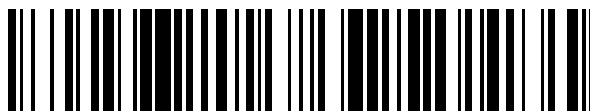


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 670 654**

51 Int. Cl.:

B01B 1/06	(2006.01)
F01N 5/02	(2006.01)
F01K 23/10	(2006.01)
F22G 7/14	(2006.01)
F28D 21/00	(2006.01)
F01K 23/06	(2006.01)
F22B 27/16	(2006.01)
F22B 37/60	(2006.01)
F28F 1/40	(2006.01)
F28D 7/10	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.10.2012 PCT/CA2012/000948**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **18.04.2013 WO13053048**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2012 E 12839882 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 2812631**

54 Título: **Aparato de vaporización**

30 Prioridad:

13.10.2011 US 201161546952 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

31.05.2018

73 Titular/es:

**TINMAN INC. (100.0%)
206 W. Ellen
Garden City, ID 83714, US**

72 Inventor/es:

**WEIGOLD, THEODORE y
TOUCHETTE, SHANE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 670 654 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

Aparato de vaporización

5 Esta invención se refiere a un aparato de vaporización que puede ser usado, por ejemplo, en un motor de ciclo de Rankine para generar electricidad a partir de calor residual usando una turbina. Tal calor residual con frecuencia está disponible a partir de gases de escape de distintos sistemas de combustión, tales como motores de combustión interna de hornos, pero otras fuentes de calor pueden ser usadas. Otros usos del gas vaporizado, típicamente vapor de agua, son también posibles.

Antecedentes de la invención

10 BMW ha trabajado en este campo, y a él pertenecen las propuestas de al menos las patentes norteamericanas 6834503 (Freyman) y 7520133 (Hoetger).

La solicitud de patente norteamericana 2009/0282827 A1 describe un dispositivo de ahorro de gas de acelerador de refuerzo que recupera la energía de escape de un motor de combustión interna, en el que la fuerza de escape y la energía térmica residual de gases de escape es utilizada para supercalentar un dispositivo con el fin de transformar agua en energía de vapor de manera instantánea.

15 El documento US2011/0056198 A1 se refiere a un método y un aparato para captar energía térmica residual de un motor de combustión interna para convertir agua en estado líquido en agua en estado gaseoso, cuya presión resultante es usada para accionar un compresor de aire de accionamiento mediante vapor.

20 La solicitud de patente norteamericana 2010/0083658 A1 describe un motor y un método para hacerlo funcionar, comprendiendo el motor una cámara definida por al menos una pared fija y al menos una pared móvil cuyo movimiento hace variar el volumen de la cámara. Es descrito también un inyector destinado a inyectar líquido en la cámara cuando la cámara presenta un volumen sustancialmente mínimo; un aparato mediante el cual se introduce energía que es absorbida por el fluido, que entonces se vaporiza de manera explosiva realizando trabajo sobre la pared móvil; y un aparato que devuelve la pared móvil a la posición anterior al trabajo realizado para que la cámara presente el volumen sustancialmente mínimo.

25 La solicitud internacional WO 88/04390 A1 describe un sistema de fluido que comprende un dispositivo de control de flujo, medios para proporcionar una altura de columna de fluido al dispositivo de control de flujo y medios para usar fluidos. El dispositivo de control de flujo comprende una cámara con una entrada y una salida, y medios de válvula asociados con la salida para dirigir fluido desde la salida a los medios para usar fluido o a medios de alivio.

30 Pero persiste la dificultad de proporcionar un intercambiador de calor que extraiga calor con eficacia adecuada para hacer que este sistema funcione de manera eficaz. Un intercambiador de calor típico usa tubos, frecuentemente con aletas, para transmitir calor desde el medio de calentamiento al líquido contenido en el tubo, de manera que el líquido del tubo sea evaporado y descargado en forma de vapor por el extremo alejado del tubo.

Compendio de la invención

35 Un objeto de la invención consiste en proporcionar un método de evaporación de líquido mejorado para generar vapor usado típica pero no necesariamente para accionar una turbina.

De acuerdo con un aspecto de la invención se ofrece un método de evaporación de un líquido para generar un vapor a presión de acuerdo con la reivindicación 1.

40 Se prefiere que la temperatura en la celda sea superior a 121°C con el fin de generar vapor supercalentado de manera instantánea. Además, la temperatura se mantiene muy por encima de 100°C para evitar la pérdida de calor que en las conducciones de turbinas causa condensación no deseable.

Preferiblemente la presión en la celda se mantiene por encima de 276 kPa, preferiblemente por encima de 345 kPa y preferiblemente por encima de 689 kPa.

Preferiblemente el flujo de líquido es controlado mediante un inyector a presión mayor que la presión de alivio.

45 Preferiblemente el inyector presenta una frecuencia de inyección controlada para proporcionar una cantidad de líquido requerida.

Preferiblemente hay prevista una válvula de alivio aguas abajo de la salida, que cumple la función de mantener la presión.

Preferiblemente la válvula de alivio se abre y cierra con un régimen que mantiene la presión entre un valor superior de apertura de válvula y un valor inferior de cierre de válvula.

ES 2 670 654 T3

Preferiblemente la válvula de alivio está destinada a controlar la presión y temperatura de alivio en la celda de manera que en ella no haya líquido.

Preferiblemente hay previstas una pluralidad de celdas, cuyas salidas están conectadas de manera conjunta.

- 5 Preferiblemente cada celda dispone de una válvula de presión de retorno que funciona con un régimen determinado por la presión en dicha celda para generar descargas periódicas de vapor, y la salida de las celdas es recogida en forma de corriente continua.

Preferiblemente la fuente de calor comprende un motor de combustión interna de múltiples cilindros con una pluralidad de conductos de escape, estando previstas una pluralidad de celdas dispuestas de manera secuencial en cada conducto de escape.

- 10 Preferiblemente el líquido de entrada es controlado mediante inyectores, cada uno de los cuales suministra líquido a una pluralidad de celdas en posición común en los conductos.

Preferiblemente están previstos elementos para controlar la transmisión de calor desde un conducto a cada celda, estando dispuestos los elementos de manera que la transmisión de calor en celdas subsiguientes del mismo conducto de escape sea incrementada.

- 15 Preferiblemente el flujo de líquido de entrada es controlado mediante inyectores, cada uno de los cuales suministra líquido a una o más celdas y es controlado mediante un ordenador de control del motor para que suministre líquido de acuerdo con un régimen dependiente de parámetros del motor.

Preferiblemente el líquido es inyectado mediante una tobera en la pared exterior, sobre la pared interior.

Preferiblemente la salida de vapor está prevista en la pared exterior.

- 20 Preferiblemente la pared exterior está desplazada axialmente con respecto a la pared interior de manera que una superficie interior de la pared exterior esté en contacto con una superficie exterior de la pared interior en un lado de las paredes interior y exterior.

Preferiblemente están previstos elementos en el conducto y por el interior de la pared interior para controlar en el conducto la transmisión de calor del gas a dicha pared interior y a través de ella.

- 25 De acuerdo con un aspecto que no forma parte de la invención se proporciona un método de evaporación de un líquido para generar una corriente continua de vapor a presión, que comprende:

proporcionar una pluralidad de celdas, cada una de las cuales presenta una superficie en contacto con una fuente de calor;

inyectar el líquido en cada una de las celdas;

- 30 por el que cada celda dispone de una válvula de presión de retorno que se abre y cierra con un régimen determinado por la presión en la celda para generar descargas periódicas de vapor;

y, comúnmente, recoger la salida de al menos algunas de las celdas para formar una corriente continua.

De acuerdo con un aspecto que no forma parte de la invención se proporciona un método de evaporación de un líquido para generar una corriente continua de vapor a presión, que comprende:

- 35 proporcionar al menos un conducto a través del cual pasen gases calentados por una fuente de calor;

proporcionar una serie de celdas en el conducto, presentando cada celda una pared interior que define el conducto a través del cual pasan los gases calentados y una pared exterior que rodea la pared interior, definiendo una cámara entre ellas;

- 40 inyectar el líquido en cada una de las celdas de manera que sea aplicado sobre la superficie interior para su vaporización repentina;

y recoger la salida de al menos alguna de las celdas para formar una corriente;

y por el que la pared exterior está desplazada axialmente con respecto a la pared interior de manera que una superficie interior de la pared exterior esté en contacto con una superficie exterior de la pared interior en un lado de las paredes interior y exterior.

- 45 Preferiblemente la pared exterior de una celda de las series de celdas está separada de la pared exterior de la siguiente mediante un separador en forma de creciente.

De acuerdo con un aspecto que no forma parte de la invención se proporciona un método de evaporación de un líquido para generar una corriente continua de vapor a presión, que comprende:

proporcionar al menos un conducto a través del cual pasen gases calentados por una fuente de calor;

5 proporcionar una serie de celdas en el conducto que presenten, cada una, una superficie interior definida por el conducto y una superficie exterior que rodea el conducto;

inyectar el líquido en cada una de las celdas de manera que sea aplicado sobre la superficie interior para su vaporización repentina;

y recoger la salida de al menos algunas de las celdas para formar una corriente;

10 estando previstos elementos dentro del conducto y por el interior de la pared interior para controlar en el conducto la transmisión de calor del gas a la pared interior.

Dentro del conducto los elementos comprenden, preferiblemente, aletas montadas en la pared interior, desde la cual se extienden hacia dentro.

Dentro del conducto los elementos comprenden, preferiblemente, barras que forman puentes en el conducto y conectadas por cada extremo con la pared interior.

15 Preferiblemente hay prevista al menos una aleta helicoidal que interconecta las barras.

El punto clave consiste en que la celda ha de causar la evaporación repentina simultánea muy rápida, esencialmente instantánea, del líquido para formar el gas. Para ello, en ningún caso ha de permitirse que la temperatura de la celda caiga de modo que la evaporación repentina se interrumpa y se acumule líquido. De ese modo, se introduce el líquido en toda la celda en vez de en un extremo. El sistema está previsto de manera que la cantidad de calor de la fuente de calor se adapte a la inyección de líquido para maximizar el calor extraído sin que parte alguna de la celda se enfríe a una temperatura que interrumpa la evaporación repentina en esa zona.

20 Típicamente el líquido es agua pero pueden ser usados otros líquidos cuyas características sean más adecuadas para el uso final previsto.

La forma de la celda puede variar en gran medida por su reducido efecto en su capacidad operativa, controlada mediante la presión de retorno en la celda y la inyección del líquido en pequeñas corrientes o chorros de líquido adicional en el vapor a presión supercalentado dentro de la celda. Las superficies pueden ser paralelas de manera que la distancia sea constante y el líquido puede ser pulverizado desde una superficie en dirección a otra, pero esto tampoco es esencial. Esto permite al calor de las superficies llegar al interior de la celda y causar la evaporación repentina. La distancia entre las superficies también puede variar ampliamente, y a modo de ejemplo las superficies podrían estar configuradas con ranuras u ondulaciones que optimicen la zona de contacto con una fuente de calor. En otros términos, hay maneras de incrementar el área interior de la celda, incrementando así la generación de vapor y controlando/determinando el régimen de transmisión de calor.

30 Preferiblemente las celdas se disponen extremo con extremo en torno a una fuente de calor. Pero son posibles otras disposiciones, pudiendo estar prevista la fuente de calor entre dos celdas, o dos o más celdas pueden estar apiladas una encima de otra. Distintas disposiciones pueden preverse del modo requerido para maximizar el calor extraído de la fuente.

40 Preferiblemente el líquido es inyectado por un único sitio en la celda mediante un único inyector. Pero en algunos casos pueden preverse otros inyectores en diferentes posiciones en la celda de manera que toda la celda sea usada para generar el vapor. Para este fin, el líquido puede ser inyectado a través de una superficie, de las dos superficies o por los bordes de la celda, también para que toda la celda sea usada.

45 En casos tales como un colector de escape, la celda se hace de fundición de manera que una pared esté formada por el propio colector mientras que la otra pared que define la segunda superficie esté prevista a modo de capa de cubierta separada. De esta manera un colector de fundición que incorpore una celda puede ser configurado de manera que se adapte precisa y uniformemente a un colector existente sin interferir con su diseño o función, incluyendo el colector de fundición resultante la capa exterior que define la celda a modo de capa o envoltura adicional. En algunos casos los flujos de gas en el colector no son modificados por aletas u otras obstrucciones que pudieran interferir en el funcionamiento apropiado del motor u otra construcción o fuente que genere el calor. Así, la primera superficie de un ejemplo es cilíndrica. Pero en algunos casos, aletas, barras y otros diseños de obstrucción pueden ser usados para facilitar la transmisión de calor a la pared interior que rodea el conducto. En este caso la forma y diseño del colector puede tener que ser cambiado para acomodar las obstrucciones, que puedan interferir en el flujo de escape, con el fin de evitar un aumento inaceptable de la presión de retorno en las aberturas de escape.

50 Típicamente una pared está directamente en contacto con la fuente de calor, y cuando sea posible las dos paredes. Una pared es relativamente delgada y su superficie exterior es aplicada directamente con el calor para que el calor

sea transmitido directamente por conducción a través de dicha pared delgada a la superficie de la celda. No hay aletas en las paredes, de manera que estas están directamente en contacto con la fuente de calor. Típicamente las paredes en contacto con la fuente de calor presentan superficies lisas.

5 Para conseguir la evaporación repentina, instantánea y simultánea se prefiere que la temperatura en la celda sea superior a 121°C. Una superficie está definida por una pared calentada mediante contacto directo con gas a alta temperatura, superior a 100°C y preferiblemente superior a 232°C. En sistemas de escape de automoción la temperatura del gas puede variar entre 760 y 815°C, y hasta 982°C, que se encuentra en el margen de calor operativo óptimo en escape de motores diesel, lo que anticipa el uso del método en tales aplicaciones.

10 Con otros gases puede ser usada una temperatura máxima mucho más alta. Temperaturas más altas permitirán la inyección de volúmenes de agua mucho mayores, lo que da lugar a volúmenes proporcionalmente mayores de vapor.

15 La presión en la celda es típicamente superior a 276 kPa, preferiblemente superior a 345 kPa y preferiblemente del orden de 689 kPa. La presión operativa máxima definitiva es potencialmente mucho más alta, y puede llegar a 2068 kPa. Puede ser optimizada previamente al uso en una diversidad de aplicaciones de gas de escape de combustión interna o para hacer compatible el uso con otras fuentes de calor.

20 Es importante tener en cuenta que gas de escape no es la única fuente potencial de calor. A modo de ejemplo, un sistema puede ser activado merced al uso de un quemador de propano o gas natural u otra fuente de calor/energía (solar o industrial). Previsiblemente, un vehículo podría usar la celda como fuente principal de fuerza de accionamiento, eliminándose el motor de combustión interna de la disposición. Ciertamente el gas natural es una fuente abundante y económica de energía, particularmente adecuada para uso con este sistema de generación de vapor, que entonces podría ser usado con muchos sistemas de conversión de energía.

La celda está configurada y dispuesta de manera que no consiste en un tubo con flujo de líquido que penetre por un extremo y sea descargado por el otro extremo, sino que el líquido es inyectado en toda la celda, teniendo lugar la descarga en una posición adecuada de la celda.

25 En muchos casos el vapor de salida está destinado a accionar una turbina de un motor de ciclo de Rankine en el que el vapor de la turbina es condensado para ser devuelto a un depósito de suministro de inyección de líquido. Pero pueden ser usados otros sistemas de conversión de energía. A modo de ejemplo, el método de generación de vapor de esta memoria es particularmente adecuado para accionar un motor de vapor de pistón convencional, más adaptable a los cambios de temperatura y presión que puedan producirse si el método no es controlado adecuadamente.

30 De acuerdo con una disposición ventajosa, el vapor de la turbina es condensado en un tubo de retorno que se extiende en el depósito de suministro para que el líquido del depósito de suministro enfríe el vapor del tubo al mismo tiempo que este calienta el líquido del depósito. El tubo de retorno puede incluir un difusor para inyectar el líquido y/o vapor condensado en el líquido del depósito. Generalmente se requerirá un radiador u otro sistema de extracción de calor para extraer calor en exceso con el fin de evitar que hierva el líquido en posiciones en las que esté previsto en estado líquido. Típicamente el radiador está posicionado aguas arriba del condensador.

La vía de gases de escape calientes atraviesa una o múltiples capas de material conductor de calor para maximizar el contacto superficial entre zonas de generación y absorción de calor.

40 La realización de un ejemplo consiste en dos tubos lisos no concéntricos situados de manera que cuando se miran horizontalmente en toda su longitud el fondo del tubo mayor (exterior) está en contacto continuo (fusionado/soldado) con el fondo del tubo menor (interior). El perímetro exterior sirve de contención del vapor generado merced a la transmisión de calor de gases de escape calientes que pasan por el tubo interior, que cumple la función de vía de gas de escape principal y medio de transmisión de calor. De acuerdo con esta realización toda la estructura es de aluminio. El régimen de transmisión de calor puede ser modificado (aumentado) mediante aletas extrudidas en las paredes laterales interiores del conducto de gas de escape y orientadas generalmente de manera que sobresalgan hacia dentro, en dirección al centro del tubo. De ese modo los gases calientes que pasen barren una superficie mucho mayor que si pasaran por un sencillo tubo liso.

50 Mientras que el tubo interior es continuo, el exterior está dividido en segmentos (celdas). A lo largo de cualquier sección del generador de vapor el manguito exterior está dividido en secciones de manera que para cualquier temperatura de escape especificada el volumen de los segmentos (celdas) más cercanos al escape más caliente pueda estar equilibrado con el de los más alejados, aguas abajo. De esta manera durante el funcionamiento y la generación de vapor por efecto de la transmisión de calor, el número de calorías por unidad de tiempo puede establecerse de manera que el rendimiento, medido mediante la presión y el peso de vapor, esté más o menos igualado o equilibrado en el sistema. Las salidas de las primeras celdas de las cadenas de celdas que conducen desde una válvula a un colector son aproximadamente iguales. Las celdas más cercanas al escape pueden tener un volumen menor que las más alejadas (aguas abajo). La razón de esta adaptabilidad se explica en lo que sigue. De manera continua se mide e inyecta agua a alta presión en cada celda. Simultáneamente se libera vapor de las celdas mediante descargas cuando la presión alcanza el punto de control del sistema. Por ejemplo, la inyección

puede realizarse a 682 kPa y la liberación de vapor a 758 kPa mediante válvulas de alivio de presión normalmente cerradas cuya apertura esté prevista a 758 kPa y su cierre a 724 kPa. Las válvulas normalmente cerradas aumentan la presión hasta su punto de control superior, abriéndose entonces solo hasta que la presión caiga al punto de control inferior.

5 Típicamente la temperatura del vapor varía entre 149°C y 204°C. "Recargar" una presión de punto de control inferior de una celda hasta el punto de control superior requiere solo un par de segundos. En un motor de combustión interna de seis cilindros cada abertura de escape puede estar provista de un grupo de seis celdas, lo que da lugar a una matriz de 36 celdas preparadas para entregar una descarga de vapor a 689 kPa. El resultado de mezclar esta generación de vapor y conducirla a una turbina es efectivamente una fuerza constante de 689 kPa. Medido en peso, el volumen de vapor puede exceder de 1134 kg por hora.

10 Tal volumen de vapor a dicha presión equivale a 44,7 kW de potencia en el eje. En el caso del motor de 223 kW de referencia la energía recuperada representa un 20%. El sistema integrado consiste en celdas, revestimiento de escape (tubo intercambiador de calor, o alma), sistema de inyección, red de alivio de presión, con su salida de mezcla de vapor a presión constante destinada a hacer pasar un volumen significativo de vapor por una turbina equipada en un generador, o de vuelta en una cadena cinemática u otro dispositivo eléctrico o mecánico. De manera continua el vapor es condensado y hecho recircular.

15 Generadores de electricidad estacionarios, tales como las unidades comunes de 250 kW usadas por las fuerzas armadas norteamericanas y como sustituto accionado mediante propano de baterías de automóvil eléctrico son dos aplicaciones del sistema.

20 Breve descripción de los dibujos

Una realización de la invención se describirá junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra de manera esquemática un aparato y método para usar calor residual de un motor para generar electricidad;

25 la figura 2 es una vista en sección transversal longitudinal del conducto de escape de la figura 1 que muestra tres celdas en el conducto;

las figuras 3, 4 y 5 son vistas en sección transversal por las líneas 3-3, 4-4 y 5-5 de la figura 2;

la figura 6 es una vista en sección transversal similar a la de las figuras 3, 4, 5 que muestra una forma alternativa de los deflectores.

En los dibujos, caracteres de referencia similares indican partes correspondientes de las distintas figuras.

30 Descripción detallada

Como muestran las figuras se proporciona un aparato y método para evaporar un líquido con el fin de generar un vapor a presión. Comprende una fuente de calor 10 en forma de motor 10A con aberturas de escape 10B que alimentan conductos de escape 10C.

35 En cada conducto 10C hay una serie de celdas o almas de vaporización 11 que generan vapor destinado a accionar una turbina 12 accionada por el vapor generado por la celda 11, un depósito de retorno 13 de vapor condensado, un tubo de retorno 14 para llevar el vapor desde la salida de la turbina, que incluye un difusor 15 y una bomba 16 para transferir el líquido de vuelta a las celdas mediante inyectores 17, a través de conducciones 17A.

Cada celda 11 incluye paredes que definen dos superficies separadas 11C, 11D con una cámara abierta 11E entre ellas, estando situadas las superficies por el interior de las paredes 11A y 11B.

40 Dentro del conducto 10C las paredes 11A están comunicadas con una fuente de calor del escape 10B apropiada para mantener las superficies a una temperatura por la que el líquido inyectado en la cámara mediante los inyectores 17 a través de una tobera de entrada 11E de manera sustancialmente instantánea sea convertido en vapor supercalentado sin acumulación de líquido en la cámara y extraído de la celda por una salida 11F de escape de vapor.

45 La distancia D entre las superficies 11C, 11D puede ser constante pero en la disposición mostrada está prevista en forma de creciente, como se explica de modo más detallado en lo que sigue. Una celda consiste en una única cámara sin separadores y que incluye bordes laterales 11G, 11H que conectan las paredes 11A, 11B. Los extremos también están cerrados mediante placas 11J, 11K.

50 La celda está formada en general a modo de un cilindro cuya pared interior 11A cilíndrica rodea el conducto 10C, y está cerrada mediante placas de extremo 11J y 11K, descritas con más detalle en lo que sigue. En este caso la salida 11F está prevista en forma de agujero roscado en la pared 11D. El inyector 17 se extiende a través de la

pared exterior 11B de manera que el líquido sea inyectado en la celda en dirección a la pared interior para que se disperse por toda la celda.

5 Las superficies de la celda de la presente realización son generalmente paralelas, configuradas a partir de una superficie plana. La pared 11B que incluye la primera superficie cilíndrica está prevista de manera que siga y rodee el exterior de una fuente de calor del tubo 11P y una segunda de las superficies de la celda es generalmente paralela a la primera y está prevista de manera que siga a la primera para definir la celda entre ellas. La pared 11B en contacto con la fuente de calor presenta superficies lisas.

Según otra realización no mostrada, la celda está hecha de fundición de manera que la pared interior sigue la forma requerida y la pared exterior forma una envoltura en torno a la pared interior que define la celda.

10 La superficie definida por la pared 11B es calentada merced al contacto directo con el gas del tubo 11P a alta temperatura, muy superior a 100°C y, preferiblemente, superior a 232°C.

La salida 11F definida por la abertura de la pared 11B tiene una superficie significativamente menor que la superficie definida por un múltiplo de la anchura de la celda y del espacio entre las superficies. La presión en la celda es superior a 276 kPa, preferiblemente superior a 345 kPa y preferiblemente del orden de 689 kPa o más.

15 Como muestra la figura 1, el vapor de la turbina es condensado en el tubo de retorno 14 de la turbina que se extiende en el depósito de suministro para que el líquido de este enfríe el vapor del conducto 14 al mismo tiempo que el líquido del depósito es calentado. El tubo incluye una sección vertical que se extiende en el depósito por el fondo, y una pluralidad de ramas que se extienden hacia fuera desde el fondo, en dirección a los lados del depósito, en el que un difusor cumple la función de inyectar el líquido y/o vapor condensado en el líquido del depósito. Casi siempre se requiere un radiador (no mostrado) inmediatamente aguas arriba del condensador para extraer calor en exceso del sistema.

25 El método descrito en esta memoria para evaporar un líquido con el fin de generar vapor a presión usa las celdas 11 descritas, que incluyen paredes 11A y 11B que definen dos superficies separadas, con una cámara abierta entre ellas. El líquido es inyectado mediante inyectores 17 que incluyen inyectores 11, 12, 13 y 14 para un sistema de cuatro celdas en cada uno de los conductos de salida 10C. Cada celda del sistema puede incluir su propio inyector o, como se muestra, las primeras celdas de cada conducto 10C pueden estar conectadas con el inyector I1, las segundas celdas con el inyector I2, etc. Esta disposición es usada porque las celdas con el mismo número de orden en los distintos conductos están sometidas a las mismas condiciones. Los inyectores son controlados mediante un ordenador 101 de control de sistema de motor convencional. Los inyectores son de un tipo disponible comercialmente, usados de manera típica, a modo de ejemplo, para inyectar dispersantes líquidos en el escape de una cabeza tractora diesel con el fin de dispersar contaminantes sólidos generados al funcionar a potencias elevadas. Tales inyectores son típicamente piezoeléctricos y pueden funcionar a presiones de hasta 137895 kPa. En funcionamiento el inyector es controlado de manera que pueda ser activado y variado el régimen de inyección de líquido merced al cambio directo de un caudal continuo o al cambio de la frecuencia de una inyección periódica. El inyector presenta una frecuencia de inyección que puede ser controlada para proporcionar una cantidad requerida de líquido que evite la acumulación y garantice la evaporación repentina de todo el líquido inyectado y al mismo tiempo maximice la cantidad de agua evaporada que puede ser generada a partir del calor disponible en la celda. Como el flujo de líquido de entrada es controlado mediante inyectores controlados por el ordenador de control del motor, estos inyectores pueden ser hechos funcionar de manera que suministren líquido con un régimen dependiente de parámetros del motor, determinado por el controlador 101. La superficie de al menos una de las paredes 11A, 11B está comunicada con la fuente de calor generado por los gases de escape en el conducto 10C apropiada para mantener la superficie y la celda a una temperatura por la que el líquido inyectado en la celda sea convertido de manera sustancialmente instantánea en vapor supercalentado sin acumulación de líquido en la cámara.

45 La salida 11F formada por la abertura roscada de la celda permite que el vapor escape. La presión en la celda se mantiene por encima de 276 kPa, preferiblemente por encima de 345 kPa y preferiblemente por encima de 689 kPa. Para controlar el flujo de vapor que mantenga la presión de retorno requerida está prevista en cada celda una válvula de alivio 18 aguas abajo de la salida, destinada a mantener la presión. La válvula de alivio responde a la presión en la celda abriéndose y cerrándose con un régimen que mantenga la presión entre un valor superior de apertura de válvula y un valor inferior de cierre de válvula. Los valores pueden ser del orden de 758 kPa y 620 kPa para mantener una presión nominal de 689 kPa. Estos valores pueden ser seleccionados de manera que el periodo de funcionamiento de la válvula sea del orden de 1 a 2 segundos. Como se ha dicho, la válvula de alivio está destinada a controlar la presión y temperatura de alivio en la celda de manera que en ella no haya líquido. Es decir, el caudal que escapa es apropiado para impedir la acumulación de vapor en medida suficiente como para evitar que el líquido se evapore. La presión de retorno mantenida en las celdas garantiza también que el vapor recogido está a la misma presión cuando desde las salidas se mueve a un colector común 19 que alimenta la turbina. Esta presión es seleccionada de manera que sea adecuada o se adapte a la turbina 12. Como se muestra, en esta realización hay dieciséis celdas pero ciertamente este número puede variar en función de la cantidad de calor disponible para su extracción y la necesidad de recoger periódicamente la generación de las celdas en forma de corriente continua. Conectadas de manera conjunta, las salidas de la pluralidad de celdas desembocan en el colector común 19, que

puede ser un sencillo tubo. La válvula de presión de retorno de cada celda funciona con un régimen determinado por la presión en la celda con el fin de generar descargas periódicas de vapor, y la salida de las celdas es recogida en forma de corriente continua en la salida 20 del colector 19.

5 En la realización mostrada la fuente de calor comprende un motor de combustión interna 10 de múltiples cilindros con una pluralidad de conductos de escape 10C, estando dispuestas las dieciséis celdas secuencialmente en series de cuatro en cada conducto de escape 12. Como ha sido explicado, el flujo de líquido de entrada es controlado mediante inyectores I1, I2, etc., cada uno de los cuales suministra líquido a una pluralidad de celdas en posición común en los conductos.

10 Dentro del conducto 10C hay previstos elementos para controlar la transmisión de calor desde el conducto a cada celda, estando dispuestos los elementos de manera que sea incrementada la transmisión de calor en celdas subsiguientes del mismo conducto de escape. Así, en las figuras 2 y 3 la primera celda presenta el interior 111 del conducto sin elementos de transmisión de calor, siendo el conducto claro o liso en la superficie 115.

15 Como muestran las figuras 2, 3, 4 y 5, las otras celdas 112, 113 y 114 presentan elementos dentro del conducto, por el interior de la pared interior, para controlar en el conducto la transmisión de calor del gas a la pared interior. Los elementos están dispuestos de manera que la transmisión de calor sea diferente en celdas diferentes, con el fin de equilibrar el calor aplicado a las celdas de acuerdo con la consideración de que al reducirse el calor disponible a lo largo del conducto la transmisión de calor ha de ser incrementada.

20 En las figuras 2 y 4 los elementos 116 del conducto comprenden aletas que se extienden longitudinalmente, previstas en la pared interior en posiciones desplazadas angularmente en torno al eje geométrico del conducto 115 y que se extienden hacia dentro para transmitir calor por conducción a la superficie 115.

25 Las figuras 2 y 5 muestran dentro del conducto elementos 117 que comprenden barras que forman puentes en el conducto, conectadas por los extremos con la pared interior. Las barras pueden ser cilíndricas y estar dispuestas diametralmente en el conducto en posiciones separadas a lo largo del conducto y pueden estar desplazadas angularmente una con respecto a la siguiente en ángulos diferentes, con el fin de perturbar el flujo en el conducto y transmitir calor por conducción a la superficie 115.

La figura 6 muestra dentro del conducto elementos que incluyen una aleta retorcida o helicoidal 118 formada por rotación del tubo en torno a su eje al ser extrudido, junto con otras barras transversales 117 que forman puentes en la superficie interior del tubo. Esta disposición consigue el efecto combinado de barras perturbadoras transversales y aletas que transmiten calor a la superficie interior.

30 Como muestran las figuras 2 y 3 las celdas están dispuestas de manera que la pared exterior 11B presenta su eje geométrico A1 desplazado axialmente en relación con el eje A2 de la pared interior para que la superficie interior 11D de la pared exterior 11B esté en contacto con una superficie exterior 11C de la pared interior 11A por un lado 11X de las paredes interior y exterior, estando separado en una distancia D el lado opuesto de la pared exterior 11B. La pared exterior de cada celda está formada por una parte de pared cilíndrica 11P que rodea la pared interior que forma el conducto, soldada a lo largo de la parte de fondo de contacto 11X. Cada celda tiene una parte 11P separada, estando conectadas las partes separadas por miembros separadores 11J, 11K en forma de creciente adaptados a la forma de la celda. Las celdas se forman uniendo el borde interior circular del miembro separador con la pared interior 11A mediante soldadura, por aplicación de la parte exterior 11P en torno a la pared interior y unión de sus bordes de extremo con las paredes 11J, 11K del separador mediante cordones de soldadura 11T. A continuación, la parte 11P siguiente es unida por el borde exterior con la parte primera mediante un cordón de soldadura 11W.

45 Se apreciará que ni la pared interior 11A ni la pared exterior 11B han de tener necesariamente sección transversal circular. En el presente caso las paredes 11J y 11K no están previstas en forma de creciente sino que se adaptan al espacio entre las paredes 11A y 11B, cuya forma puede ser compleja. Pero es deseable que en alguna posición en torno a la periferia de la pared interior 11A exista contacto con la pared 11B para garantizar la transmisión de calor por conducción entre las paredes y reducir la probabilidad de que se acumule líquido.

De acuerdo con las operaciones 1 a 12 del proceso de la figura 1, el sistema funciona del modo que sigue:

1. La fuente de calor 10 consiste en gas de escape caliente, electricidad o cualquier fuente de alta temperatura capaz de supercalentar el alma de vaporización.
- 50 2. Agua a presión es inyectada mediante el inyector 17 en la celda de vaporización 11 supercalentada.
3. La celda de vaporización 11 puede presentar cualquier forma. En vez de generar vapor mediante tubos de volumen reducido tradicionales, la disposición ligera de alto volumen vaporiza agua de manera instantánea a medida que es inyectada en la celda supercalentada. Permite la vaporización instantánea de volúmenes de agua variables, bajos o altos.

4. Vapor supercalentado es evacuado a través de la turbina 12 a presiones variables, relacionadas con la temperatura de la celda de vaporización y el volumen de agua inyectado. La eficacia de vaporización aumenta cuando el agua es precalentada en el ciclo de escape de retorno al depósito de contención 13 no sometido a presión.
- 5 5. Un sistema de retorno de precondensado puede estar previsto para devolver agua no vaporizada directamente al depósito de contención/precalentamiento mediante alta presión o bombeo mecánico. El sistema puede ser usado para impedir el “empantanamiento” de la celda de vaporización. No obstante se usan la presión de retorno y la liberación programada de vapor conseguida merced a la válvula para mantener la celda libre de líquido.
6. El vapor es forzado a atravesar una turbina 12 que acciona un generador eléctrico u otros dispositivos mecánicos.
- 10 7. El vapor evacuado de la turbina 12 es devuelto inmediatamente al depósito de contención 13 para su reutilización y para precalentar el suministro.
8. El depósito de contención y precalentamiento recibe el vapor a alta presión a través de un “difusor” 15 situado en el fondo del volumen de agua total del depósito. Al forzar el vapor difundido en el gran volumen de condensado no sometido a presión se permite un retorno más rápido del vapor al estado líquido y al mismo tiempo se calienta la provisión de agua global. Un radiador está previsto para extraer calor en exceso.
- 15 9. El difusor 15 del depósito de vapor a alta presión ralentiza y dispersa la entrega del vapor de vuelta en el fondo del depósito de contención. Fuerza la ralentización y el inicio de la condensación del escape antes de su entrada en el depósito.
- 20 10. Agua del depósito de contención 13 es bombeada o forzada en dirección a la cámara de vaporización merced al uso de una bomba mecánica o aire a presión 16. Puede estar previsto también un inyector alimentado mediante la bomba que inyecte el líquido a presión alta y régimen controlado.
11. Un sistema de aire comprimido o una bomba eléctrica o mecánica 16 fuerza agua del depósito de contención en dirección a los inyectores de presión regulada de la celda de vaporización.
- 25 12. Conducciones de inyección de agua presurizadas y reguladas 17A alimentan inyectores los 17 y las celdas de vaporización 11.

REIVINDICACIONES

1. Un método de evaporación de un líquido para generar un vapor a presión que comprende:
proporcionar una celda (11) que incluye paredes que definen dos superficies separadas (11C, 11D) con una cámara abierta (11E) entre ellas;
- 5 inyectar el líquido en la cámara (11E);
estando comunicada al menos una de las superficies (11C, 11D) con una fuente de calor (10B) apropiada para mantener la superficie a una temperatura a la que de manera sustancialmente instantánea el líquido inyectado en la cámara (11E) sea convertido en un vapor supercalentado, sin acumulación de líquido en la cámara;
proporcionar una salida (11F) en la celda para el escape de vapor,
- 10 caracterizado por que
la celda (11) incluye una pared interior (11A) que define un conducto a través del cual pasan gases calentados, y una pared exterior (11B) que rodea la pared interior, definiendo dicha cámara (11E) entre ellas;
hay previstas una pluralidad de celdas en línea a lo largo del conducto (10C) y la pared exterior de una celda está separada de la pared exterior de la siguiente mediante un separador (11J) configurado de manera adaptada a la sección transversal de la celda.
- 15
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, por el que la temperatura en la celda se mantiene por encima de 121°C (250°F) para generar vapor supercalentado de manera instantánea.
3. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que la presión en la celda se mantiene por encima de 276 kPa (40psi), preferiblemente por encima de 345 kPa (50 psi) y preferiblemente por encima de 689 kPa (100 psi).
- 20
4. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que el flujo de líquido es controlado mediante un inyector (17) a una presión superior a la presión de alivio, por el que el inyector presenta una frecuencia de inyección controlada de manera que proporcione una cantidad requerida de líquido, por el que está prevista una válvula de alivio (18) aguas abajo de la salida que cumple la función de mantener la presión y que se abre y cierra con un régimen que mantiene la presión entre un valor superior de apertura de válvula y un valor inferior de cierre de válvula, y por el que la válvula de alivio está dispuesta para controlar la presión y temperatura de alivio en la celda de manera que en ella no exista líquido.
- 25
5. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que las salidas de la pluralidad de celdas están conectadas de manera conjunta y por el que cada celda dispone de una válvula de presión de retorno que funciona con un régimen determinado por la presión en la celda con el fin de generar descargas periódicas de vapor, siendo recogida la salida de las celdas en forma de corriente continua.
- 30
6. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que la fuente de calor comprende un motor de combustión interna de múltiples cilindros con una pluralidad de conductos de escape, y por el que dicha pluralidad de celdas están dispuestas de manera secuencial en cada conducto de escape.
- 35
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, por el que el flujo de líquido de entrada es controlado mediante inyectores (17), cada uno de los cuales suministra líquido a una pluralidad de celdas en posición común en los conductos.
8. El método de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7, por el que hay previstos elementos (116, 117) para controlar la transmisión de calor desde el conducto a cada celda, estando dispuestos los elementos de manera que sea incrementada la transmisión de calor en celdas subsiguientes del mismo conducto de escape.
- 40
9. El método de acuerdo con las reivindicaciones 6, 7 u 8, por el que el flujo de líquido de entrada es controlado mediante inyectores (17), cada uno de los cuales suministra líquido a una o más celdas y es controlado mediante un ordenador (101) de control del motor para suministrar líquido con un régimen dependiente de parámetros del motor.
- 45
10. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que el líquido es inyectado mediante una tobera en la pared exterior, sobre la pared interior.
11. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que la salida del vapor está prevista en la pared exterior.
12. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que la pared exterior (11B) está desplazada axialmente con respecto a la pared interior (11A) de manera que una superficie interior de la pared exterior esté en contacto con una superficie exterior de la pared interior en un lado de las paredes interior y exterior.
- 50

13. El método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, por el que hay previstos elementos (116, 117) dentro del conducto y por el interior de la pared interior para controlar en el conducto la transmisión de calor del gas a la pared interior.

5 14. El método de acuerdo con la reivindicación 13, por el que los elementos (116, 117) están dispuestos de manera que la transmisión de calor sea diferente en celdas diferentes.

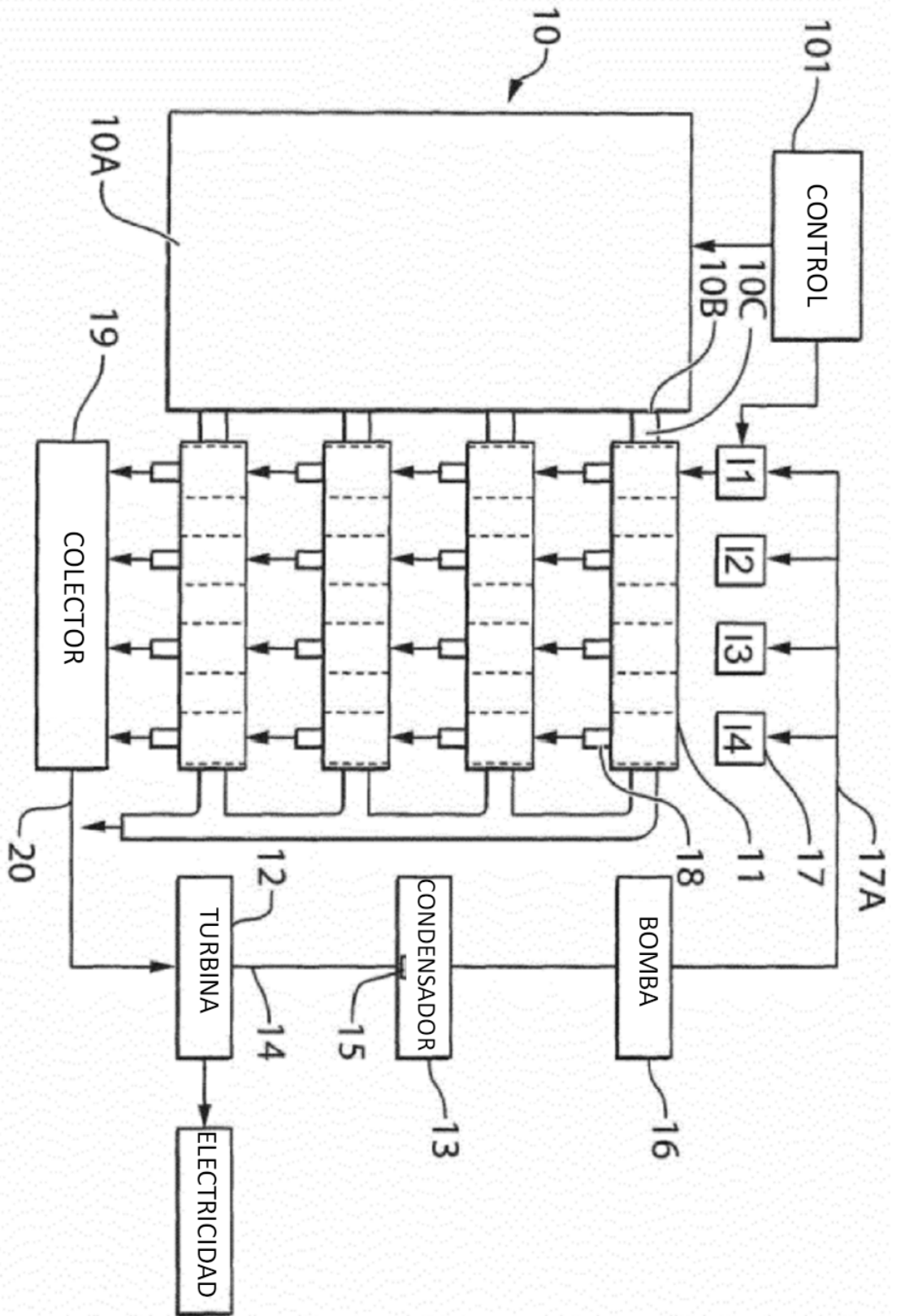


FIG. 1

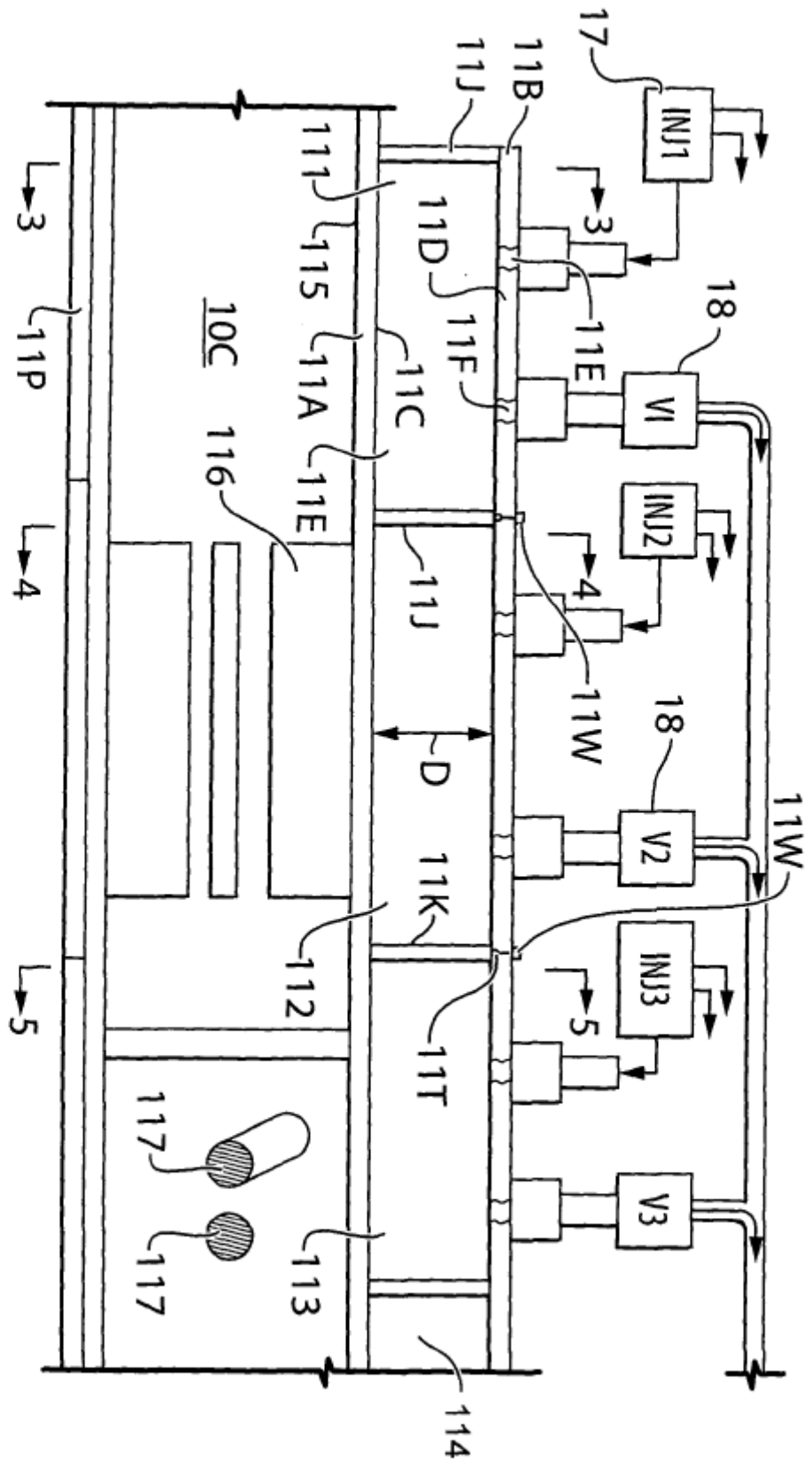


FIG. 2

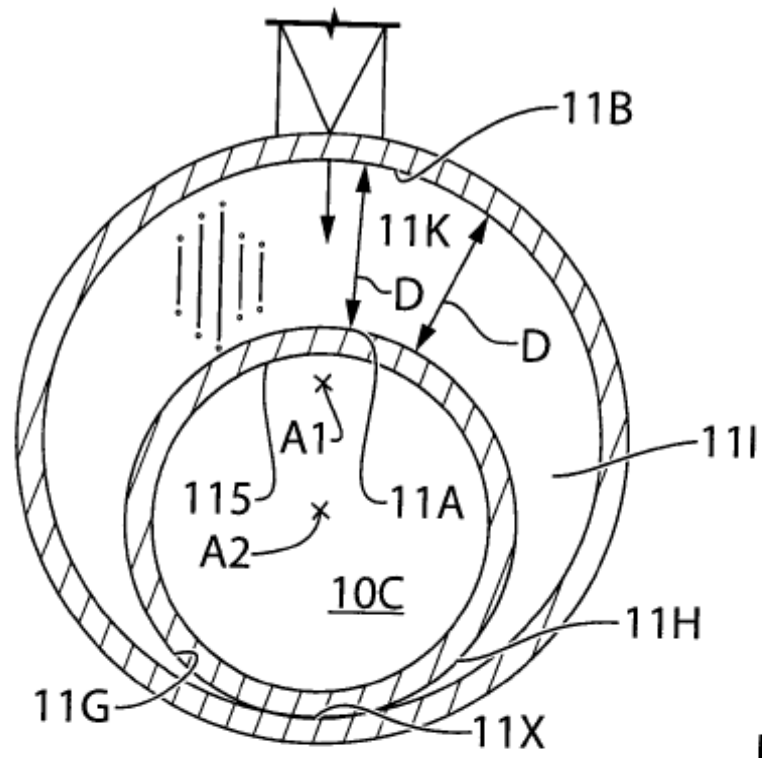


FIG.3

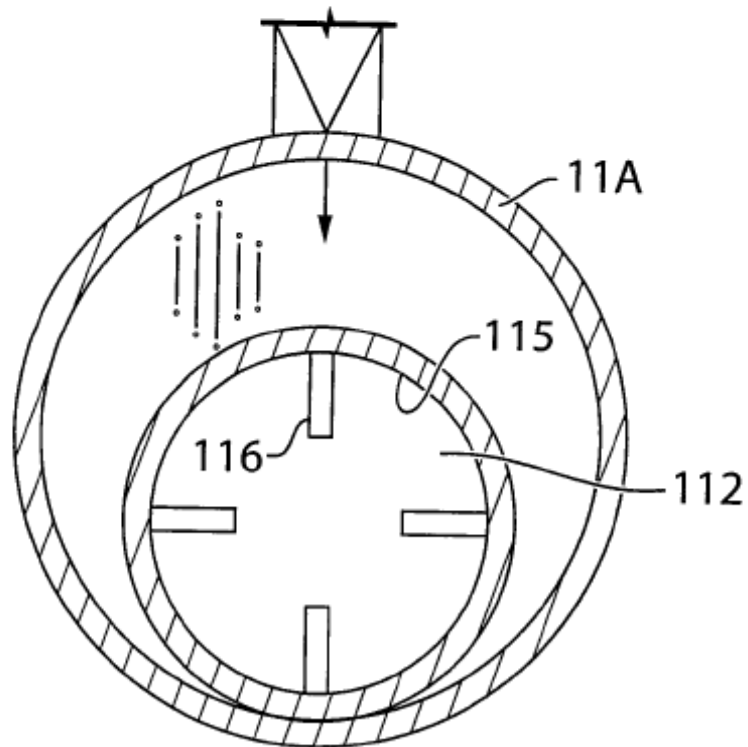


FIG.4

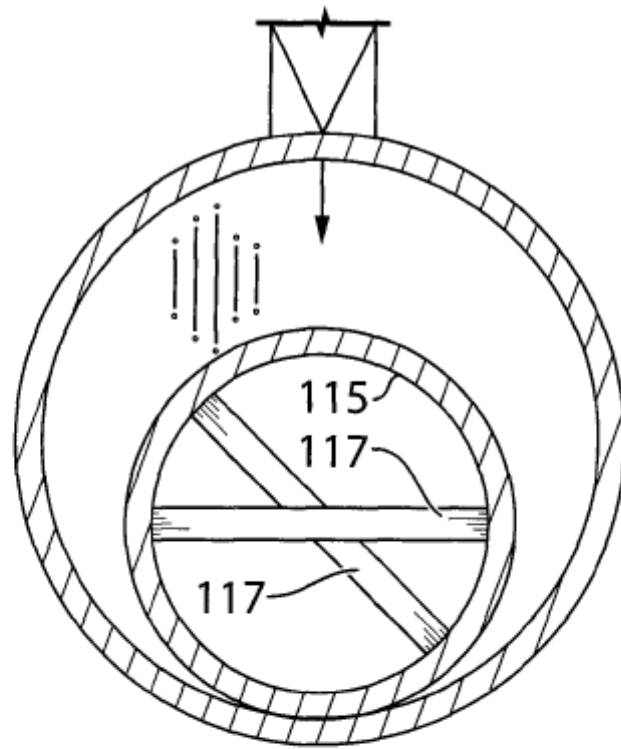


FIG.5

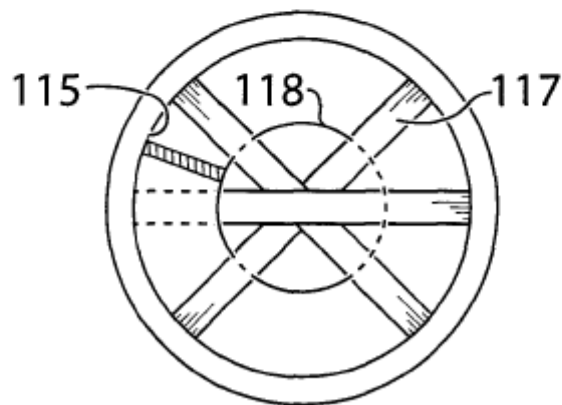


FIG.6