a las paredes de la 25 cámara 20. El protector 24 está equipado deseablemente con ranuras 25 en sus paredes, como es costumbre en las cámaras de combustión. Esto evita un sobrecalentamiento de las paredes que podría resultar de otro modo del choque de la llama. En el extremo aguas arriba del protector 24 está la válvula 30 26. La válvula 26 está diseñada para ser activada durante

1 la puesta en marcha del motor para limitar el flujo, y por  
tanto la velocidad del aire a través del protector 24 y evi  
tar el escape repentino. La posición de la válvula 26 se  
efectúa por la palanca 28 que es activada por el controla-  
5 dor 30 que al recibir una señal eléctrica por el conductor  
32 convertirá la señal en una respuesta mecánica. El combus  
tible se introduce en la zona de combustión térmica por la  
boquilla de distribución 34 y se dirige en una dirección  
aguas arriba. El dispositivo de encendido 36 se coloca de  
10 tal modo que pueda inflamarse la pulverización de combusti-  
ble de la boquilla de distribución 34. El dispositivo de in  
flamación o encendido 36 se carga de energía por una co-  
rriente a través del conductor 38.

El combustible para la cámara de combustión se  
15 distribuye en la cámara 20 por la boquilla 40. El combusti-  
ble para la combustión térmica en la puesta en marcha y pa-  
ra la combustión continuada utilizando el catalizador es to  
mado de la tubería 42 que suministra combustible a la válvu  
la 44. La válvula 44 se activa eléctricamente por una señal  
20 transmitida a través del conductor 46 para pasar todo el  
combustible por la tubería 48 a la boquilla distribuidora  
34 o para pasar todo el combustible por la tubería 50 (que  
va por detrás de la cámara 20 y vuelve por el otro lado en  
50a) que comunica con la salida a la boquilla 40. El cuerpo  
25 de catalizador 52 está colocado aguas abajo de la boquilla  
40 y está representado como adyacente a la paleta de turbi-  
na 54. Como se muestra, el cuerpo de catalizador 52 está co  
locado de modo que se evite el choque de la llama de la cá-  
mara de combustión térmica 22 sobre el catalizador. La pale  
30 ta de turbina 54 está conectada al árbol de transmisión 56

1 que se emplea para mover el compresor 12 así como también  
proporcionar energía motriz. Los termopares 58 y 60 están  
colocados antes y después de la paleta de turbina para me-  
5 dir la temperatura de los gases y la caída de temperatura a  
través de la paleta de turbina.

Los componentes de la turbina se construyen desea  
blemente de materiales resistentes a temperaturas elevadas,  
tales como nitruro de silicio u otros materiales para tempe-  
raturas elevadas para permitir que la turbina soporte eleva-  
10 das temperaturas. Alternativamente, la temperatura de expo-  
sición de los componentes de la turbina puede disminuirse  
enfriando con aire de acuerdo con método bien conocidos en  
la técnica de turbinas.

Los gases de salida se transportan desde la zona  
15 de la paleta de turbina por el conducto 62. El conducto 62  
alimenta los gases de salida al intercambiador de calor 18  
en el que el calor de los gases de salida se emplea en in-  
tercambio de calor indirecto para pre-calentar el aire en-  
trante para la combustión. La salida 66 se emplea para con-  
20 ducir los gases de salida a, por ejemplo, la atmósfera, y  
está provista del intercambiador de calor 68 que calienta  
el combustible entrante por la tubería 42 por intercambio  
de calor indirecto.

En la puesta en marcha de la operación, de acuer-  
25 do con el método de este invento, el sistema de turbina se  
dispone para la puesta en marcha como sigue. Un motor de  
arranque eléctrico (no mostrado) se pone en funcionamiento y  
sirve para hacer girar el árbol de transmisión 56 y por lo  
tanto hacer trabajar al compresor 12. El árbol de transmi-  
30 sión 56 también sirve para proporcionar energía a una bomba

1 de combustible (no mostrada) que suministra combustible a  
la tubería 42. Simultáneamente con la puesta en marcha del  
motor de arranque, el dispositivo de encendido 36 se pone  
5 en funcionamiento por una señal transmitida a través del  
conductor 38 y la válvula 44 se activa por una señal desde  
el conductor 46 para pasar todo el combustible a la boqui-  
lla distribuidora 34. El combustible líquido se pulveriza  
en la zona de combustión térmica y se inflama con el aire  
entrante del compresor. Una temperatura típica de la llama  
10 es aproximadamente 2200°C. A medida que aumenta la veloci-  
dad de la turbina, el controlador 30 se pone en funcionamien-  
to con una señal transmitida a través del conductor 32 para  
actuar sobre la palanca 28 y colocar la válvula 26 en la po-  
sición ilustrada por la línea continua en el dibujo. La po-  
15 sición de la válvula 26 cuando está parcialmente cerrada  
evita el desprendimiento brusco de la llama por velocidades  
de aire excesivamente elevadas. Medios alternativos tales  
como sistemas deflectores o similares, pueden emplearse pa-  
ra evitar una velocidad de aire local excesiva que puede  
20 causar el desprendimiento brusco. La temperatura de los ga-  
ses calentados dirigidos al catalizador será del orden de  
1.650°C. El dispositivo de encendido 46 puede desconectarse  
cuando se alcanza el encendido que puede ser simultáneo con  
el desembrague y parada del motor de arranque. La cámara de  
25 combustión térmica puede ayudar al giro de puesta en marcha  
inicial de la turbina.

Tan pronto como el catalizador se ha calentado a  
una temperatura que sostendrá la operación limitada por trans-  
ferencia de masa y preferiblemente a una temperatura por en-  
cima de la temperatura de auto-ignición instantánea de la  
30

1 mezcla de combustible-aire que entra al catalizador, según  
se determina cuando el termopar 58 indica que se ha alcanza  
do una temperatura previamente determinada, tal como por el  
termopar 19 que transmite una señal proporcional a la tempe  
5 ratura en el conductor 21 a un dispositivo receptor (no mos  
trado), o por el hecho de que la combustión de precalenta  
miento térmica ha tenido lugar durante un período de tiempo  
suficiente, una proporción principal del suministro de com  
bustible se desvía desde la boquilla de distribución 34<sup>o</sup> a  
10 la boquilla 40. Cuando ha tenido lugar el calentamiento su  
ficiente del catalizador, tal como al alcanzar una tempera  
tura de catalizador de al menos aproximadamente 680°C, y  
preferiblemente tanto como 1100°C, las señales simultáneas  
se vuelven a transmitir al controlador 30 y la válvula 44  
15 por los conductores 32 y 46, para abrir la válvula 26 a la  
posición indicada por las líneas de puntos y reducir sustan  
cialmente el flujo de combustible por la boquilla de distri  
bución 34 y en su lugar desviar una parte principal del com  
bustible a la boquilla 40. Deseablemente, habrá un retraso  
20 corto, pero finito, después de disminuir el flujo de combus  
tible desde la boquilla distribuidora 34 antes de introdu  
cir el combustible en la boquilla 40 de modo que evite el  
pre-encendido del combustible que sale de la boquilla 40,  
en condiciones en las que la velocidad de flujo de aire es  
25 insuficiente para extinguir la combustión térmica del combus  
tible en la boquilla distribuidora 34; si no hay retraso, el  
combustible que sale de la boquilla 40 puede llegar a infla  
marse antes de que la llama resultante de quemar el combus  
tible de la boquilla distribuidora 34 se haya reducido sufi  
cientemente en intensidad. Esto debe evitarse.  
30

1 La llama soportada por el combustible que conti-  
núa saliendo a una velocidad decreciente de la boquilla de  
distribución 34 se mantiene ardiendo durante un corto perío-  
do de tiempo para pre-calentar el aire proporcionando la va-  
5 porización del combustible líquido cuando sale de la boqui-  
lla 40 hasta que el aire que sale del intercambiador de ca-  
lor 18 está suficientemente caliente para vaporizar ese com-  
bustible. Después que se alcanza el encendido en la zona del  
catalizador, la combustión térmica proporcionada por el com-  
10 bustible que sale de la boquilla de distribución 34 sirve  
una función completamente diferente. Ya no sirve para calen-  
tar el cuerpo de catalizador, sino que sirve para ayudar la  
vaporización del combustible.

15 Cuando el sistema se hace completamente operacio-  
nal, el intercambiador de calor 18 es capaz de suministrar  
todo el precalentamiento necesario para vaporizar el combus-  
tible y la boquilla de distribución 34 puede desconectarse  
y terminarse la combustión con precalentamiento puramente  
térnico. El período normal de tiempo necesario para conti-  
20 nuar el precalentamiento de la boquilla de distribución 34  
después de que el combustible se desvía a la boquilla 40  
puede ser del orden de 30 segundos o considerablemente ma-  
yor, dependiendo de la temperatura inicial y la masa del in-  
tercambiador de calor 18.

25 Ha de entenderse que el método del presente inven-  
to puede llevarse a cabo con sistemas de turbina en los que  
el aire se suministra a la cámara de combustión desde el  
compresor directamente sin intercambio de calor. En dichos  
sistemas el aire del compresor típicamente está lo bastante  
30 caliente para la vaporización del combustible tan pronto co

1 mo la turbina alcanza la velocidad de operación.

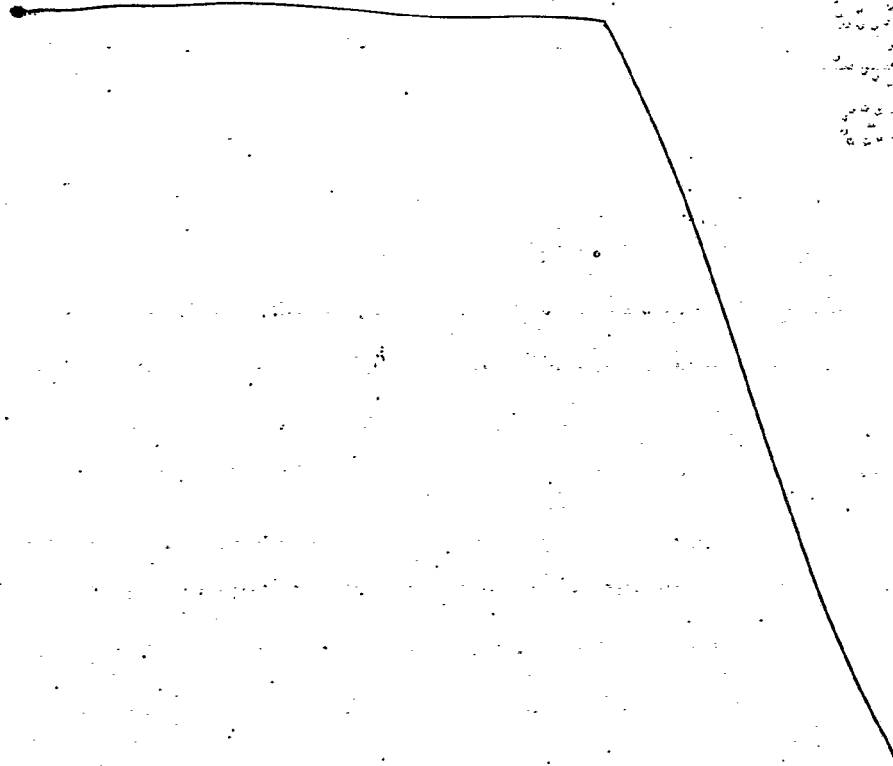
Una vez que se alcanza la combustión en la zona que contiene el catalizador, la mezcla de combustible-aire se hace pasar al catalizador a una velocidad de gas, antes  
5 o a la entrada del catalizador, superior a la velocidad máxima de propagación de la llama. Esto evita el retorno de la llama que origina la formación de  $\text{NO}_x$ . Preferiblemente esta velocidad se mantiene próxima a la entrada del catalizador. Las velocidades lineales de gas adecuadas son general  
10 mente superiores a aproximadamente 0,9 metros por segundo, pero deberá entenderse que pueden requerirse velocidades considerablemente mayores dependiendo de factores tales como temperatura, presión y composición.

15

20

25

30



1

## - REIVINDICACIONES -

5

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10

1ª.- Un sistema de turbina de gases que comprende una turbina de gases; medios para formar una mezcla de aire comprimido y combustible; una cámara de combustión que tiene un catalizador dispuesto en ella para recibir y quemar dicha mezcla formando un efluente de combustión; medios para calentar previamente dicho catalizador en ausencia sustancial de combustible sin quemar antes de la introducción de dicha mezcla en dicha cámara de combustión; y medios para suministrar dicho efluente de combustión para accionar dicha turbina.

15

20

2ª.- Un sistema de turbina de acuerdo con la reivindicación 1ª, en el que dichos medios para calentar previamente dicho catalizador comprenden una cámara de combustión térmica para quemar una mezcla de combustible y aire formando un efluente caliente sustancialmente libre de combustible sin quemar y medios para pasar dicho efluente caliente por dicho catalizador para calentar previamente dicho catalizador.

25

3ª.- Un sistema de turbina de gases.

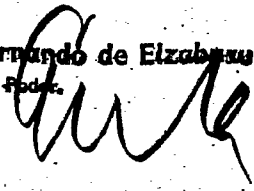
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de veintiseis hojas escritas  
a máquina por una sola cara.

Madrid, 09 FEB. 1978

P.A.

Fernando de Elizaso  
Por Fedat.



17018  
VGD.

FIG. I.



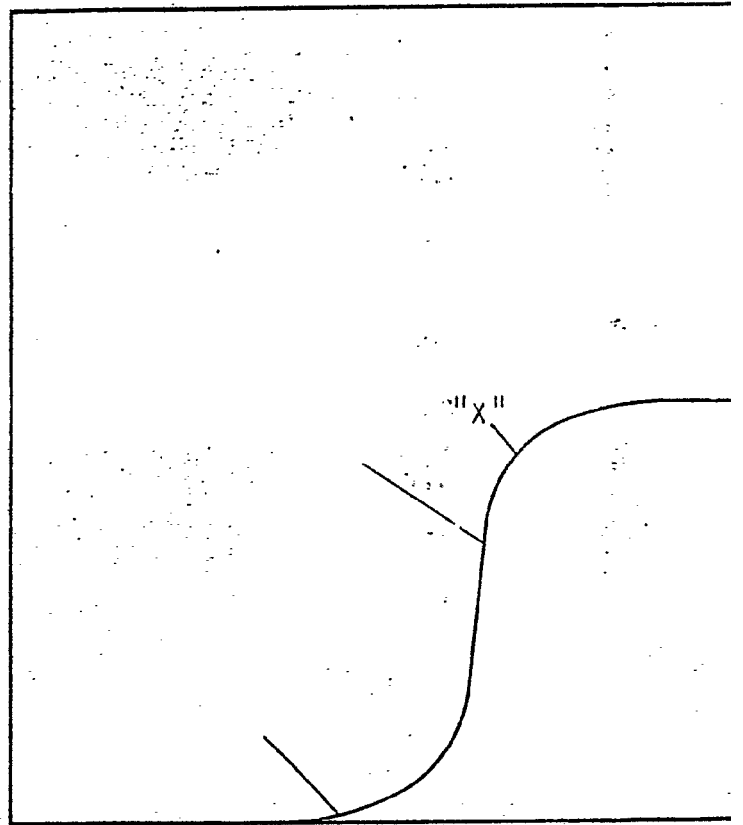
Ferruccio e Etraburo  
Per Poca



SPAIN

ENGELHARD MINERALS & CHEMICALS CORPORATION

FIG. I.



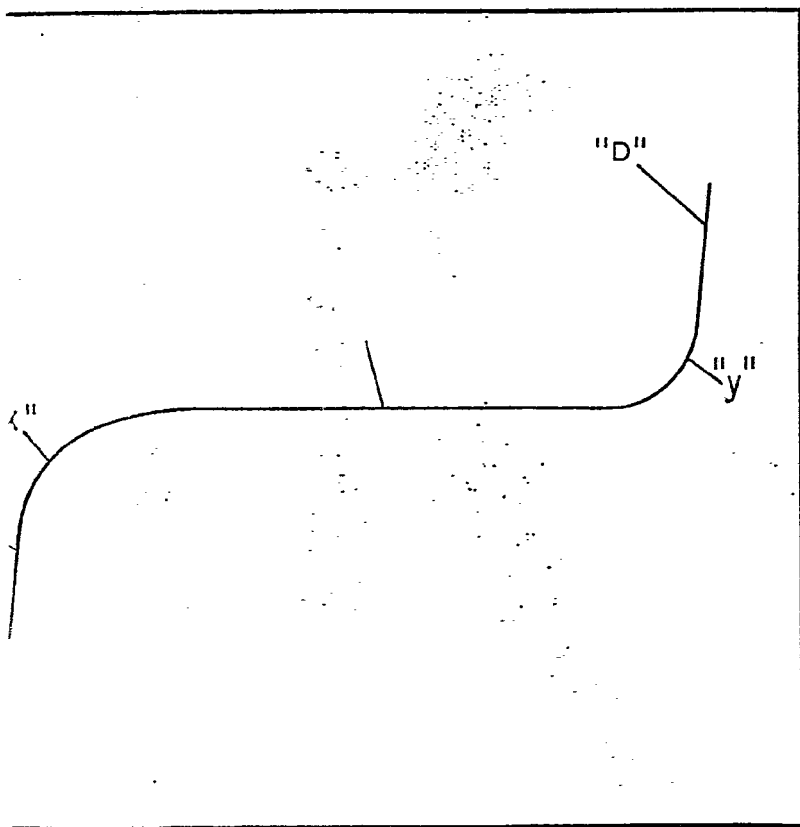
Handwritten scribbles or markings at the bottom of the page, possibly a signature or initials.

SPAIN

SECTION

I/II

67882



Fernando de Elzabur  
Por Poder

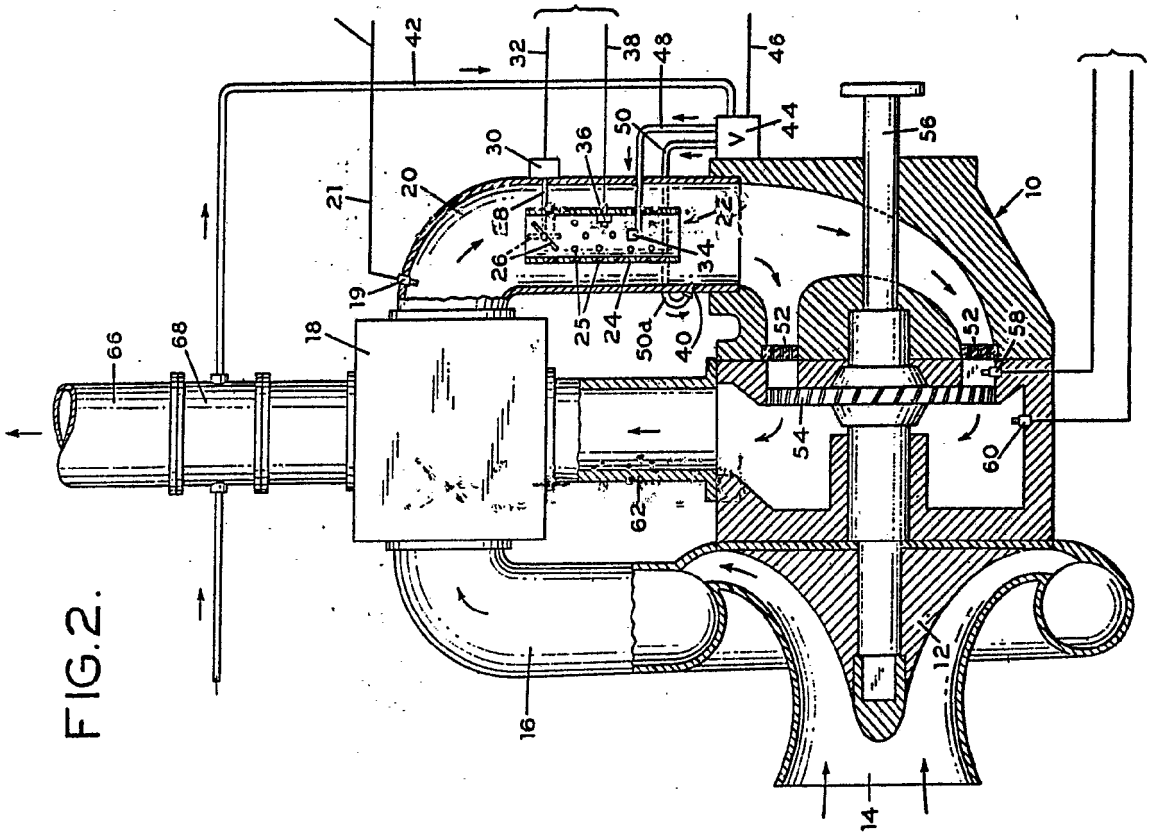
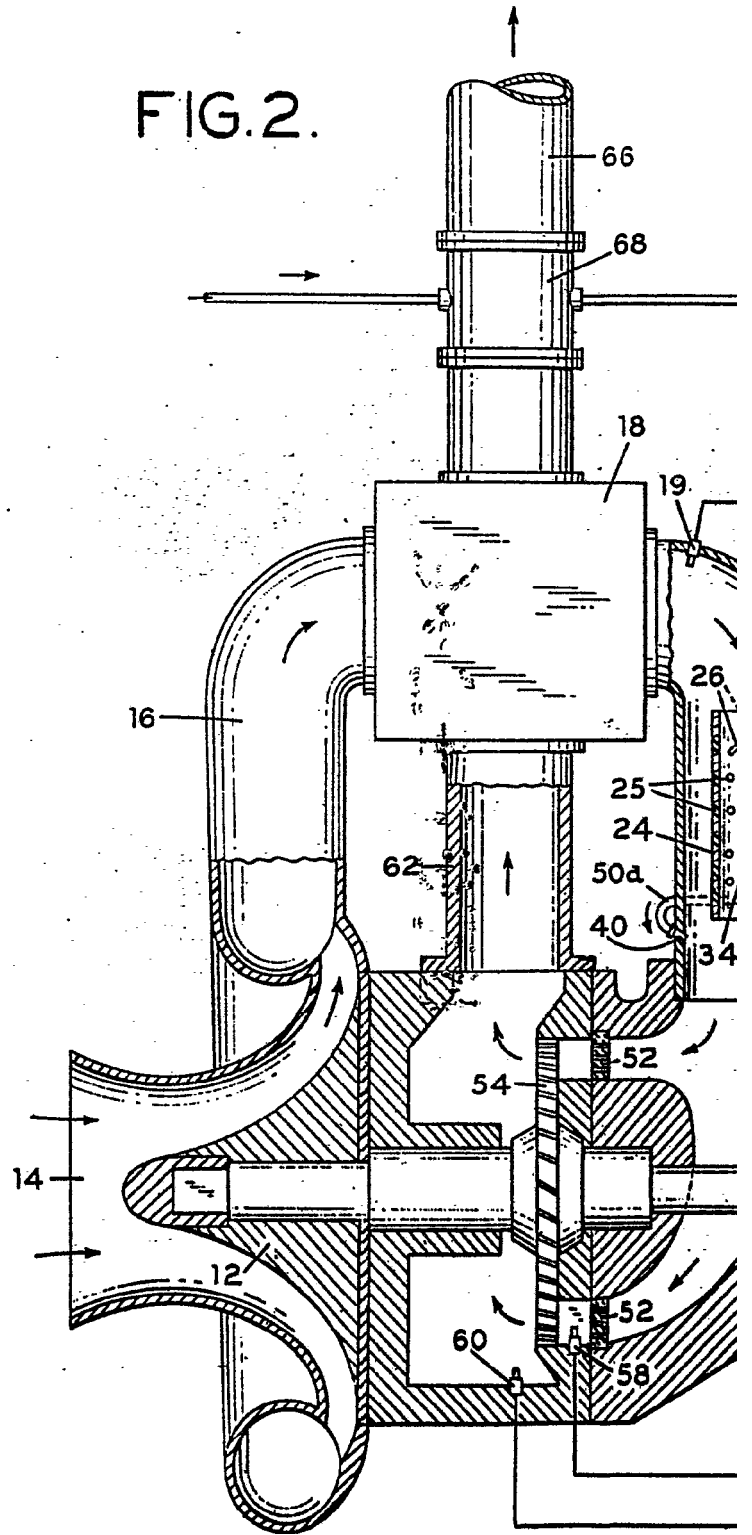
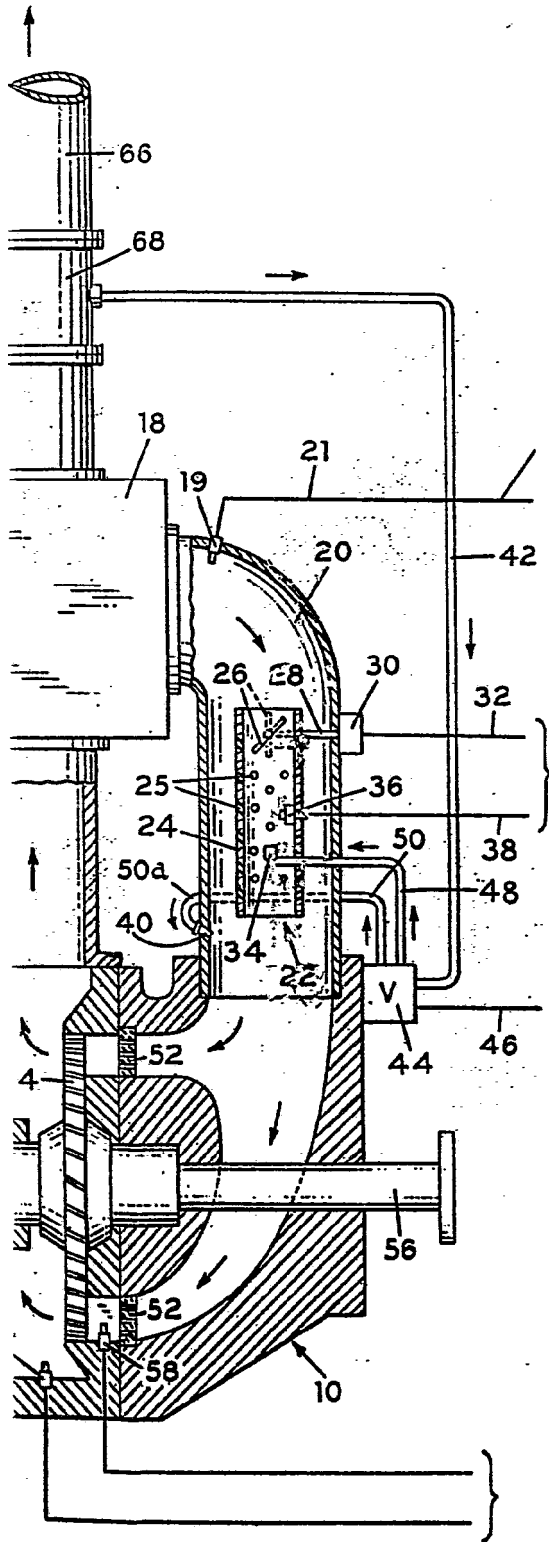


FIG. 2.

*Handwritten signature or mark*

FIG.2.





*Handwritten signature or mark*