

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 876**

51 Int. Cl.:

**F02B 1/12**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08828197 .7**

96 Fecha de presentación: **01.09.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2201231**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.06.2010**

54 Título: **Sistema de motor y procedimiento para la combustión sustancialmente libre de NOx de un carburante en un motor de encendido por compresión**

30 Prioridad:  
**30.08.2007 US 968899 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.06.2012**

73 Titular/es:  
**Cool Flame Technologies AS  
Martin Linges vei 35  
1367 Snaroya, NO**

72 Inventor/es:  
**ØVREBØ, Dag;  
VOM SCHLOSS, Heide Pohland y  
LUCKA, Klaus**

74 Agente/Representante:  
**Curell Aguilá, Mireia**

**ES 2 383 876 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de motor y procedimiento para la combustión sustancialmente libre de NOx de un carburante en un motor de encendido por compresión.

5 La presente invención se refiere a un sistema de motor con emisiones de NOx reducidas en el gas de escape y a un procedimiento para reducir el contenido en NOx del gas de escape. La presente invención también se refiere a la utilización de un sistema de motor y a un procedimiento para la combustión sustancialmente libre de NOx.

10 La llama fría es un fenómeno que no ha recibido hasta la fecha demasiada atención. En una llama fría, el carburante se oxida parcialmente en aire precalentado y se mantiene la temperatura constante a aproximadamente 450°C, y es independiente de la relación aire/carburante y el tiempo de residencia. En el proceso de llama fría, sólo se libera entre el 2 y el 20% del poder calorífico del carburante, y se utiliza este calor para evaporar el carburante, proporcionando un carburante gaseoso homogéneo. Durante el trabajo de desarrollo, se ha observado que el gas  
15 podía retirar depósitos carbonosos de las paredes del reactor. El motivo de esto no se ha establecido aún, pero se cree que se debe a radicales libres que están presentes en el gas de llama fría, es decir el carburante gaseoso parcialmente oxidado.

20 Puede hallarse una descripción más completa del fenómeno de gas de llama fría en la patente US nº 6.793.693.

El gas de escape procedente de motores de encendido por compresión (a menudo denominados de manera imprecisa motores diésel), que funcionan con aire en exceso, contiene principalmente partículas, NOx y productos de combustión incompleta (HC y CO).

25 NOx sólo puede eliminarse de manera catalítica si el gas de escape es ligeramente reductor (como en un motor Otto). Esto no es el caso normalmente en un motor de encendido por compresión.

Una manera conocida de reducir las emisiones de NOx en un motor diésel es recircular parte del gas de escape de vuelta al motor (EGR). Aunque esto funciona para motores diésel más pequeños que funcionan con carburante diésel limpio, no resulta práctico para motores más grandes que funcionan con fueloil pesado puesto que producirán partículas en el gas de escape que se mezclarán con el aceite lubricante y producirán un desgaste prematuro del motor. Los intentos de insertar un filtro en el circuito cerrado de EGR no han sido satisfactorios puesto que el gas de escape también contiene sales y otros compuestos metálicos que se fundirán durante la regeneración del filtro (cuando se aumenta la temperatura hasta por encima de los 800°C) y producen un daño permanente al filtro.

35 Aunque el procedimiento anterior reduce la formación de NOx, también es posible eliminar NOx insertando un absorbente de NOx, tal como se describe en varios documentos de patente, por ejemplo la patente US nº 5.974.791. Puede prepararse un absorbente de NOx a partir de carbonato de bario. Durante la absorción, el absorbente se convierte en nitrato de bario y libera CO<sub>2</sub> al mismo tiempo. Cuando se satura el absorbente, puede regenerarse utilizando CO porque el nitrato de bario se convierte de nuevo en carbonato de bario y se libera gas de N<sub>2</sub>.

También se sabe que puede reducirse NOx utilizando un concepto de doble carburante en el que se inyecta gas natural en la corriente de aire de entrada y se inyecta la mezcla de gas/aire con una llama piloto para diésel. Ejemplos de este trabajo realizado por Wartsila en motores para barcos grandes y Caterpillar/Clean Aire Partners en motores diésel para camiones. Wartsila demuestra una reducción en NOx de desde 12,5 g/kWh hasta 1,3 kWh (véase la figura 1). Se reduce el nivel de NOx con una relación aire/carburante creciente y el límite superior es de aproximadamente 2, limitado por un fallo de encendido. Se han logrado resultados similares por otras personas. Aunque esto funciona bien para aplicaciones estacionarias en las que está disponible fácilmente gas natural, resulta poco práctico para barcos debido a los costes asociados con el almacenamiento de gas natural (habitualmente como GNL). Utilizando la tecnología de llama fría, es posible lograr la misma reducción de NOx con un único carburante, que puede almacenarse fácilmente en barcos.

50 En el artículo "Homogeneous diesel combustion with external mixture formation by a cool flame vaporizer" de Heike Puschmann *et al.*, *copyright* SAE 2006, se presenta un estudio en el que se vaporiza un carburante diésel en un vaporizador de llama fría para formar un gas de llama fría que se somete a combustión en el motor diésel. El estudio concluye que el funcionamiento del motor diésel con una mezcla de gas de llama fría y aire reduce la formación de NOx y humo significativamente en comparación con dos estrategias de combustión diésel a baja temperatura basadas en la inyección directa de carburante; el encendido por compresión de carga premezclada (PCCI) y la combustión tardía a baja temperatura (LLTC).

60 En este artículo, el objetivo era formar una mezcla de aire/carburante que produjese autoencendido tras compresión. Aunque es posible hallar un punto operativo (velocidad y carga) en el que esto es posible, es difícil controlar y operar un motor de este tipo con velocidad y carga variables. En la presente invención, se elige la relación aire/carburante de modo que la mezcla no produzca autoencendido con compresión debido a que es demasiado pobre, mismo principio que un motor de doble carburante de gas natural (véase la figura 1). Inyectando una pequeña cantidad de carburante líquido en el motor como con un motor de doble carburante, el carburante inyectado funciona como una

llama piloto y encenderá la mezcla de gas de llama fría premezclada y comprimida. El funcionamiento del motor en tales condiciones conducirá a una reducción en las emisiones de NOx, similar a lo que puede lograrse mediante un motor de doble carburante de gas natural.

5 Con el fin de garantizar el autoencendido, sin embargo, el motor presentado en el artículo de Heike Puschman *et. al.* debe hacerse funcionar con una mezcla de carburante/aire rica, lo que conduce a un aumento de la formación de NOx en el gas de escape.

10 El documento DE 10240234 A1 da a conocer un motor diésel en el que, tal como se muestra en la figura 2, se inyecta gas de llama fría, aire y carburante diésel adicional por separado en la cámara de combustión en la que se mezclan el gas de llama fría, aire y carburante diésel adicional antes de que tenga lugar la combustión. En otras palabras, es una mezcla de gas de llama fría y carburante diésel que se somete a combustión. El gas de llama fría se alimenta a la cámara de combustión independientemente del aire, cuando el pistón está cerca de la parte superior, lo que es una desventaja puesto que el gas de llama fría debe presurizarse y surgirán problemas para mantenerlo en estado gaseoso (la presión justo antes de que el pistón alcance la posición superior es de aproximadamente 100 bares). El documento DE 10240234 A1 da a conocer adicionalmente que regulando la adición de aire y carburante diésel, puede regularse la mezcla de carburante en la cámara de combustión, es decir existe una mezcla de gas de llama fría y carburante que está sometiéndose a combustión. También se da a conocer que se inyecta directamente carburante en la cámara de combustión en una "dieseltypischer Einspritzung" (inyección típica para diésel), que debe interpretarse como una inyección convencional de carburante para la combustión sin una inyección piloto de carburante. Esto también está respaldado en el párrafo 0010 en el que se da a conocer que mediante una adición dosificada de gas de llama fría, puede regularse la reactividad del carburante y mantenerse de ese modo un modo de combustión HCCI a lo largo de un amplio intervalo de cargas y velocidades de rotación. En otras palabras, se utiliza la reactividad del gas de llama fría para reducir el retardo de encendido, pero no hay llama piloto que produzca el encendido de la mezcla de carburante.

20 El documento JP 2001123871 A da a conocer un motor diésel con inyección piloto para reducir los niveles de ruido. Se detecta el nivel de ruido de la combustión en el motor y basándose en el nivel de ruido detectado, se ajusta la cantidad de carburante piloto inyectado. La inyección piloto de carburante diésel para la reducción de ruido no está, sin embargo, relacionada en modo alguno con la utilización de un gas de llama fría y una inyección piloto de carburante para reducir la formación de NOx.

30 Es por tanto un objetivo de la presente invención proporcionar un motor diésel en el que se reducen las desventajas mencionadas anteriormente.

35 Este objetivo se alcanza mediante la presente invención según se define en las reivindicaciones independientes. Se definen formas de realización adicionales de la invención en las reivindicaciones dependientes.

40 Se proporciona un sistema de motor que comprende

- un motor de encendido por compresión que incluye por lo menos una cámara de combustión,
- un vaporizador de llama fría en el que un carburante se oxida parcialmente en aire precalentado para formar un gas de llama fría, estando el vaporizador de llama fría en comunicación fluidicas con la cámara de combustión del motor de encendido por compresión, y
- unos medios para suministrar aire de manera que el gas de llama fría puede mezclarse con el aire adicional antes de inyectarse en la cámara de combustión.

50 El sistema de motor comprende además unos medios para inyectar un carburante piloto a la cámara de combustión, produciendo de ese modo una llama piloto en la cámara de combustión que enciende la mezcla de gas de llama fría y aire.

55 El sistema de motor también puede comprender un reformador en el que el gas de llama fría se reforma por lo menos parcialmente para formar hidrógeno. Esto hará que el carburante sea más combustible. El reformador puede ser un reformador convencional para reformar una sustancia hidrocarbonada.

60 También se proporciona un procedimiento para una combustión sustancialmente libre de NOx en un motor de encendido por compresión que incluye por lo menos una cámara de combustión, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- producir un gas de llama fría a partir del carburante y el aire precalentado,
- mezclar el gas de llama fría con aire adicional,
- inyectar la mezcla de gas de llama fría y aire en la por lo menos una cámara de combustión.

Para el encendido de la mezcla de gas de llama fría y aire, el procedimiento comprende además la etapa de proporcionar una llama piloto en la cámara de combustión inyectando un carburante piloto.

5 El procedimiento comprende además la etapa de reformar por lo menos parcialmente el gas de llama fría para formar hidrógeno antes de inyectarlo en el motor de encendido por compresión, haciendo de ese modo que la mezcla de carburante y aire sea más combustible.

10 El procedimiento comprende además la etapa de utilizar el mismo carburante para producir el gas de llama fría y la llama piloto. Esto significa que por ejemplo los barcos, que llevan carburante diésel, pueden hacer funcionar sus motores diésel con un gas de llama fría.

También se proporciona una utilización del sistema de motor en la que el carburante es diésel o fueloil pesado.

15 También se proporciona una utilización del procedimiento para una combustión sustancialmente libre de NOx en la que el carburante es diésel o fueloil pesado.

20 Anteriormente, sólo se ha mencionado un gas de llama fría producido por un vaporizador de llama fría. Una llama fría es un procedimiento para obtener un gas de carburante parcialmente oxidado entre varios de otros gases de carburantes parcialmente oxidados con las mismas propiedades.

A continuación, se da a conocer una realización de la invención en detalle con referencia a las figuras adjuntas en las que

25 la figura 1 es un gráfico que ilustra la ventana operativa para el motor de encendido por compresión.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una realización de la presente invención.

30 En la figura 1, hay una ilustración del trabajo realizado por Wärtsilä con un motor para barco de doble carburante grande. En esta figura, se ilustra la ventana operativa en la que puede observarse que proporcionando una mezcla pobre de carburante y aire, puede aumentarse la relación de compresión sin autodetonación ni fallo de encendido.

35 Se ilustra esquemáticamente una realización de la invención en la figura 2. Se proporciona un vaporizador 40 de llama fría en el que un carburante se oxida parcialmente en aire precalentado para formar un gas de llama fría. El gas de llama fría resultante es un carburante gaseoso, mezclado homogéneamente.

40 También se proporciona un suministro de aire 50 que se conecta al vaporizador de llama fría a través del conducto de fluido 42. Se proporcionan medios de válvula 41 para controlar el flujo de aire desde el suministro de aire 50 al vaporizador 40 de llama fría.

45 También se proporciona un suministro de carburante 30 para el suministro de diésel o fueloil pesado. El suministro de carburante 50 se conecta al vaporizador de llama fría a través del conducto de fluido 53. Medios de válvula 56 controlan el flujo de carburante al vaporizador 40 de llama fría.

50 Un conducto de fluido 45 conecta el vaporizador 40 de llama fría a un motor 20 de encendido por compresión. El suministro de aire 50, o posiblemente un suministro de aire diferente (no mostrado) también se conecta al motor 20 de encendido por compresión. Antes de alimentarse al motor 20, el gas de llama fría se mezcla con aire adicional procedente del suministro de aire. Medios de válvula 44 controlan el flujo de aire al motor 20 de encendido por compresión, mientras que medios de válvula 48 controlan el flujo de gas de llama fría desde el vaporizador 40 de llama fría al motor 20 de encendido por compresión.

55 También se proporciona un conducto de fluido 52 de manera que el carburante procedente del suministro de carburante también puede alimentarse directamente al motor de encendido por compresión como una llama 22 piloto. Medios de válvula 55 controlan el flujo de carburante desde el suministro de carburante 30 al motor 20.

En la presente invención, el carburante se utiliza, en otras palabras, para proporcionar un gas de llama fría y para proporcionar una llama piloto para garantizar la combustión correcta de la mezcla de gas de llama fría y aire.

**REIVINDICACIONES**

1. Sistema de motor que comprende

- 5 - un motor (20) de encendido por compresión que incluye por lo menos una cámara de combustión,  
- un vaporizador (40) de llama fría, en el que un carburante se oxida parcialmente en aire precalentado para formar un gas de llama fría, estando el vaporizador (40) de llama fría en comunicación fluidica con la cámara de combustión del motor (20) de encendido por compresión,  
10 - unos medios (43, 44) para suministrar aire de manera que el gas de llama fría pueda mezclarse con el aire adicional antes de inyectarse en la cámara de combustión,  
caracterizado porque el sistema de motor comprende además unos medios para inyectar un carburante piloto en la cámara de combustión, produciendo de ese modo una llama piloto en la cámara de combustión que enciende la mezcla de gas de llama fría y aire.

2. Aparato de sistema de motor según la reivindicación 1, caracterizado porque el sistema de motor comprende un reformador, en el que el gas de llama fría se reforma por lo menos parcialmente para formar hidrógeno, haciendo de ese modo que el carburante sea más inflamable.

3. Procedimiento para la combustión sustancialmente libre de NOx de un carburante en un motor (20) de encendido por compresión que incluye por lo menos una cámara de combustión, comprendiendo el procedimiento las siguientes etapas:

- 25 - producir un gas de llama fría a partir del carburante y el aire precalentado,  
- mezclar el gas de llama fría con aire adicional,  
30 - inyectar la mezcla de gas de llama fría y aire en dicha por lo menos una cámara de combustión,  
caracterizado porque el procedimiento comprende además la etapa siguiente:  
- proporcionar una llama (22) piloto en la cámara de combustión, inyectando un carburante piloto, para el encendido de la mezcla de gas de llama fría y aire.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque reforma por lo menos parcialmente el gas de llama fría para formar hidrógeno, haciendo de ese modo que la mezcla de carburante y aire sea más combustible.

5. Procedimiento según la reivindicación 3 ó 4, caracterizado porque utiliza el mismo carburante para producir el gas de llama fría y la llama piloto.

6. Utilización del sistema de motor según una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que el carburante es diésel o fueloil pesado.

7. Utilización del procedimiento según una de las reivindicaciones 3 a 5, en la que el carburante es diésel o fueloil pesado.

8. Utilización de inyección piloto de un carburante en un motor (20) de encendido por compresión que se hace funcionar con una mezcla de un gas de llama fría y aire, para el encendido de la mezcla de gas de llama fría y aire.

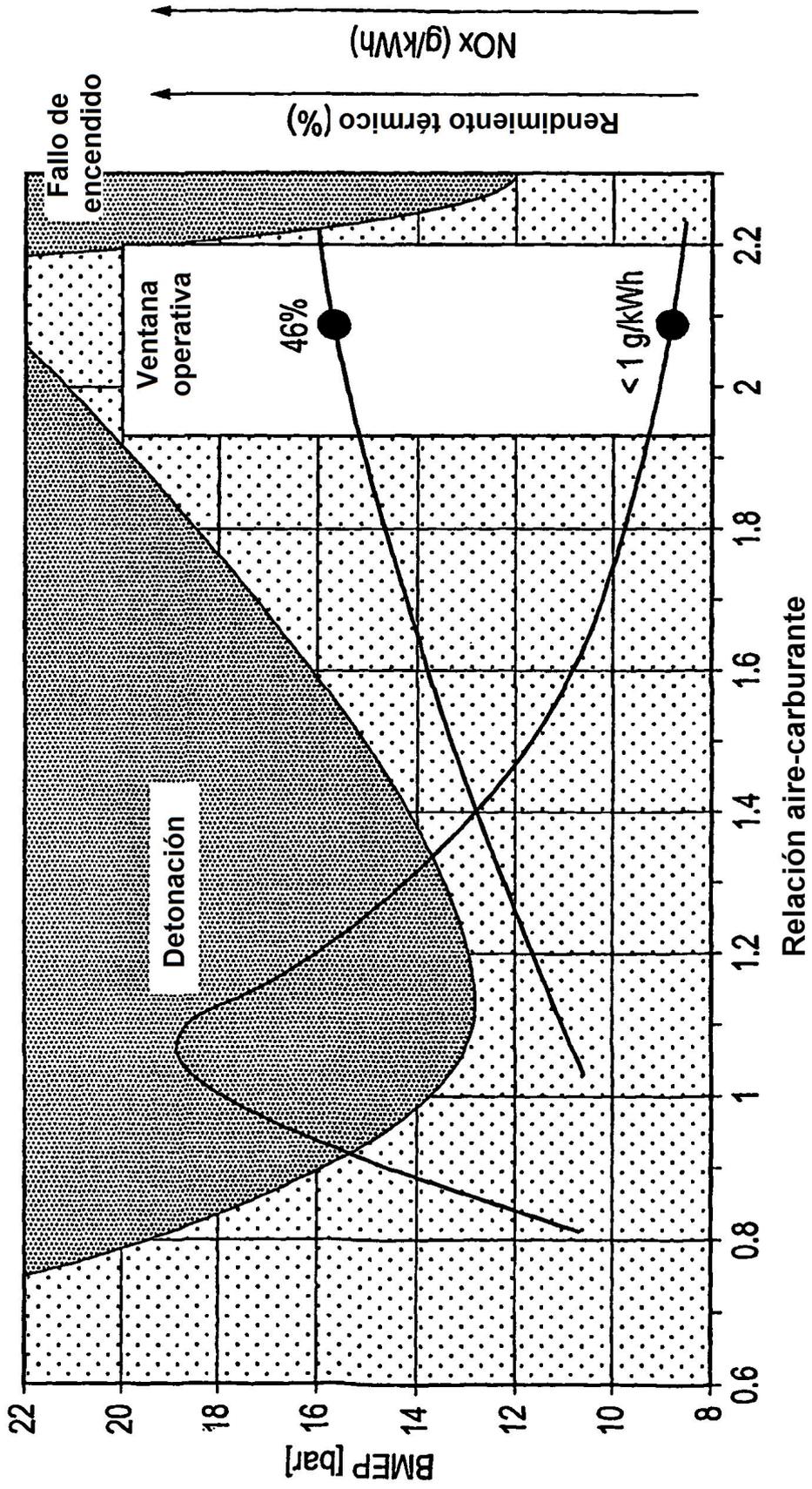


FIG. 1

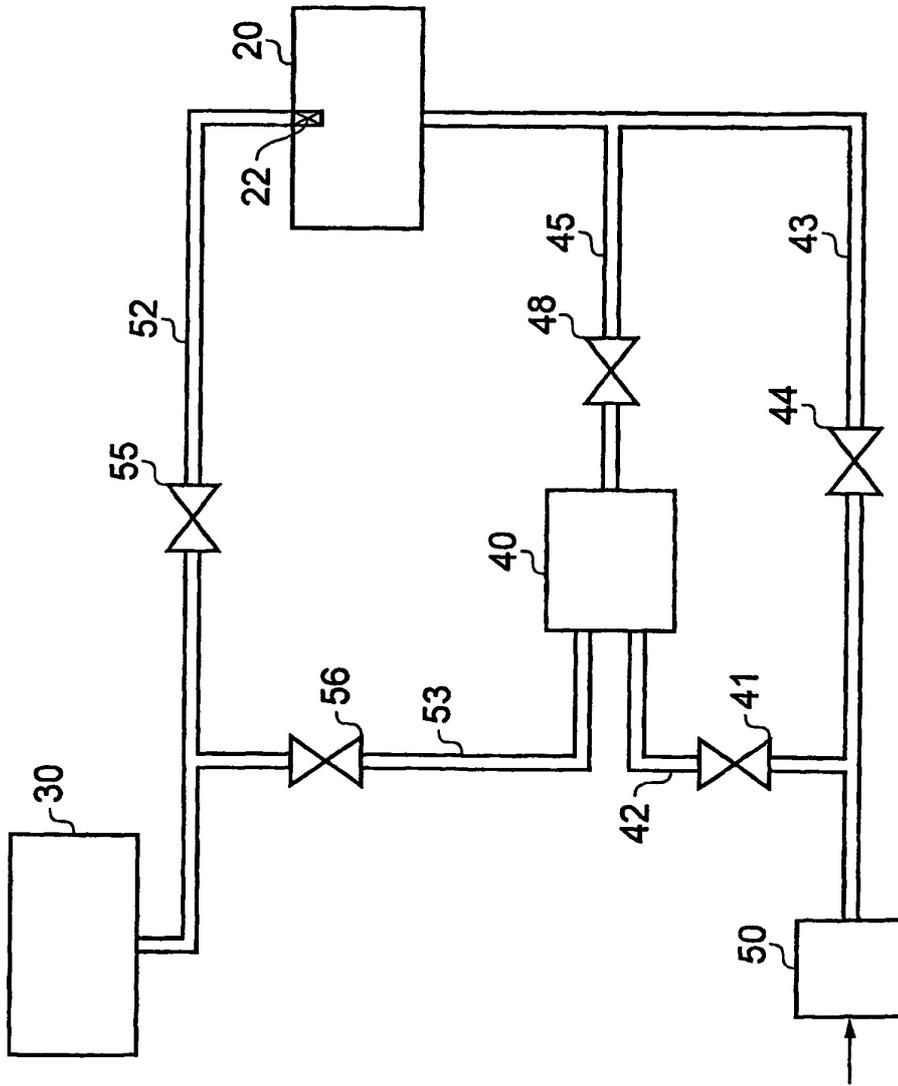


FIG. 2