



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
No. 12-039372- -00000-0000
Fecha: 2012-03-06 16:47:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 45

DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL
División de Nuevas Creaciones

SOLICITUD
PATENTE DE INVENCION

ENTRADA EN FASE NACIONAL

21. EXPEDIENTE No. _____

APARATO Y MÉTODO DE CORRIENTE DE VAPOR TÉRMICO

54. TITULO _____

51. CLASIFICACION INTERNACIONAL _____

ZERO-CO2 LLC

71. SOLICITANTE _____

WILMINGTON, DELAWARE, ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

DOMICILIO _____

74. APODERADO _____

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

22. BOGOTÁ, D.C. _____

AS: 119.857

PETITORIO



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-039372- -00000-0000

ación

Fecha: 2012-03-06 16:47:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 45

FORMULARIO ÚNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
PCT
ENTRADA EN FASE NACIONAL

1

SOLICITUD DE:



Patente de Invención.



Patente de Modelo de Utilidad.



Capítulo I.



Capítulo II.

2

SOLICITANTE

Nombre: ZERO-CO2 LLC

Dirección: 3511 Silverside Road, Suite 105,
Wilmington, Delaware 19810, Estados Unidos
de América

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de
América

Lugar de Constitución: Estados Unidos de
América

Teléfono:

Fax:

E-mail

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☐

NIT ☐

C.E. ☐

Otro ☐

Cual

Número

3

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

Dirección: Calle 70 A #4-41, Bogotá, Colombia.

Teléfono: 744-2200

Fax: 742-2200

E-mail:

IDENTIFICACIÓN

C.C. ☒

NIT ☐

C.E. ☐

Otro ☐

Cual

Número

80.410.337 TP 57492

En caso de haber presentado poder general para asuntos que se adelanten ante la Delegatura de Propiedad Industrial, sírvase indicar el número de radicación (del poder).

4

INVENTOR (ES)
(72)

Nombre: KRAJICEK, Richard W.

Dirección: 4944 Woodway, Houston, Texas 77056, Estados Unidos de América

Nacionalidad o Domicilio: Estados Unidos de América

5 PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/US2010/045126

Fecha 11.08.2010

Publicación Internacional No. WO 2011/019791 A3

Fecha 17.02.2011

6 Título (54):

APARATO Y MÉTODO DE CORRIENTE DE VAPOR TÉRMICO

7 Clasificación Internacional (51):

8 Prioridad

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

SI ☒

NO ☐

US

11.08.2009

12/539,205

9 Comprobante de pago No. 12-7707; 12-7678

Fecha 01.03.2012

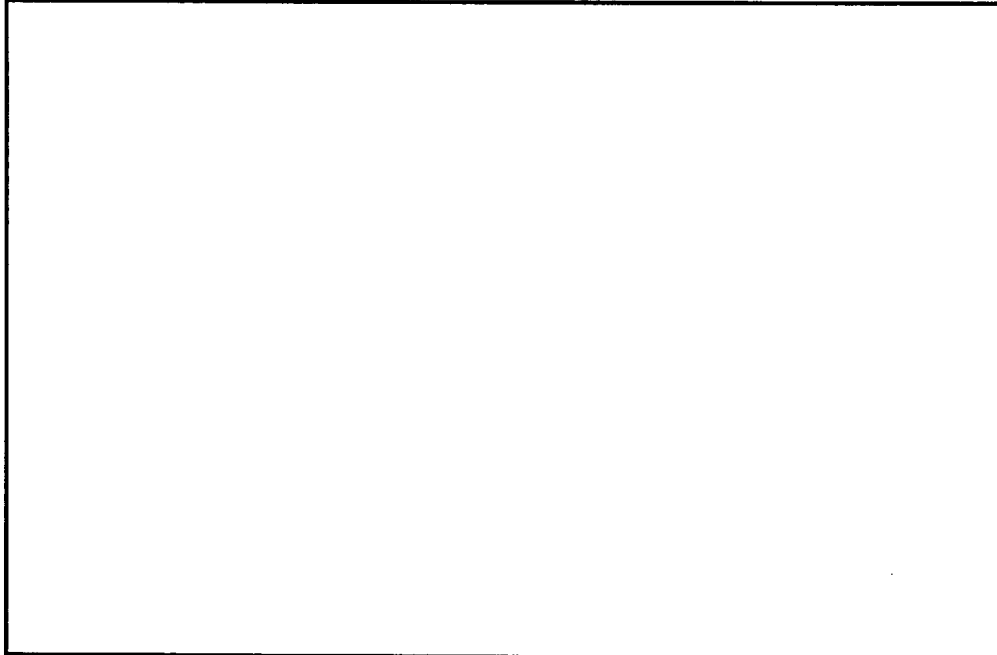
Instrucciones para el diligenciamiento del presente formulario, ver reverso de esta página.

10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud. \$ 590.000
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal de la persona jurídica peticionaria, en cuanto no esté inscrita en alguna Cámara de Comercio Colombiana.
- ☐ Poderes, si fuere el caso. Fotocopia autenticada.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al español (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos).
- ☐ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen preliminar (IPEA).
- ☐ Traducción de examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☐ Arte final 12x12.
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☐ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional bajo el Art. 34.
- ☒ Otros: Comprobante(s) de pago de la tasa por concepto de reivindicaciones adicionales \$ 300.000 (10*\$30.000).

11 FIGURA CARACTERÍSTICA:



12 Solicito la concesión de la patente,

NOMBRE: JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

FIRMA:

C.C. 80.410.337 de Usaquén TP 57492 del C.S.J.

AS. 119.857

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 12 - 007707
		Bogotá D.C., Enero 26 de 2012 - 16:23:02

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.	NI 860.047.372
-------------------------------------	----------------

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	427028206	26/01/2012	36.735.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO Vr.CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	998 VALOR COMPLEMENTO TARIFA A#O ANTRIOR	300.000.00 300.000.00
			\$300.000.00
			=====

SON: **TRESCIENTOS MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 12-039372- -00000-0000
Fecha: 2012-03-06 16:47:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 45

As. 119.857

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 12 - 007678
		Bogotá D.C., Enero 26 de 2012 - 16:23:02

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A. NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	427028206	26/01/2012	36.735.000.00

*** Conceptos Pagados ***			
CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	7 TRAMITES DE SOL. DE DISENOS INDUSTRIALES	590.000.00	590.000.00
			\$590.000.00
=====			

SON: **QUINIENTOS NOVENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____
Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 12-039372- -00000-0000
Fecha: 2012-03-06 16:47:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 45

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
17 February 2011 (17.02.2011)

(10) International Publication Number
WO 2011/019791 A3

(51) International Patent Classification:
E21B 36/00 (2006.01) *E21B 47/06* (2006.01)
E21B 43/24 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2010/045126

(22) International Filing Date:
11 August 2010 (11.08.2010)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
12/539,205 11 August 2009 (11.08.2009) US

(71) Applicant (for all designated States except US): **ZERO-CO2 LLC** [US/US]; 3511 Silverside Road, Suite 105, Wilmington, Delaware 19810 (US).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): **KRAJICEK, Richard W.** [US/US]; 4944 Woodway, Houston, Texas 77056 (US).

(74) Agent: **NGUYEN, Daniel G.**; Locke Lord Bissell & Liddell LLP, 600 Travis, Suite 2800, Houston, Texas 77002-3095 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

- with international search report (Art. 21(3))
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments (Rule 48.2(h))

(88) Date of publication of the international search report:
12 May 2011

(54) Title: THERMAL VAPOR STREAM APPARATUS AND METHOD

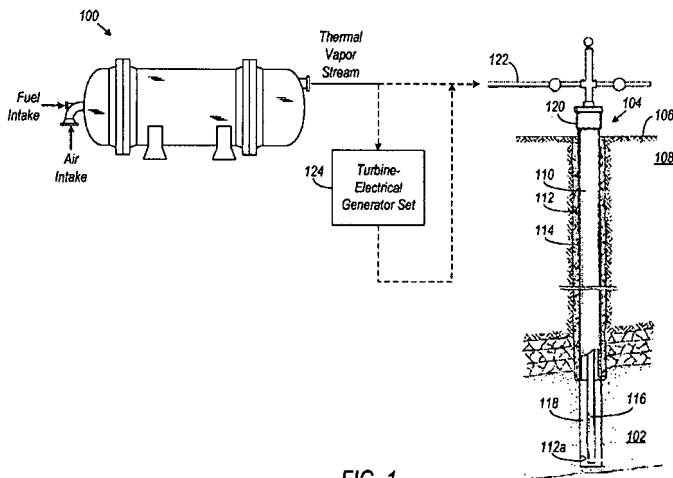


FIG. 1

(57) Abstract: A low emission and environmentally friendly apparatus and method is used to generate a high pressure stream of thermal vapor. The thermal vapor stream may be injected into a subterranean formation for recovery of highly viscous petroleum or used to turn a steam turbine for driving an electrical generator. In one implementation, the high pressure stream of thermal vapor is generated by burning a high temperature fuel, including any short or long chain hydrocarbon products from methane to coal, in an enclosed vessel to produce combustion gases. Various techniques may be used to improve heat distribution and lower the temperature of the combustion gases. Water may be used to quench the combustion gases and produce the superheated steam or vapor. The water may be introduced onto the combustion gases by spraying, weeping, dripping, and the like.

WO 2011/019791 A3

[0001] TÍTULO DE LA INVENCION

[0002] APARATO Y MÉTODO DE CORRIENTE DE VAPOR TÉRMICO

[0003] REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

[0004] Esta solicitud reclama el beneficio de la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 12/539,205 presentada el 11 de agosto de 2009, titulada "APARATO Y MÉTODO DE CORRIENTE DE VAPOR TÉRMICO".

[0005] CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

[0006] Aspectos de la invención se refieren generalmente al uso de una corriente de vapor térmico para cogeneración de electricidad y calor y gases deseables, y para la recuperación de petróleo de una formación subterránea. Más particularmente, aspectos de la invención se relacionan con aparatos y métodos nuevos y mejorados para producir una corriente de vapor térmico de alta presión que puede inyectarse en la formación subterránea para recuperar petróleo viscoso pesado, o para secuestrar los gases de combustión produciendo al mismo tiempo electricidad.

[0007] ARTE PREVIO DE LA INVENCION

[0008] La recuperación exitosa de petróleo altamente viscoso empleando una corriente de vapor térmico de alta presión incluye típicamente la producción de gases de combustión calientes, que se hacen fluir en un dispositivo generador de vapor para producir grandes cantidades de vapor térmico de alta presión o vapor. El vapor térmico de alta presión o vapor se inyecta posteriormente en una formación del subsuelo para

facilitar la extracción del petróleo viscoso de ella. Este proceso de recuperación se denomina comúnmente por las personas de habilidad ordinaria en el arte como "*huff and puff*" (inyección cíclica de vapor).

Ejemplos de aparatos que pueden usarse para producir una corriente de vapor térmico de alta presión se describen en las Patentes de los Estados Unidos Nos. 4,156,421; 4,118,925; 3,980,137; 3,620,571; 2,916,877; 2,839,141; 2,793,497; 2,823,752; 2,734,578; 2,754,098; y 4,398,604; así como las Patentes Mejicanas Nos. 105,472 y 106,801. Adicionalmente, varios métodos para usar tales aparatos son conocidos en el arte e incluyen procesos tales como los divulgados en las Patentes de los Estados Unidos Nos. 3,993,135 y 3,948,323.

[0009] Es bien sabido que, para facilitar la recuperación económica de petróleo altamente viscoso, tienen que generarse grandes volúmenes de vapor térmico e inyectarse en la formación. Esto es particularmente cierto, por ejemplo, donde el vapor térmico se inyecta en la formación del subsuelo continuamente durante varias horas, días, semanas, o incluso meses. Además, el vapor térmico tiene que inyectarse asimismo en la formación del subsuelo bajo presiones mayores que la presión de la formación con el fin de que el vapor térmico penetre la formación. Más aún, ciertos depósitos de hidrocarburos altamente viscosos requieren igualmente la aplicación de grandes cantidades de calor para reducir la viscosidad y, por consiguiente, hacer posible la recuperación.

[0010] Debido a los altos volúmenes, presiones y temperaturas involucradas, a menudo surgen dificultades en obtener, operar y mantener el equipo y los aparatos necesarios para generar las cantidades requeridas de gases de combustión que producirán las cantidades requeridas de vapor bajo presiones y temperaturas suficientemente altas para facilitar una recuperación económica satisfactoria del petróleo altamente viscoso. Por ejemplo, aparatos existentes que son capaces de generar una corriente

apropiada de vapor térmico de alta presión tienden a ser grandes, pesados y complejos y, normalmente, emiten gases que no son muy amables con el medio ambiente, todo lo cual puede resultar en costos adicionales para el proceso de recuperación de petróleo. Las emisiones ambientalmente nocivas del equipo convencional dificultan asimismo usar la corriente de vapor térmico de alta presión para otras aplicaciones, tales como cogeneración de electricidad y calor.

[0011] En consecuencia, lo que se necesita es un aparato mejorado y un método para producir una corriente de vapor térmico de alta presión para inyección en una formación del subsuelo para facilitar la recuperación de petróleo viscoso pesado, para cogeneración de electricidad y calor, y similares.

[0012] RESUMEN DE LA INVENCION

[0013] Aspectos de la invención se relacionan con un aparato y un método de bajas emisiones, y amables con el medio ambiente, para generar una corriente de vapor térmico de alta presión. Tal aparato y método pueden usarse para recuperar petróleo altamente viscoso de una formación subterránea, cogeneración de electricidad y calor, y similares. El aparato y método de la invención facilitan la inyección de una corriente de alta presión de vapor térmico que contiene vapor recalentado, anhídrido carbónico y nitrógeno. En una formación subterránea, la corriente de vapor térmico de alta presión puede usarse para mejorar la recuperación de petróleo viscoso. El vapor recalentado incrementa la transferencia de calor latente en toda la formación, el anhídrido carbónico forma una interface miscible con el hidrocarburo en el petróleo y reduce igualmente la viscosidad del petróleo, mientras el nitrógeno migra a la formación para crear un empuje por gas (*a gas drive*) para el petróleo. De igual manera pueden agregarse disolventes y otros surfactantes al vapor recalentado para aumentar la recuperación del petróleo de la formación.

[0014] La corriente de alta presión de vapor térmico puede generarse quemando un combustible de alta temperatura, tal como diesel, petróleo crudo, una mezcla de diesel-petróleo crudo, kerógeno, carbón pulverizado, y otros productos de hidrocarburos de cadena corta y larga en un sistema cerrado de vapor a chorro. Preferiblemente el combustible se atomiza de manera que esté en la forma de una niebla fina para una combustión mejorada.

[0015] Un refractario preformado, removible, compuesto de secciones múltiples puede proveerse en algunas modalidades en el interior del sistema de vapor a chorro para ayudar a contrarrestar la temperatura en el sistema de vapor a chorro. Las secciones del refractario pueden tener diferentes espesores que crean turbulencia en los gases de combustión para mejorar la distribución de calor en el sistema de vapor a chorro. Debido a que las altas temperaturas involucradas pueden limitar la vida útil del refractario, en algunas modalidades, el refractario puede estar en la forma de un cartucho unitario que puede removerse fácil y frecuentemente del sistema de vapor a chorro y reemplazarse según sea necesario.

[0016] Un cono o cortina de agua puede formarse alrededor de la llama producida por la combustión del combustible de alta temperatura en algunas modalidades para ayudar a bajar la temperatura del refractario, sin disminuir la temperatura de la llama.

[0017] Agua puede introducirse entonces directamente en los gases de combustión para crear vapor recalentado o vapor. Pueden emplearse varios modos para introducir el agua en los gases de combustión, incluyendo rociado, chorreo, escurrimiento, y similares. Para minimizar las emisiones del proceso de combustión se puede emplear un convertidor catalítico de alta temperatura, y pueden agregarse varios químicos para control de la corrosión al agua para facilitar la remoción de cualesquiera óxidos de azufre

u óxidos de nitrógeno.

[0018] La corriente de vapor térmico de alta presión puede inyectarse entonces en la formación subterránea para una recuperación mejorada de petróleo viscoso, pesado. Otras aplicaciones para la corriente de vapor térmico de alta presión pueden incluir utilizar la corriente de vapor térmico para girar una turbina de vapor para accionar un generador eléctrico, o como una fuente de energía para cualquier equipo apropiado, y similares.

[0019] BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0020] Las anteriores y otras ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y por referencia a los dibujos, en donde:

[0021] FIG. 1 ilustra un sistema ejemplar de vapor a chorro que puede usarse para generar una corriente de vapor térmico de alta presión, de acuerdo con aspectos de la invención;

[0022] FIG. 2 ilustra con más detalle el sistema ejemplar de vapor a chorro, de acuerdo con aspectos de la invención;

[0023] FIGS. 3A y 3B ilustran una sección ejemplar superior del sistema de vapor a chorro, de acuerdo con aspectos de la invención;

[0024] FIGS. 4A y 4B ilustran una sección ejemplar de combustión del sistema de vapor a chorro, de acuerdo con aspectos de la invención;

[0025] FIG. 5 ilustra secciones ejemplares del refractario del sistema de vapor a chorro, de acuerdo con aspectos de la invención;

[0026] FIGS. 6A y 6B ilustran una sección ejemplar de extinción del

sistema ejemplar de vapor a chorro, de acuerdo con aspectos de la invención; y

[0027] FIG. 7 ilustra un método ejemplar, que puede utilizarse para generar una corriente de vapor térmico de alta presión, de acuerdo con aspectos de la invención.

[0028] DESCRIPCIÓN DETALLADA DE MODALIDADES EJEMPLARES

[0029] Los dibujos descritos anteriormente y la descripción escrita de estructuras específicas y funciones que siguen no se presentan para limitar el ámbito de lo que se ha inventado o el alcance de las reivindicaciones anexas. Ni los dibujos se trazan con respecto a alguna escala particular o normas de fabricación, o pretenden servir como planos, listado de partes de fabricación, y similares. Más bien, los dibujos y la descripción escrita se proveen para enseñar a cualquier persona experta en el arte a poner en práctica y usar las invenciones para las cuales se busca protección de patente. Las personas expertas en el arte observarán que, por razones de claridad y entendimiento, no se describen o muestran todas las características de una modalidad comercial de las invenciones.

[0030] Las personas de habilidad en este arte notarán asimismo que el desarrollo de una modalidad comercial actual, que incorpora aspectos de las presentes invenciones, requerirá numerosas decisiones específicas de la implementación para lograr la meta última del desarrollador para una modalidad comercial. Tales decisiones específicas de la implementación pueden incluir y, probablemente, no se limitan a, cumplimiento de restricciones relacionadas con el sistema, relacionadas con el negocio, relacionadas con el gobierno y otras restricciones, las cuales pueden variar por la implementación específica, ubicación y de cuando en cuando. Aunque los esfuerzos de un desarrollador podrían ser complejos e

intensivos en tiempo en un sentido absoluto, tales esfuerzos serían, sin embargo, un cometido rutinario para aquellas personas de habilidad en este arte, contando con el beneficio de esta divulgación.

[0031] Debe entenderse que las modalidades divulgadas y enseñadas en esta especificación son susceptibles de numerosas y varias modificaciones y formas alternativas. Por último, el uso de un término en singular, tal como, pero no limitado a, "un/una," y similares, no se pretende como limitante del número de ítems. Análogamente, cualesquiera términos relacionales, tales como, pero no limitados a, "parte de encima," "parte de abajo," "izquierdo," "derecho," "superior," "inferior," "abajo," "arriba," "lateral," y similares, se utilizan en la descripción escrita con fines de claridad en referencia específica a los planos y no pretenden limitar el ámbito de la invención o las reivindicaciones anexas.

[0032] Tal como se mencionó anteriormente, aspectos de la invención se dirigen a un aparato y método nuevo y mejorado para producir una corriente de vapor térmico de alta presión. La corriente de vapor térmico de alta presión puede usarse luego en una variedad de aplicaciones, incluyendo inyección a una formación subterránea para facilitar la recuperación de petróleo viscoso pesado. Aspectos de la invención son particularmente útiles para recuperar económica y eficientemente petróleo viscoso pesado que tiene gravedades API de menos de aproximadamente 116 grados y viscosidades mayores que aproximadamente 150 centipoises (a 60 grados Fahrenheit). Las personas de habilidad ordinaria en el arte entenderán, no obstante, que los aspectos inventivos descritos en esta especificación pueden usarse para recuperar sustancialmente cualquier tipo de petróleo de sustancialmente cualquier tipo de formación subterránea rica en petróleo. Por ejemplo, aspectos de la invención son también especialmente útiles para recuperar petróleo altamente viscoso de formaciones que tienen permeabilidades relativas bajas al agua y al aceite tales que no aceptan inyección directa de vapor a presiones por debajo de las presiones de

gradiente de fractura de la formación e índices altos de inyección a la formación. Usualmente estas formaciones subterráneas tienen una permeabilidad absoluta al aire que varía en el rango de aproximadamente 50 a aproximadamente 2000 millidarcy, pero sus permeabilidades relativas al agua y al aceite pueden ser menos del uno por ciento de la permeabilidad absoluta.

[0033] Con referencia ahora a FIG. 1, se muestra un sistema de vapor a chorro **100** que puede usarse para generar una corriente de vapor térmico de alta presión, de acuerdo con aspectos de la invención. La corriente de vapor térmico de alta presión puede usarse luego en varias aplicaciones donde tales corrientes son útiles, incluyendo recuperación mejorada de petróleo. En el ejemplo de FIG. 1, la corriente de vapor térmico de alta presión se inyecta a una formación subterránea **102** para facilitar la recuperación petróleo viscoso pesado. Específicamente, la corriente de vapor térmico de alta presión se inyecta en un pozo **104** perforado a través de la superficie **106** de la tierra **108** y en la formación subterránea **102**. Preferiblemente, el pozo **104** se ha completado en una manera convencional, que puede incluir una sarta de tubería de revestimiento **110** extendiéndose a la parte superior de la formación subterránea **102** que se inserta en un agujero de un pozo **112** y se soporta por una funda de cemento a alta temperatura **114**.

[0034] Preferiblemente, el agujero del pozo **112** penetra hasta cerca del fondo de la zona deseada de inyección en la formación subterránea **102**. El agujero del pozo **112** puede dejarse abierto, como en la terminación de un agujero abierto, o puede tener un tubo colador u otro dispositivo perforado (no mostrado) insertado en el extremo inferior **112a** del agujero del pozo **112** para sostener las paredes del agujero del pozo **112**. El pozo **104** puede incluir asimismo una sarta de tubería de producción **116** dispuesta dentro de la tubería de revestimiento **110**, extendiéndose el agujero del pozo **112** a través de la formación **102** para formar así un

espacio anular **118** entre las dos. En implementaciones preferidas, la sarta de tubería de producción **116** se extiende hacia abajo hasta cerca del extremo inferior **112a** del agujero del pozo **112**.

[0035] Un cabezal de pozo **120** y un dispositivo obturador convencional (no mostrado) se proveen adyacentes la parte superior del pozo **104** para obturar el espacio anular **118** y mantener la presión dentro del pozo **104**. El sistema de vapor a chorro **100** puede conectarse entonces al cabezal de pozo **120** por una línea de flujo **122** para proporcionar una corriente de vapor térmico de alta presión para recuperar el petróleo viscoso pesado de la formación subterránea **102**. En algunas implementaciones, la corriente de vapor térmico de alta presión puede abastecerse a un grupo de turbina de gas-generator eléctrico **124** para cogeneración de electricidad y calentar combustible, agua y/u otro material, según se requiera. El vapor térmico del grupo de turbina de gas-generator eléctrico **124** puede proveerse entonces a la línea de flujo **122** para inyección en la formación subterránea **102**.

[0036] FIG. 2 muestra el sistema de vapor a chorro **100** con mayor detalle, de acuerdo con aspectos de la invención. Como puede observarse, el sistema de vapor a chorro **100** tiene tres secciones generalmente tubulares, a saber, una sección de entrada **200**, una sección de combustión **202** y una sección de extinción **204**. Estas secciones del tanque **200-204**, cuando se conectan coaxialmente como se muestra en FIG. 2, forman un tanque cerrado de aproximadamente seis a ocho pies (y preferiblemente aproximadamente siete pies) en longitud exterior y aproximadamente 20 a 40 pulgadas (y preferiblemente aproximadamente 30 pulgadas) de diámetro exterior. Las personas de habilidad ordinaria en el arte entenderán, no obstante, que pueden usarse otras dimensiones además de las particulares mencionadas aquí para el sistema de vapor a chorro **100**, sin apartarse del ámbito de las modalidades divulgadas.

[0037] En algunas modalidades, bridas **206a**, **206b**, **206c**, **206d** o un componente similar de acople pueden formarse o fijarse en otra forma (v.g., soldarse) a los orificios en las secciones del tanque **200-204** para permitir conectar las secciones de tanque **200-204** (es decir, fijarlas mediante pernos, remacharlas, etc.) unas con otras. Las bridas **206a-d** pueden fabricarse de un material que sea suficientemente fuerte para resistir las altas presiones dentro del sistema de vapor a chorro **100** así como para proporcionar un sello estanco al agua y al aire. Un ejemplo de una brida que puede usarse es una brida con cuello para soldar, de pestaña, Clase 300 ANSI (*American National Standards Institute* - Instituto Nacional Americano de Normas), fabricada de un material de acero al carbono o acero inoxidable y que cumple la Norma SA-105 ASME (*American Society of Mechanical Engineers* – Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Puede usarse igualmente un empaque (no mostrado expresamente) en conjunción con las bridas **206a-d** para ayudar a lograr un sellamiento estanco al agua y al aire en algunas modalidades. Pueden proveerse asimismo una o más bisagras **208** para unir las adyacentes de las bridas **206a-d** en algunas o todas las secciones del tanque **200-204** en algunas implementaciones, para permitir que las secciones de entrada y extinción **200** y **204** se abran, por ejemplo, para mantenimiento y reparación del sistema de vapor a chorro **100**.

[0038] Con referencia todavía a FIG. 2, cada una de las diferentes secciones del tanque **200-204** se describirán ahora con mayor detalle. La sección de entrada **200**, como el nombre lo implica, actúa como una entrada para el sistema de vapor a chorro **100**, que admite aire, combustible y agua, y similares. En algunas implementaciones, la sección de entrada **200** puede fabricarse de un cabezal hemisférico o en forma de tazón **210**, aunque en algunas modalidades puede usarse igualmente un cabezal de admisión **210** que tenga un exterior plano o liso. Donde se utiliza un cabezal de entrada curvado **210**, el cabezal de entrada **210** puede tener una relación de eje principal a eje menor, por ejemplo, de aproximadamente 2:1, 2.5:1, 2:1.5, y

similares. En cualquier caso, el cabezal de entrada **210** debe fabricarse de un material de acero al carbono o acero inoxidable que satisfaga, por ejemplo, la Norma SA-516-70 ASME o normas similares. Tal cabeza de admisión **210** puede tener un espesor nominal de aproximadamente 0.5 a 1 pulgadas y preferiblemente aproximadamente 0.625 pulgadas, aunque por supuesto pueden usarse otros espesores, según sea apropiado, para la aplicación particular.

[0039] Una tubería de aire **212** puede proveerse en el cabezal de entrada **210**, la cual se extiende hasta, y termina generalmente en, el centro del cabezal de entrada **210** para admitir aire del suministro externo de aire (no mostrado expresamente) al sistema de vapor a chorro **100**. La tubería de aire **212** puede ser una sección recta de tubería en algunas modalidades, o puede ser curva, de tal manera que la porción de la tubería de aire **212** externa al sistema de vapor a chorro **100** se asemeja al codo de una tubería. Una admisión de aire **214** puede fijarse entonces a la tubería de aire **212** para acoplarla a una tobera de aire o conector similar de suministro de aire. La estructura específica y operación de la tubería de aire **212** y la admisión de aire **214** son bien conocidas por las personas de habilidad ordinaria en el arte y, en consecuencia, no se describirán en detalle en esta especificación. Aire comprimido del suministro de aire externo puede hacerse fluir entonces al sistema de vapor a chorro **100** a través de la tubería de aire **212**. Posteriormente, el aire puede usarse para quemar un combustible de alta temperatura, incluyendo cualesquiera productos de hidrocarburos de cadena larga o corta, desde metano a carbón, en el sistema de vapor a chorro **100**.

[0040] Puede abastecerse combustible de un suministro de combustible externo (no mostrado expresamente) mediante una tubería de combustible **216** en el cabezal de entrada **210**. Tal combustible puede proveerse con un caudal de un galón por minuto, por ejemplo, y preferiblemente, usando técnicas estándar, se atomiza en una niebla fina para una combustión mejorada. La tubería de combustible **216** puede

extenderse a través del cabezal de entrada **210** y solamente al interior de la sección de combustión **202**. La tubería de combustible **216** puede disponerse en el interior y preferiblemente coaxial con la tubería de aire **212** para facilitar el mezclado del combustible y el aire juntos en un tanque de vapor **100**. Una entrada de combustible **218** puede fijarse a la tubería de combustible **216** con el fin de acoplar la tubería de combustible **216** a una tobera o conector de suministro de combustible similar. En la modalidad específica de FIG. 2, la entrada de combustible **218** se proyecta de la tubería de aire **212** en su porción curvada, de modo que ninguna de las dos entradas obstruya la operación de la otra entrada, sino que, naturalmente, arreglos de admisión alternativos pueden emplearse por las personas que tienen habilidad ordinaria en el arte.

[0041] Es asimismo posible imprimirle rotación o arremolinar el aire que pasa a través de la tubería de aire **212** en algunas modalidades empleando, por ejemplo, hélices (no mostradas expresamente) provistas en el interior de la tubería de aire **212**. Las hélices ayudan a crear turbulencia **220** para mejorar así el mezclado del combustible y el aire, con el fin de lograr una combustión más completa, indicada generalmente por una llama **222**. Una combustión más completa puede obtenerse igualmente agregando una pequeña cantidad de agua al combustible, por ejemplo, aproximadamente dos a ocho por ciento y preferiblemente aproximadamente cinco por ciento de agua. El agua se evapora instantánea y violentamente al contacto con la llama **222**, resultando en una combustión más completa (pero bajando también la temperatura de la llama **222**). Un puerto de ignición **223** puede instalarse en el cabezal de entrada **210** en un ángulo de aproximadamente 45 grados para permitir a un operario encender la llama **222**.

[0042] Finalmente, puede proveerse también una admisión de agua **224** en el cabezal de entrada **210** para admitir agua de un suministro de agua externo (no mostrado expresamente) al sistema de vapor a chorro **100**.

La admisión de agua **224**, similar a la admisión de aire **214** y la admisión de combustible **218**, pueden diseñarse para acoplarse a una tobera de agua o conector similar de abastecimiento de agua en una manera conocida por las personas que tienen habilidad ordinaria en el arte. Agua bajo presión del suministro de agua externo se recibe a través de la admisión de agua **224** en un colector de entrada **226** montado en el interior del cabezal de entrada **210**. El colector de entrada **226**, en algunas modalidades, puede tener dos a tres pulgadas de profundidad con un diámetro exterior de 12 a 15 pulgadas y fabricarse de un material de acero al carbono o acero inoxidable Norma SA-53 ASME que se suelda al cabezal de entrada **210**.

[0043] El agua ingresa al colector de entrada **226** con un caudal, por ejemplo, de 20 galones por minuto, y es forzada a través de una pluralidad de toberas de agua **228** que sobresalen del colector de entrada **226** hacia la sección de combustión **202**. Las toberas de agua **228**, que pueden extenderse en cualquier parte desde simplemente más allá del colector de entrada **226** hasta la sección de combustión **202**, rocían chorros de agua **230** en la sección de combustión **202** los cuales forman una especie de cono o cortina de agua que rodea sustancialmente la llama **222**. Los chorros de agua **230** sirven como barrera de calor para bajar la temperatura alrededor de la llama **222** (sin enfriar la temperatura de la llama) e impedir así que el material estructural del sistema de vapor a chorro **100** y, particularmente, la sección de combustión **202**, exceda ciertos umbrales de temperatura.

[0044] Con respecto a la sección de combustión **202**, ésta es la sección del sistema de vapor a chorro **100** donde la combustión del combustible y el aire admitidos por la sección de entrada **200** puede tener lugar para producir gases de combustión. Como tal, la temperatura dentro de la sección de combustión **202** puede hacerse extremadamente alta, dependiendo del tipo de combustible utilizado. Por ejemplo, puede alcanzarse una temperatura de 3.500 4.000 grados Fahrenheit cuando se realiza una combustión estequiométrica de ciertos tipos de productos de hidrocarburos. Es por lo

tanto importante, por cuestiones de seguridad y otras razones, garantizar que la enorme cantidad de calor generado en la sección de combustión **202** no comprometa la integridad estructural del sistema de vapor a chorro **100**.

[0045] Con referencia nuevamente a FIG. 2, la sección de combustión **202** puede componerse de una carcasa de combustión **232** que se asemeja una sección de tubería (v.g., una tubería categoría 80 ANSI) o cilindro hueco en algunas modalidades. La carcasa de combustión **232** opera básicamente como una cámara de combustión y puede fabricarse del mismo material, o similar, de acero al carbono o acero inoxidable como el cabezal de entrada **210** descrito anteriormente. Esta carcasa de combustión **232** puede tener asimismo aproximadamente el mismo diámetro y espesor que el cabezal de entrada **210**, y puede tener aproximadamente tres a cinco pies o más y, preferiblemente, aproximadamente cuatro pies de largo. Por supuesto, otros tipos de materiales, dimensiones, formas y similares pueden usarse para la carcasa de combustión **232** por aquellas personas que tienen habilidad ordinaria en el arte, basadas en los requerimientos de una aplicación particular, sin apartarse del ámbito de las modalidades divulgadas.

[0046] Un colector de refrigerante **234** puede proveerse en la superficie interior de la carcasa de combustión **232** para efectos de refrigeración. Al igual que la carcasa de combustión **232**, el colector de refrigerante **234** puede ser una sección de tubería de tres a cinco pies o más (y preferiblemente aproximadamente cuatro pies) o cilindro hueco, fabricado de un material similar de acero al carbono o acero inoxidable, pero con bridas **235a** y **235b** formadas o fijadas en otra forma a sus extremos. Las bridas **235a** y **235b** pueden tener un diámetro exterior que les permite encajar a ras dentro y coaxialmente con la carcasa de combustión **232**, dejando un espacio anular de alrededor de dos a tres pulgadas entre la carcasa de combustión **232** y el colector de refrigerante **234**. Un fluido de enfriamiento, tal como agua, puede bombearse entonces desde un

suministro de refrigerante externo (no mostrado expresamente) a través de una o más tomas de refrigerante **236** provistas en la carcasa de combustión **232** para llenar el espacio anular con refrigerante (véase líneas onduladas). El refrigerante contribuye a evitar que la temperatura en la carcasa de combustión **232** exceda ciertos umbrales predefinidos. Una o más salidas de refrigerante **240** pueden proveerse en la carcasa de combustión **232** para permitir que el refrigerante en el espacio anular formado por la carcasa de combustión **232** y el colector de refrigerante **234** salga y se circule.

[0047] En algunas modalidades, como una medida de seguridad, el colector de refrigerante **234** puede tener un espesor menor y/o puede fabricarse de un material más débil que la carcasa de combustión **232**. Como resultado, puede comprometerse primero la integridad estructural del colector de refrigerante **234**, haciendo que el colector de refrigerante **234** colapse antes del fallo de la carcasa de combustión **232**, en el evento de un aumento súbito inesperado de temperatura. Esto permite que el refrigerante retenido por el colector de refrigerante **234** escape al interior de la carcasa de combustión **232** y, en esa forma, sofoque o extinga la llama **222** antes de que pueda comprometerse la integridad estructural de la carcasa de combustión **232** y, por lo tanto, del sistema de vapor a chorro **100**.

[0048] Además del colector de refrigerante **234**, un refractario **241** que tiene una o más secciones de refractario **242**, **244** y **246**, puede proveerse en la carcasa de combustión **232** para ayudar a resistir las altas temperaturas en la sección de combustión **202**. En algunas modalidades, el refractario **241** puede ser un refractario secado en horno, fundido, como un cartucho individual unitario, aunque es también posible utilizar tres secciones discretas y separadamente removibles **242-246** para el refractario **241**. Ejemplos de un refractario apropiado **241** pueden obtenerse de Diamond Refractory Services y Huber Construction Company, ambos de Houston, Texas, así como otros proveedores de refractarios. Materiales que pueden utilizarse para construir un refractario adecuado **241** pueden

obtenerse de Able Refractory Products, también de Houston, Texas.

[0049] Aunque tres secciones de refractario **242-246** se muestran en FIG. 2, es posible emplear una sola sección, dos secciones, o más de tres secciones de refractario en algunas implementaciones. Cualquier material refractario apropiado, conocido por las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte, puede emplearse para las secciones de refractario, incluyendo alúmina, sílice y óxido de magnesio. A modo de ejemplo, se ha descubierto que un material refractario, que contiene aproximadamente 60 por ciento de alúmina, 30 por ciento de sílice y 10 por ciento de otros ingredientes inertes, es efectivo en algunas modalidades. Pero en lugar de poner ladrillos pre-sinterizados de material refractario para construir el refractario **241**, o rociar un material refractario sobre el colector de refrigerante **234** que tiene que sinterizarse entonces, el refractario **241** (o cada sección de refractario **242-246**) se pre-moldea preferiblemente como un componente unitario discreto, que está listo para usarse y puede manejarse como una sola pieza. Esto permite que el refractario **241** (o cada sección de refractario **242-246**) se instalen más fácilmente en la sección de combustión **202** y se retiren de ella, según sea necesario, por ejemplo, cuando se realiza mantenimiento y reparación en el sistema de vapor a chorro **100**.

[0050] El refractario **241** puede ser generalmente de forma tubular y cada sección de refractario **242-246** puede tener un diámetro exterior que permite que el refractario **241** encaje en la sección de combustión **202** coaxialmente con el colector de refrigerante **234**. Esto resulta en que el refractario **241** tenga un diámetro exterior de aproximadamente 23 a 25 pulgadas (y, preferiblemente, alrededor de 24 pulgadas) en algunas modalidades. Un pequeño boquete anular (alrededor de 1/16 de pulgada, no expresamente mostrado) puede proveerse entre el refractario **241** y el colector de refrigerante **234** en algunas modalidades para permitir que aire de la tubería de aire **212** penetre y fluya entre el colector de refrigerante **234**

y las secciones de refractario **242-246**. Este flujo de aire en el pequeño boquete anular ayuda a contrabalancear la presión ejercida en el otro lado del refractario **241** de los gases de combustión que fluyen a través del interior de la sección de combustión **202**.

[0051] El uso del refractario **241** dentro del sistema de vapor a chorro **100** tiene como finalidad bajar la temperatura en la sección de combustión **202** desde entre 3.000 a 3.400 grados Fahrenheit, que es la temperatura máxima que pueden resistir los materiales refractarios actualmente disponibles, a alrededor de 600 grados Fahrenheit en o cerca de la superficie interior del colector de refrigerante **234**. De acuerdo con algunos cálculos, se necesita un espesor mínimo del refractario de alrededor de cuatro pulgadas para obtener la reducción de temperatura indicada anteriormente. Por consiguiente, en la mayoría de las modalidades, cada una de las secciones de refractaros **242-246** (asumiendo más de una sección de refractario) tiene por lo menos cuatro pulgadas de espesor. Nótese que la temperatura en, o cerca de, la llama **222** puede ser efectivamente más alta que el límite del refractario de 3.400 grados Fahrenheit para ciertos combustibles, pero se espera que los chorros de agua **230** de las toberas de agua **228** bajen esta temperatura a alrededor de 3.400 grados Fahrenheit (o menos) en, o cerca de, la superficie interior de las secciones de refractario **242-246** (sin disminuir la temperatura de la llama **222**).

[0052] De acuerdo con aspectos de la invención, una o más de secciones de refractario **242-246** pueden tener un espesor que es diferente de otro de las secciones de refractario **242-246**. Por ejemplo, siguiendo la dirección de flujo de los gases de combustión (es decir, de izquierda a derecha), cada sección de refractario **242-246** puede tener un espesor menor que la sección de refractario inmediatamente precedente **242-246**, resultante en un orificio mayor en cada sección de refractario **242-246**. En una implementación, la primera sección de refractario **242** puede tener un espesor de alrededor de seis pulgadas, mientras que la siguiente sección de

refractario **244** puede tener un espesor de alrededor de cinco pulgadas, y así sucesivamente. Cada disminución gradual en el espesor del refractario tiene el efecto de disminuir súbitamente la velocidad de los gases de combustión que fluyen a través de la sección de refractario **242-246** en relación con la sección de refractario precedente **242-246**. La súbita caída en velocidad, a su vez, crea o aumenta la turbulencia en los gases de combustión que hace que el calor se distribuya más uniformemente en toda la sección de combustión **202**.

[0053] En algunas modalidades, la última sección de refractario **246** a través de la cual fluyen los gases de combustión antes de ingresar a la sección de extinción **204** puede servir como una especie de tobera para canalizar los gases de combustión hacia la sección de extinción **204**. A este fin, la sección de refractario **246** puede tener un espesor que es menor en un extremo y se aumenta a medida que avanza hacia el otro extremo (el extremo adyacente a la sección de extinción **204**). A modo de ejemplo, la sección de refractario **246** puede tener un espesor de alrededor de cuatro pulgadas en el extremo más alejado de la sección de extinción **204**, y este espesor puede aumentar a alrededor de nueve pulgadas en el extremo más cercano a la sección de extinción **204**. El aumento en espesor puede ser un incremento lineal (resultante en una tobera en forma de cono), o puede ser un incremento exponencial (resultante en una tobera en forma de tazón) similar al mostrado en FIG. 2. En cualquiera de los dos casos, el espesor incrementado deja únicamente un pequeño pasaje **250** de alrededor de cinco a siete pulgadas de diámetro (y preferiblemente alrededor de seis pulgadas) en la sección de refractario **246** para que los gases de combustión fluyan a través de la sección de extinción **204** (por lo tanto, creando un efecto de embudo).

[0054] En algunas modalidades, la brida **235b** del colector de enfriamiento **234** (es decir, la adyacente a la sección de extinción **204**) puede extenderse radialmente hacia adentro en una distancia apropiada para

proporcionar un soporte de refuerzo para el refractario **241**. Un convertidor catalítico de alta temperatura tipo malla **252** puede disponerse en forma desmontable (v.g., mediante ganchos, etc.) sobre el pasaje **250** para convertir o reducir cualesquiera emisiones indeseadas (v.g., convertir monóxido de carbono en anhídrido carbónico, etc.), las cuales pueden resultar de la combustión incompleta del combustible y aire antes que los gases de combustión ingresen a la sección de extinción **204**.

[0055] La sección de extinción **204**, como la sección de entrada **200**, puede incluir un cabezal **254** que es similar en material y dimensiones al cabezal de entrada **210**, salvo que puede ser más larga (v.g., dos a tres pies de longitud). Este cabezal de extinción **254** puede tener una admisión de extinción **256** para admitir agua de un suministro de agua externo (no expresamente mostrado) para extinguir los gases de combustión. Tal admisión de extinción **256** puede diseñarse para acoplarse con una tobera de agua o conector similar de suministro de agua en una manera conocida por las personas que tienen habilidad ordinaria en el arte. Agua bajo presión del suministro de agua externo fluye a la admisión de extinción **256** a través de una tubería de agua **258** que introduce (v.g., mediante rociado) el agua directamente en el pasaje **250** para extinguir cualesquiera gases de combustión que entren a la sección de extinción **204**. El agua puede rociarse bastante uniformemente en un patrón anular o circular que puede extenderse aproximadamente dos o más pulgadas alrededor de la circunferencia del pasaje **250**. La introducción del agua en los gases de combustión calienta el agua en vapor recalentado o vapor (v.g., alrededor de 600 a 750 grados Fahrenheit).

[0056] En algunas modalidades, la admisión de extinción **256** y la admisión de agua **224** pueden conectarse o hallarse en otra forma en comunicación fluida una con otra y/o al mismo suministro de agua externo. Por supuesto, donde el refrigerante utilizado en el colector de refrigerante **234** es agua, la toma de refrigerante **236** puede conectarse igualmente a, o

estar de otro modo en comunicación fluida con, la admisión de agua **224**, la admisión de extinción **256**, y/o el mismo suministro de agua externo. En algunas modalidades, ciertos químicos bien conocidos por las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte pueden agregarse al suministro de aire para convertir cualesquiera gases indeseados en una sustancia soluble que posteriormente puede eliminarse.

[0057] Una salida de vapor **260**, provista en el cabezal de extinción **254**, permite que el vapor recalentado o vapor salga del sistema de vapor a chorro **100**. La salida de vapor **260** puede conectarse entonces a la tubería de flujo **122** (véase FIG. 1) para transportar el vapor recalentado o vapor a la formación subterránea **102**, o al grupo de turbina de gas-generador eléctrico **124** para cogeneración de calor y electricidad. En algunas modalidades, una válvula de alivio **262** puede proveerse en el cabezal de extinción **254** para liberar el exceso de presión del sistema de vapor a chorro **100**. Un drenaje **264** puede proveerse asimismo en el cabezal de extinción **254** para extraer cualesquiera sólidos o particulados que se recogen en el fondo del cabezal de extinción **254**. Finalmente, donde carbón pulverizado o un material de combustión similar se utiliza como combustible, puede instalarse un filtro **266** en forma desmontable en la parte delantera de la salida de vapor **260** para capturar cualquier ceniza volante que pueda estar presente como resultado de quemar el carbón pulverizado o material de combustión similar. En estas modalidades, puede proveerse una tobera de retro-lavado (*a backflush nozzle*) **268** para rociar nuevamente (*to back spray*) agua de una admisión de agua **270** sobre el filtro **266** con el fin de limpiar o lavar la ceniza volante del filtro **266**. La ceniza volante retro-lavada puede recogerse entonces periódicamente y eliminarse mediante el drenaje **264**, según sea necesario.

[0058] En algunas incorporaciones, una pluralidad de termopares u otros sensores de temperatura pueden proveerse en varios sitios en el sistema de vapor a chorro **100** para monitorear y regular la temperatura en

todo el sistema de vapor a chorro **100**, según sea necesario. Por ejemplo, un termopar **272a** puede proveerse en la carcasa de combustión **232** y configurarse para detectar la temperatura en el refractario **241**. Otro termopar **272b** puede proveerse en la carcasa de combustión **232** y configurarse para detectar la temperatura en la carcasa de combustión **232** misma. Aún otro termopar **272c** puede proveerse en la carcasa de combustión **232** y configurarse para detectar la temperatura en el colector de refrigerante **234**. Todavía otro termopar **272d** puede proveerse en el cabezal de extinción **254** y configurarse para detectar la temperatura en el interior del cabezal de extinción **254**. La salida de estos termopares **272a-d** puede alimentarse a varios dispositivos de monitoreo, basados en temperatura, para monitorear y regular la temperatura en todo el sistema de vapor a chorro **100**, según sea necesario. En una implementación, la salida del termopar **272c** para el colector de refrigerante **234** puede conectarse a una unidad de control de bombeo de combustible, la cual se configura para cerrar el paso del combustible a la sección de entrada **200** si la temperatura en el colector de refrigerante **234** excede un determinado umbral predefinido (v.g., 600 grados Fahrenheit). En otra implementación, la salida del termopar **272d** en el cabezal de extinción **254** puede conectarse a una unidad de control de bombeo de agua (no mostrada expresamente), la cual se configura para aumentar la cantidad de agua rociada sobre los gases de combustión, si la temperatura dentro del cabezal de extinción **254** excede un determinado umbral predefinido (v.g., 600 grados Fahrenheit).

[0059] Se describirá ahora la operación básica del sistema de vapor a chorro **100**. En general, se inyecta combustible en el sistema de vapor a chorro **100** a través de la sección de entrada **200** a alrededor de 5.000 psi (libras por pulgada cuadrada) desde un suministro de combustible externo por la admisión de combustible **218**. Al mismo tiempo, una cantidad estequiométrica o mayor (v.g., alrededor de 10 a 20 por ciento más) de aire se bombea al sistema de vapor a chorro **100** a alrededor de 500 psi desde un suministro de aire externo a través de la admisión de aire **214**. Técnicas

para regular el flujo de combustible y aire son bien conocidas por las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte y, en consecuencia, no se describirán aquí. El aire y el combustible se mezclan uno con otro, se encienden y se queman en la sección de combustión **202** para producir una mezcla caliente de gases de combustión, principalmente nitrógeno, anhídrido carbónico y agua (o vapor recalentado), con pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre (donde el azufre está presente en el combustible utilizado). Nótese que aunque se espera una combustión estequiométrica, las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte entienden que, en la práctica, la combustión puede ser a veces tan sólo "sustancialmente" estequiométrica, significando que puede haber una pequeña cantidad de material no quemado (v.g., menos del uno por ciento) restante en algunos casos.

[0060] El tipo de combustible empleado, en algunas modalidades, es petróleo crudo o una mezcla de petróleo crudo y diesel, aunque en sí mismo puede usarse igualmente diesel así como kerógeno, carbón pulverizado y otros productos de hidrocarburos de cadena larga y corta. Una pequeña cantidad de agua puede agregarse al combustible en algunas modalidades, por ejemplo, alrededor del dos al ocho por ciento y, preferiblemente, alrededor del cinco por ciento de agua, para mejorar la combustión y bajar además la temperatura de la llama **222**. Como se mencionó anteriormente, chorros de agua **230** de las toberas de agua **228** forman una especie de cono en movimiento o cortina de agua alrededor de la llama **222** que ayuda a bajar la temperatura de las secciones de refractario **242-246** (v.g., a alrededor de 3.400 grados Fahrenheit). Naturalmente, los chorros de agua **230** necesitan rociarse a una presión más alta que la presión del aire entrante, preferiblemente a alrededor de 600 psi.

[0061] Cuando los gases de combustión fluyen sobre las secciones de refractario **242-246**, el espesor decreciente de cada sección de refractario **242-246** reduce la presión (por lo tanto, la velocidad) de los gases de

combustión, creando o aumentando la turbulencia, la cual hace que el calor en los gases de combustión se distribuya más uniformemente. Los gases de combustión se canalizan entonces hacia el pasaje **250** donde el convertidor catalítico de alta temperatura en forma de malla **252** convierte o reduce cualesquiera emisiones indeseadas (v.g., monóxido de carbono en anhídrido carbónico, etc.), que puedan resultar de la combustión incompleta del combustible y el aire. En el pasaje **250**, la presión (por lo tanto, la velocidad) de los gases de combustión vuelve a aumentar hasta alrededor de 500 psi, debido al diámetro más pequeño del pasaje **250**.

[0062] A medida que los gases de combustión atraviesan el pasaje **250**, se introduce una cantidad suficiente de agua (v.g., se rocía, etc.) directamente en los gases de combustión de la tubería de agua **258** para producir vapor recalentado o vapor que reduce la temperatura en la sección de extinción **204** a alrededor de 600 a 750 grados Fahrenheit. En algunas modalidades, químicos para control de la corrosión, bien conocidos por las personas que tienen habilidad ordinaria en el arte, pueden agregarse al agua de la tubería de agua **258** para convertir los óxidos de nitrógeno y cualesquiera óxidos de azufre, contenidos en los gases de combustión, en sales solubles. Las sales solubles y cualesquiera compuestos de metal alcalinotérreo, que puedan estar presentes, pueden extraerse entonces periódicamente mediante el drenaje **264**. El vapor recalentado o vapor, nitrógeno y anhídrido carbónico pueden inyectarse entonces en una formación subterránea para recuperación de petróleo altamente viscoso, usarse para cogeneración de electricidad y calor, o como una fuente de energía en otras aplicaciones apropiadas.

[0063] Como se mencionó anteriormente, en algunas modalidades puede usarse carbón como el combustible. El carbón puede quemarse solo, o puede quemarse junto con un hidrocarburo líquido, por ejemplo, combustible diesel. En una implementación, carbón pulverizado puede convertirse en una lechada mezclando el carbón pulverizado con el combustible diesel, luego inyectando la mezcla de lechada en el sistema de

vapor a chorro **100**. Alternativamente, polvo de carbón puede mezclarse con el aire comprimido y bombearse al sistema de vapor a chorro **100**. En cualquiera de los dos casos, los gases de combustión producidos por quemar el carbón pulverizado o el polvo de carbón pueden secuestrarse debajo de la tierra inyectando los gases de combustión en la formación subterránea **102** (véase FIG. 1). Para estas implementaciones de combustión de carbón, el filtro **266** contribuye a minimizar cualquier ceniza volante producida del carbón. Esta novedosa aplicación del sistema de vapor a chorro **100** permite que se use carbón, el cual es una fuente conocida de lluvia ácida, smog y otros contaminantes, como combustible para una recuperación mejorada de hidrocarburos, cogeneración de electricidad y calor, u otras aplicaciones, en una manera limpia y ambientalmente responsable.

[0064] Volviendo ahora a FIGS. 3A-3B, se muestra una vista de la sección de entrada **200** desde sus extremos posterior (FIG. 3A) y delantero (FIG. 3B). Como puede verse en FIG. 3A, además de la admisión de aire **214** descrita previamente, la admisión de combustible **218**, el puerto de ignición **223** y la admisión de agua **224**, el cabezal de entrada **210** puede tener también uno o más puertos adicionales provistos en él. Por ejemplo, el cabezal de entrada **210** puede tener un puerto de inspección **300** para observar y examinar visualmente la llama **222** en algunas modalidades. El puerto de inspección **300** puede ser similar en tamaño, forma y ángulo al puerto de ignición **223**, o puede ser diferente en uno o más de esos aspectos, según se considere apropiado por las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte. De manera análoga, el cabezal de entrada **210** puede tener igualmente un puerto de apagado de llama **302** en algunas modalidades para permitir a un operador extinguir manualmente o ahogar la llama **222**, según sea necesario.

[0065] FIG. 3B muestra en más detalle las toberas de agua **228** empleadas para rociar los chorros de agua **230** que generan el cono de agua

alrededor de la llama **222**. En una implementación, puede haber seis toberas de agua **228** uniformemente espaciadas en el colector de admisión **226** alrededor de la tubería de combustible **216**, de manera que forme un patrón circular que tiene un diámetro de aproximadamente 8 a 10 pulgadas y, preferiblemente, aproximadamente 9 pulgadas. Por supuesto, pueden usarse también menos o más de seis toberas, dependiendo de las necesidades particulares de la aplicación. Las toberas de agua **228** pueden tener cualquier tamaño, forma y patrón de rociado, capaz de producir un cono o cortina de agua que sustancialmente rodee la llama **222** y que sea colindante con, o se extienda más allá de, la llama **222** en una magnitud predeterminada (v.g., seis pulgadas a un pie). Como se anotó anteriormente, la presión con la cual las toberas de agua **228** rocían los chorros de agua **230** debe ser mayor que la presión con la cual se bombea aire al sistema de vapor a chorro **100** (v.g., aproximadamente 600 psi).

[0066] FIGS. 4A-4B son vistas en corte transversal de la sección de combustión **202** a lo largo de la línea X-X (véase FIG. 2). Como puede observarse aquí, los chorros de agua **230** forman una especie de cono o cortina de agua que rodea sustancialmente la llama **222**. Estos chorros de agua **230** sirven como una barrera de calor para bajar la temperatura alrededor de la llama **222** y en esa forma protegen el refractario **241** de adquirir una temperatura demasiado elevada.

[0067] FIG. 5 ilustra una vista en perspectiva de las secciones de refractario **242-246** del refractario **241**. Tal como lo muestra esta figura, las secciones de refractario **242-246** son generalmente tubulares en su forma y tienen sustancialmente el mismo diámetro exterior, es decir, alrededor de 23 a 25 pulgadas (y, preferiblemente, alrededor de 24 pulgadas). No obstante, cada sección de refractario **242-246** puede tener un diámetro interior mayor (por lo tanto, un menor espesor) en su orificio que la sección de refractario precedente **242-246** (moviéndose en la dirección de flujo de los gases de combustión). Los diámetros interiores se indican en FIG. 5 por las flechas

500, 502 y 504. Los incrementos graduales en los diámetros interiores **500-504** hacen que la presión (por lo tanto, la velocidad) disminuya a medida que los gases de combustión ingresan a cada sección de refractario **242-246**. Este cambio súbito en la presión crea o aumenta la turbulencia en los gases de combustión, con el resultado de que el calor se distribuye más uniformemente en los gases de combustión.

[0068] FIGS. 6A-6B muestran una vista de la sección de extinción **204** desde el frente (FIG. 6A) y desde atrás (FIG. 6B). En estas figuras, así como en las figuras previas, varios componentes, tales como la admisión de extinción **256**, la tubería de agua **258**, la salida de vapor **260**, la válvula de alivio **262**, el drenaje **264** y la admisión de agua **270** se han posicionado en ciertas ubicaciones en el cabezal de extinción **254** para fines de ilustración. Sin embargo, las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte entenderán que pueden emplearse asimismo otras ubicaciones sin apartarse del ámbito de las modalidades divulgadas. Por ejemplo, en lugar de localizarse en la parte superior del cabezal de extinción **254**, la admisión de extinción **256** (y la tubería de agua **258** que se proyecta de ella) puede localizarse en uno cualquiera de los dos lados o en la parte inferior del cabezal de extinción **254**, y así sucesivamente.

[0069] Volviendo ahora a FIG. 7, se muestran principios básicos para la operación del sistema de vapor a chorro **100** mediante un diagrama de flujo **700**. Nótese que aunque el diagrama de flujo **700** contiene una pluralidad de bloques funcionales, uno o más de estos bloques pueden suprimirse del diagrama de flujo **700**, y/o uno o más bloques pueden agregarse al diagrama de flujo **700**, sin apartarse del ámbito de las modalidades divulgadas. Adicionalmente, uno o más de los bloques pueden combinarse con uno o más de otros bloques, o dividirse en múltiples bloques más pequeños, según se requiera, si apartarse de las modalidades divulgadas. Más aún, aunque los bloques se despliegan secuencialmente, las personas que poseen habilidad ordinaria en el arte reconocerán que pueden

sacarse uno o más bloques de la secuencia y/o simultáneamente con uno o más de otros bloques, según sea necesario.

[0070] El diagrama de flujo 700 comienza en el bloque 702, donde un combustible de alta temperatura, tal como diesel, petróleo crudo, una mezcla de diesel-petróleo crudo, carbón pulverizado y otros productos de hidrocarburos de cadena corta o larga se mezclan con una cantidad estequiométrica o mayor de aire bajo presión. En algunas modalidades, una cantidad predeterminada de agua puede mezclarse igualmente con el combustible para obtener una combustión más completa. La mezcla de combustible-aire se quema entonces en el bloque 704 para producir gases de combustión, principalmente nitrógeno, anhídrido carbónico y agua. En el bloque 706, la llama de combustión se rodea con un cono o cortina de agua para reducir la temperatura en el refractario del sistema de vapor a chorro 100. Puede entonces generarse una turbulencia usando el refractario para mejorar la distribución del calor en el bloque 708. En el bloque 710, pueden reducirse las emisiones indeseadas (es decir, convertirse) utilizando un convertidor catalítico apropiado de alta temperatura. Los gases de combustión se extinguen posteriormente con agua en el bloque 712 para producir vapor recalentado, que puede inyectarse entonces en una formación subterránea para recuperación de petróleo pesado o emplearse, según sea necesario, en algunas otras aplicaciones. Sólidos o cualesquiera otros particulados pueden extraerse periódicamente del sistema de vapor a chorro en el bloque 714. La temperatura en varios puntos de todo el sistema de vapor a chorro 100 puede detectarse usando termopares y similares en el bloque 716, y tomarse mediciones apropiadas de control para mantener la temperatura en ciertos niveles predefinidos.

[0071] Aunque los aspectos divulgados de la invención se han descrito con referencia a una o más implementaciones específicas, las personas expertas en el arte reconocerán que pueden introducirse muchos cambios. Por ejemplo, en lugar de extinguir los gases de combustión rociándoles

agua, el agua puede proveerse haciendo chorrear o escurrir el agua continuamente a través de un tanque perforado o colector en la sección de extinción. En consecuencia, cada una de las modalidades anteriores y sus variaciones obvias se contemplan como si cayeran dentro del espíritu y el ámbito de los diferentes aspectos de la invención, los cuales se exponen en las siguientes reivindicaciones.

LO QUE SE REIVINDICA ES:

1. Un aparato para generar una corriente de alta presión de vapor recalentado, aparato que se compone de:

una sección de entrada que tiene una pluralidad de toberas de agua y configurada para recibir un combustible de alta temperatura y una cantidad estequiométrica o mayor de aire comprimido para el combustible;

una sección de combustión adyacente a, y coaxial con, la sección de entrada, configurada la sección de combustión para alojar la combustión sustancialmente estequiométrica del combustible y el aire para producir gases de combustión; y

una sección de extinción adyacente a, y coaxial con, la sección de combustión, teniendo incorporada la sección de extinción una extinción de agua configurada para introducir agua directamente a los gases de combustión para producir vapor recalentado;

en donde las toberas de agua se configuran para rociar chorros de agua que sustancialmente rodean una llama producida por la combustión sustancialmente estequiométrica del combustible y el aire.

2. El aparato de la reivindicación 1, en donde una o más de la pluralidad de toberas de agua se extiende desde la sección de entrada a la sección de combustión.

3. El aparato de la reivindicación 1, en donde la sección de entrada incluye un múltiple de entrada configurado para suministrar agua a la pluralidad de toberas de agua.

4. El aparato de la reivindicación 1, en donde la sección de combustión incluye por lo menos un sensor de temperatura, comprendiendo además una unidad de control de bombeo de combustible, configurada para cerrar el paso de combustible a alta temperatura a la sección de entrada, si el sensor de temperatura detecta una temperatura por encima de un límite predeterminado.
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde el combustible a alta temperatura es un producto hidrocarburo de cadena corta o larga, incluyendo el producto de hidrocarburo de cadena corta o larga uno de los siguientes: metano, diesel, petróleo crudo, una mezcla de diesel-crudo, kerógeno y carbón pulverizado.
6. El aparato de la reivindicación 1, en donde la sección de combustión incluye un refractario unitario sustancialmente tubular.
7. El aparato de la reivindicación 6, en donde el refractario unitario sustancialmente tubular tiene una pluralidad de secciones de refractario y por lo menos una de la pluralidad de secciones de refractario tiene un espesor diferente de por lo menos una otra de la pluralidad de secciones de refractario.
8. El aparato de la reivindicación 6, en donde el refractario unitario sustancialmente tubular tiene una pluralidad de secciones de refractario y por lo menos una de la pluralidad de secciones de refractario se configura para canalizar los gases de combustión desde la sección de combustión a la sección de extinción.
9. Un aparato para generar una corriente de alta presión de vapor recalentado, aparato que se compone de:

una sección de entrada configurada para recibir un combustible de alta temperatura y una cantidad estequiométrica o mayor de aire

comprimido para el combustible;

una sección de combustión adyacente a, y coaxial con, la sección de entrada, configurada la sección de combustión para alojar la combustión sustancialmente estequiométrica del combustible y el aire para producir gases de combustión; y

una sección de extinción adyacente a, y coaxial con, la sección de combustión, teniendo la sección de extinción incorporada una extinción de agua, configurada para introducir agua directamente a los gases de combustión para producir vapor recalentado;

en donde la sección de combustión incluye un refractario unitario sustancialmente tubular.

10. El aparato de la reivindicación 9, en donde el refractario unitario sustancialmente tubular tiene una pluralidad de secciones de refractario y por lo menos una de la pluralidad de secciones de refractario tiene un espesor diferente de por lo menos otra de la pluralidad de secciones de refractario.

11. El aparato de la reivindicación 9, en donde el refractario unitario sustancialmente tubular tiene una pluralidad de secciones de refractario y por lo menos una de la pluralidad de secciones de refractario se configura para canalizar los gases de combustión desde la sección de combustión a la sección de extinción.

12. El aparato de la reivindicación 9, en donde la sección de combustión incluye un múltiple refrigerante, configurado para circular un refrigerante alrededor del refractario.

13. El aparato de la reivindicación 9, en donde la sección de combustión

incluye por lo menos un sensor de temperatura, constando además de una unidad de control de bombeo de combustible, configurada para cerrar el paso de combustible a alta temperatura a la sección de entrada, si el sensor de temperatura detecta una temperatura por encima de un límite predeterminado.

14. El aparato de la reivindicación 9, en donde la sección de entrada incluye una pluralidad de toberas de agua, configuradas para rociar chorros de agua, rodeando sustancialmente los chorros de agua una llama producida por la combustión sustancialmente estequiométrica del combustible y el aire.

15. El aparato de la reivindicación 9, que incluye además un convertidor catalítico removible de alta temperatura, configurado para convertir emisiones indeseadas en los gases de combustión antes de introducir agua en los gases de combustión.

16. El aparato de la reivindicación 9, que incluye además un filtro removible, configurado para capturar cualquier ceniza volante contenida en los gases de combustión, luego de que se introduzca agua a los gases de combustión.

17. El aparato de la reivindicación 9, que incluye además un filtro removible, configurado para retener cualquier ceniza volante en los gases de combustión luego de que se introduzca agua a los gases de combustión. Un método de generar una corriente de alta presión de vapor recalentado, método que comprende:

mezclar un combustible de alta temperatura y una cantidad estequiométrica o mayor de aire comprimido para producir una mezcla de combustible y aire;

quemar la mezcla de combustible y aire en un tanque de alta presión

para producir gases de combustión;

generar turbulencia en los gases de combustión usando un refractario en el tanque de alta presión, siendo el refractario una pieza unitaria que tiene una pluralidad de secciones de refractario;

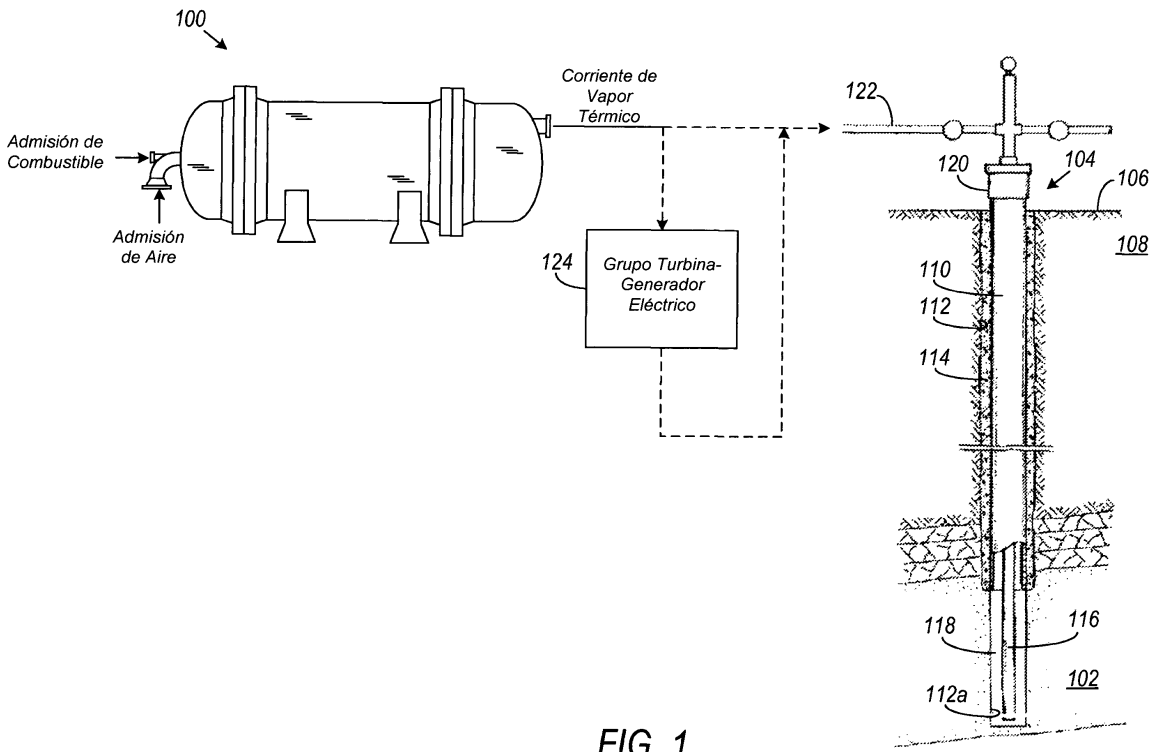
rodear una llama resultante de la combustión de la mezcla de combustible y aire con un cono de agua para reducir la temperatura en el refractario; y

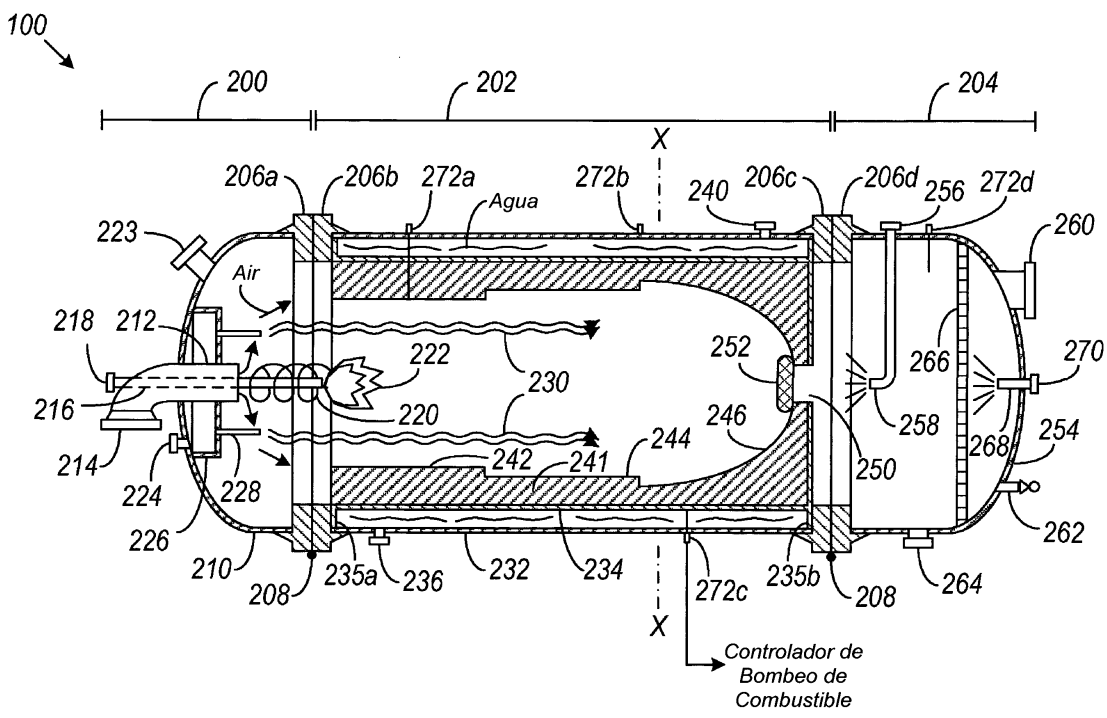
introducir agua directamente a los gases de combustión para producir vapor recalentado.

18. El método de la reivindicación 17, en donde la corriente de alta presión de vapor recalentado se inyecta en una formación subterránea para la recuperación de petróleo viscoso pesado.

19. El método de la reivindicación 17, en donde la corriente de alta presión de vapor recalentado se provee a un grupo de generador eléctrico - turbina y se usa para la cogeneración de electricidad y calor.

20. El método de la reivindicación 17, que comprende además utilizar un convertidor catalítico de alta temperatura para reducir emisiones indeseadas en los gases de combustión antes de introducir agua a los gases de combustión.





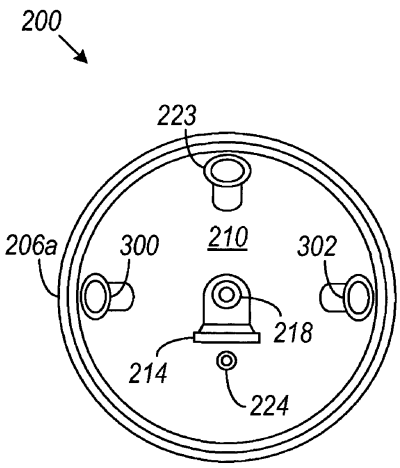


FIG. 3A

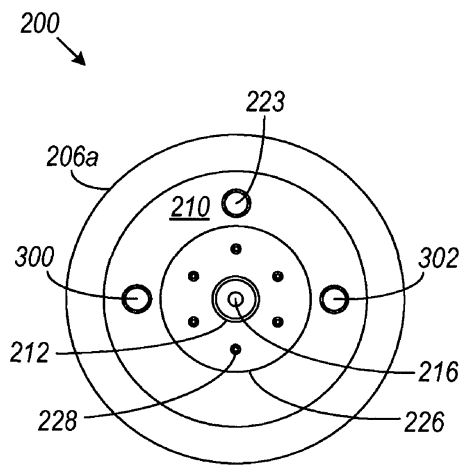


FIG. 3B

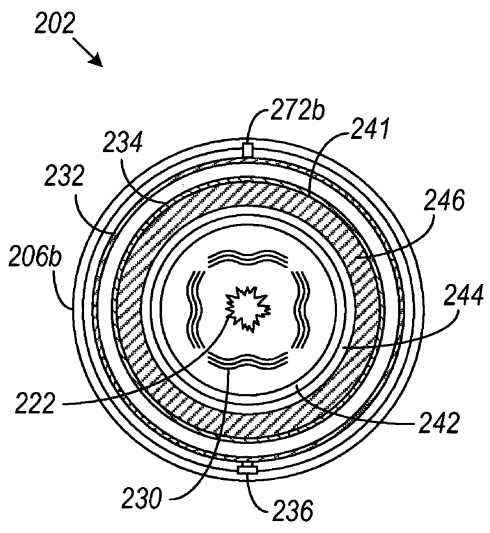


FIG. 4A

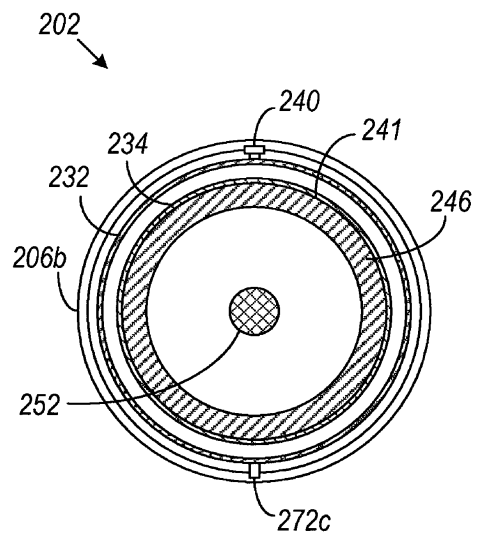


FIG. 4B

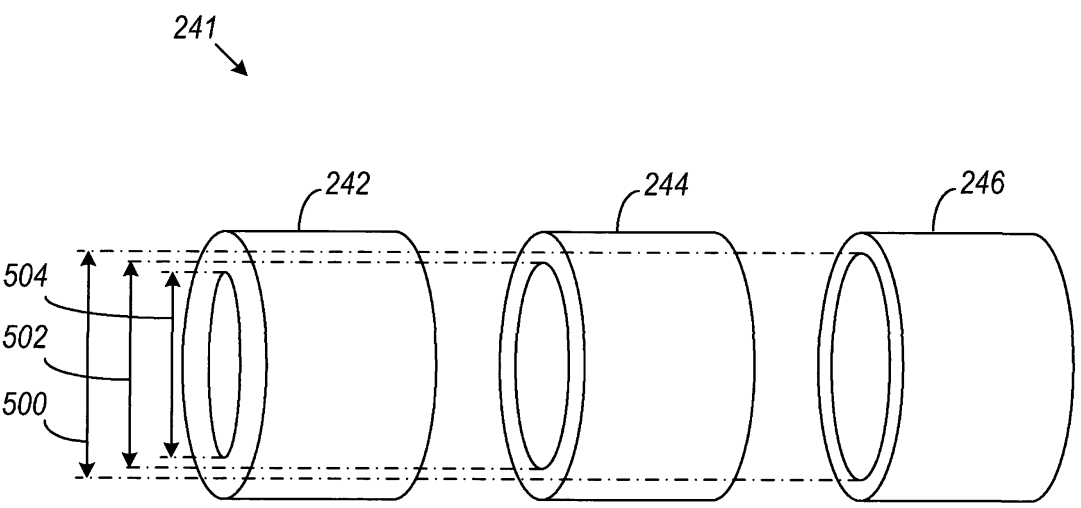


FIG. 5

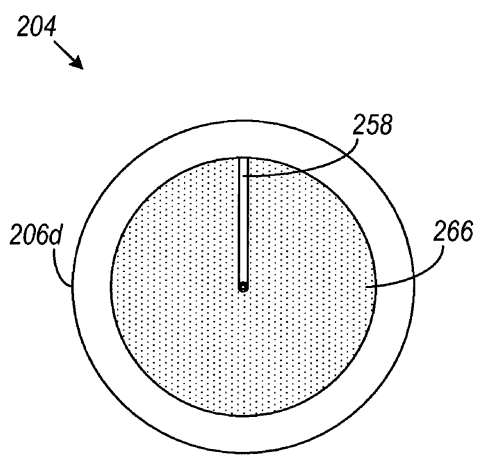


FIG. 6A

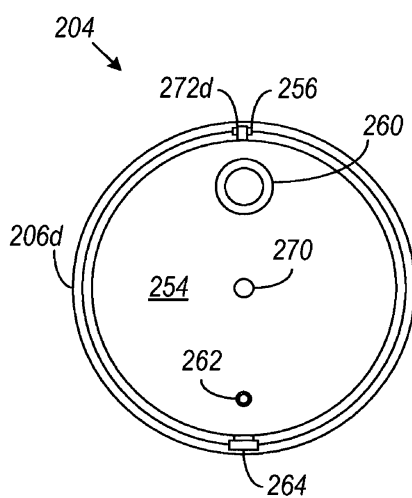


FIG. 6B

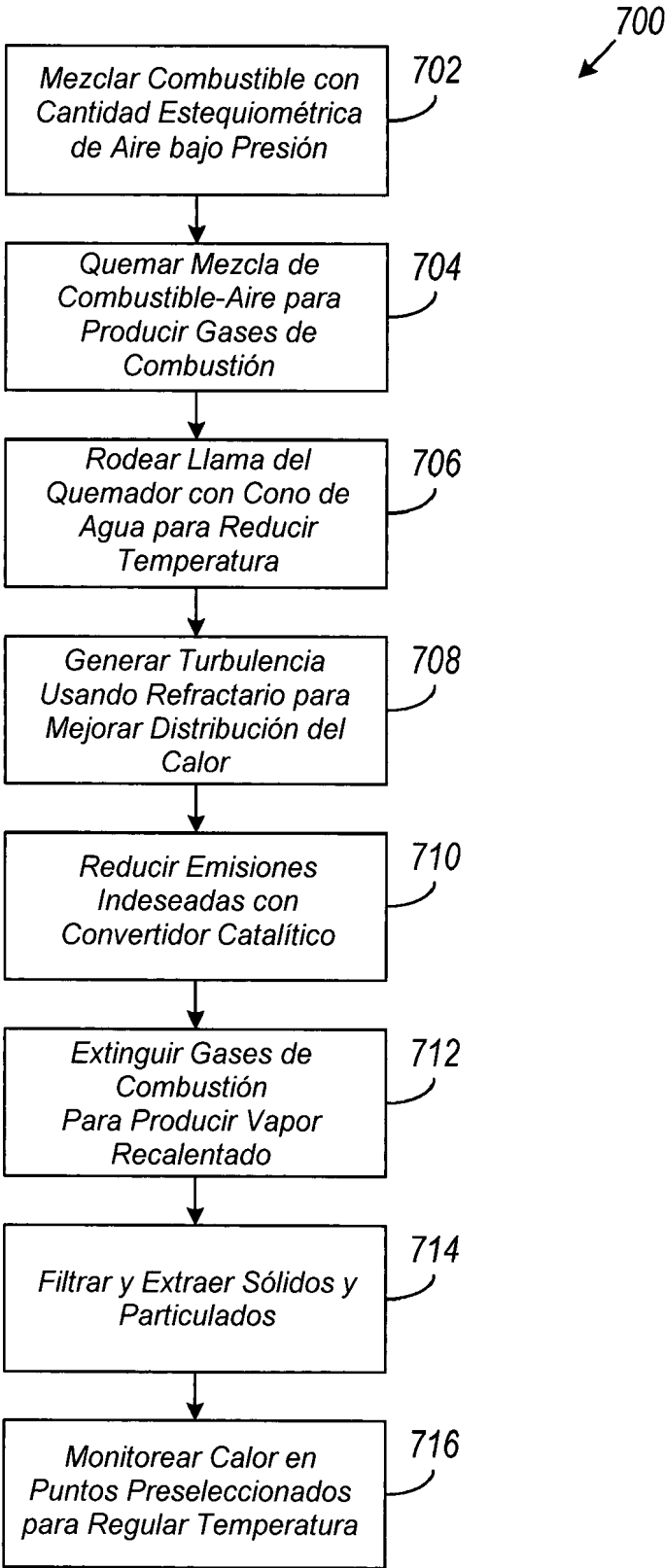


FIG. 7

PATENTE DE INVENCION ☐ MODELO DE UTIL ☐

Fecha: 2012-03-06 16:47:38 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 45

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒	Indicación que se solicita una PCT
☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☒	Dibujos de ser estos pertinentes
☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐ (Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐ (Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐