



No. 07-086901-00000-0000

Fecha: 2007-08-24 13:06:33 Dep. 2020 NUECREACIONE
 Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
 Act. 411 PRESENTACION Folios: 80

PETIT

Industria y Comercio
 SUPERINTENDENCIA

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-086901-00000-0000

Fecha: 2007-08-24 13:06:33 Dep. 2020 NUECREACIONE
 Tra. 2 PATENTES Eve: 1 REGDEPOSITO
 Act. 411 PRESENTACION Folios: 80

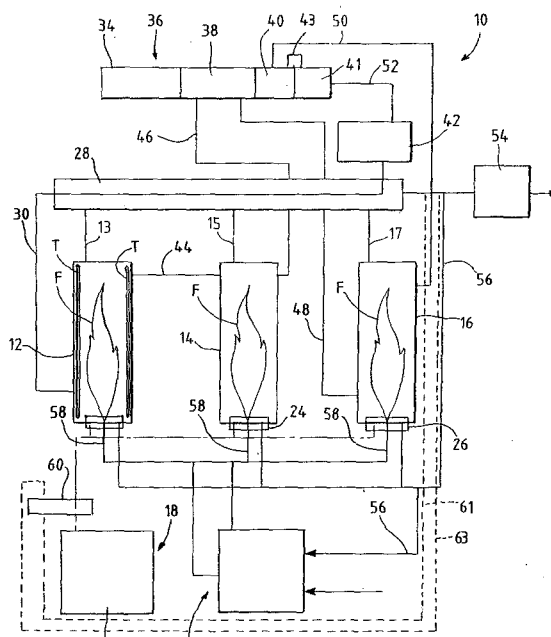
FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTE
 PCT
 ENTRADA EN FASE NACIONAL

1/10/2007

1 SOLICITUD DE:			
☒ Patente de Invención		☐ Patente de Modelo de Utilidad	
Capítulo I		Capítulo II	
2 SOLICITANTE (71)	Nombre: JUPITER OXYGEN CORPORATION Dirección: 4825 N. Scott Street Teléfono: Fax: E-Mail: Domicilio: Schiller Park, ILLINOIS 60176 Estados Unidos de América	IDENTIFICACION C.C. ☐ NIT ☐ C.E. ☐ Otro ☐ Número _____	
3 REPRESENTANTE O APODERADO (74)	Nombre: FERNANDO PEREZ CABALLERO Dirección: Calle 76 No 8-56 Bogotá D.C. Teléfono: 3102514 Fax: 3217115 E-Mail: <u>jiperez@cable.net.co</u>	IDENTIFICACION C.C. ☒ NIT ☐ C.E. ☐ Otro ☐ Número 17.173.340 TP 18.531	
4 INVENTOR(ES) (72)	Nombre: Brian R. Patrici, Tom L. Ochs, Danylo B. Oryschyn y Cathy A. Summers Dirección: 1913 W. Huron, 1509 Queen Ave SW, 2515 Green St. y 1120 Lawnridge St. SW Domicilio: Chicago, Illinois, Albany, Philomath y Albany, Oregon, Estados Unidos de América	☐ ☐	
PCT (86) Solicitud Internacional No. PCT/US 2006/007568 Fecha Mar 1 2006 Publicación Internacional No. WO 2006/094182 A2 Fecha Sept. 8 2006 Título(54): CALDERA DE OXIGENO Y COMBUSTIBLE BASADA EN MODULOS			
7	Clasificación Internacional (51): B29K 25/00; C08F 290/04; B29C 45/00		
8	Prioridad SI ☒ NO ☐	(33)País de Origen US	(32)Fecha Marzo 1 2005
			(31)N° de Solicitud 11/070,177
9	Comprobante de Pago No.: 07-49,818 Fecha Junio 21, 2007		

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☐ Documento que acredite la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica **COPIA AUTENTICA VER Expediente 03.094.940**
- ☒ Poderes, si fuere el caso. **COPIA AUTENTICA VER Expediente 03.094.940**
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante
- ☐ Copia de la solicitud internacional (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano. (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☐ Copia del Examen preeliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar. (IPEA)
- ☐ Traducción del Examen preeliminar 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 la comunidad de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12
- ☐ De ser el caso modificaciones efectuadas a la solicitud internacional
- ☒ Otros

FIG. 1

NOMBRE: **FERNANDO PEREZ GABALLERO**

FIRMA:

C.C. 17.173.340

TP. 18.531

33

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-086901-00000-0000
TRA. 11 PATENTE IYI Dep. 2020 NUECREACIONE
Act. 411 PRESENTACION Evt. 1 REGDEPOSITO
Folios: 80

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 000176009-2

RECIBO OFICIAL DE CAJA : 07 - 49.810
FECHA : JUNIO 21 DE 2007

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 07-086901-00000-0000

Fecha: 2007-08-24 13:06:33 Dep. 2020 NUECREACIONE
Tra. 11 PATENTE IYI Evt. 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 80

***** CONSIGNACION *****

DEPOSITANTE	TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PGO	Vr. PAGO
CONSUELO ZARAMA	CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00110-6	63071216	21/06/2007	756,000.00

***** CONCEPTO *****

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	TOTAL CONCEPTO
1	50005-01-01	SOLICITUDES	
1		TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE IN	482,000.00
		TOTAL :	\$ 482,000.00

SON: CUATROCIENTOS OCHENTA Y DOS MIL PESOS

RESPONSABLE : 

RECIBO DE CAJA APLICADO AL EXPEDIENTE No. _____



INDUSTRIAL PROPERTY - COPYRIGHTS
PHARMACEUTICAL LICENSES

AGENCY ESTABLISHED IN 1866
Cables: "HERALDO" or "PERMAR"

Air Mail Boxes { 999
3400
5182
Bogotá, Colombia, S.A.

IMPORTANT NOTE

The lodging of this GENERAL POWER with the Patent Office obviates the necessity of presenting special powers with each individual trade mark application.

FOR PATENTS AND TRADE MARKS IN
COLOMBIA

Poder General

General Power of Attorney

1 Applicant's name

2 Applicant's address

3 Give blank

4 Date

5 Applicant's signature

The applicant's signature must be attested by a Notary Public through the NOTARIAL CERTIFICATE: In the «(Individual)», when the signer is a natural person; and in the «(Corporations)», when is legal one. The Notary's signature must then be legalized by a Colombian Consular Officer. Who must also issue a declaration.

La firma del solicitante debe ser atestada por un Notario Público por medio de la DECLARACION NOTARIAL: en la «(Individual)», cuando el firmante es una persona natural; y en la de «(Sociedades)», cuando es una persona jurídica. La firma del Notario deberá ser legalizada por el Consulado Colombiano.

(1) _____

domiciliado en (2) _____

nombra al Dr. FERNANDO PEREZ CABA-
LLERO y/o MARIA DEL CONSUELO
ZARAMA URDANETA

domiciliados en Bogotá, República de Colombia, con dirección en la _____

_____ de la misma ciudad, como sus representantes con poder especial amplio y suficiente, para recabar de las oficinas y autoridades Colombianas, administrativas, judiciales o de policía, en primera o segunda instancia, la obtención de Patentes de Invención, Registro de Marcas, de Modelos y de Dibujos Industriales, de Nombres Comerciales y Enseñas, lo mismo que trasposos, extensiones, renovaciones, cambios de nombre, registro de licencias de explotación y registro de licencias de uso referentes a tales actuaciones, a cuyo efecto les faculta para dar ante dichas autoridades todos los pasos necesarios al objeto indicado, elevar solicitudes, formular descripciones, enmiendas, protestas, declaraciones, apelaciones y reclamos, solicitar la aplicación de medidas cautelares, aceptar en nuestro nombre y representación la Cesión de derechos de Invención y de patente de invención que se nos haga por cualquier persona, abonar todos los impuestos, cuotas y pagos determinados por la ley, recibir todos los documentos y valores dando el descargo respectivo, llenar cualesquiera otros requisitos, desistir y tomar en fin todas las medidas que creyeren conducentes al resguardo de nuestros intereses y en caso de presentarse oposiciones para que intervengan como demandantes o como demandados, con todas las demás facultades legales necesarias. Este poder comprende además las facultades de recibir, desistir, transigir, comprometer, sustituir, revocar sustituciones, recibir notificaciones y nombrar apoderados judiciales o extrajudiciales.

Dado y firmado en (4) _____

(5) _____
Corporate Seal to be affixed Jupiter Oxygen Corporation
Mark Schoenfield - Vice President, General Counsel

(1) _____

Jupiter Oxygen Corporation

domiciled in (2) _____

4825 N. Scott Street
Schiller Park, IL 60176, USA

hereby appoint Dr. FERNANDO PEREZ CABA-
LLERO and/or MARIA DEL CONSUELO
ZARAMA URDANETA

domiciled in Bogotá, Republic of Colombia, _____

_____ of the same City, as our representatives with special, ample and sufficient power to obtain from the offices and Colombian authorities, administrative, judicial and police, in first or in second instance, Privileged Patents of Invention, Registration of Trade Marks, of Models and Industrial Drawings, of Commercial Names and ensigns, as well as assignments, extensions, renewals, changes of name, registration of licences of exploitation and of licences of use referring to said actions, who are empowered to take before said authorities all of the necessary steps for the purposes indicated, to file application, to formulate descriptions, corrections, protests, declarations, appeals and claims, apply for precautionary measures, to accept on our behalf and representation the assignment of rights of invention and titles of invention that may be done to us by any person, to pay all taxes, quotas and payments prescribed by law, to receive all the documents and proceeds giving the respective acquittance or receipt; to fulfill any other requisites to desist and take in fact any other measures that may be deemed conducive to the safeguard of our interests, and in case oppositions are presented to intervene as complainant, and defendant, with all necessary legal faculties. This power of attorney includes the faculties to receive, desist, compromise, transact substitute it in all or in part, to revoke substitutions, to receive notifications and to appoint extra-judicial or judicial attorneys.

Given and signed in (4) _____

La declaración Notarial a la vuelta
Notarial acknowledgement on other side

DECLARACION NOTARIAL

(Individual)

A los _____ días del mes _____ de 19 _____
comparecí _____ personalmente ante mí, Notario
Público _____

a quien(es) doy fé de conocer y me consta que
es (son) la(s) persona(s) descrita(s) y firman-
te(s) del documento que precede, declarando
ante mí que otorga(n) el mismo para los fines
y propósitos que en él se expresan.

El Notario Público,

(Sociedades)

El infrascrito Notario Certifica: que la firma
que antecede y dice _____

es auténtica; que el signatario desempeña ac-
tualmente el cargo de _____

que tiene facultad para otorgar este poder; y
que dicha compañía está domiciliada en _____

y actualmente existe y está organizada de
acuerdo a las leyes de _____

Todos los hechos anteriores le constan por ha-
ber examinado los documentos respectivos y
de todo ello da fé.

Dado y firmado en _____

El Notario Público,

(Con declaración y legalización Consular)

NOTARIAL CERTIFICATE

(Individual)

On this _____ day of _____ 19 _____
personally appeared before me, a Notary Public

to me known, and known to me to be the
person(s) described in and who executed the
foregoing document, and he (they) duly acknow-
ledged to me that he (they) executed the same
for the uses and purposes therein expressed.

Notary Public.

(Corporations)

The undersigned Notary Public certifies; that
the preceding signature reading _____
Mark Schoenfield

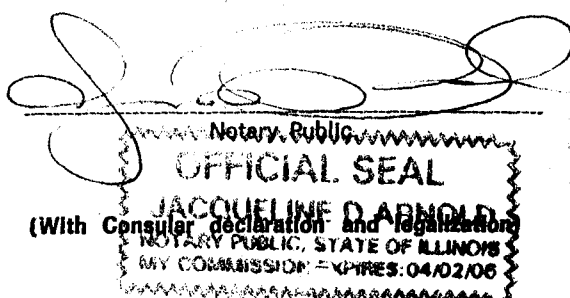
is authentic; that the signer at present fills
the post of _____
Vice President, General Counsel
of _____
Jupiter Oxygen Corporation

and that he is empowered to grant this power;
and that said company is domiciled in _____
4825 N. Scott Street
Schiller Park, Illinois 60176 USA

and actually exists and is organized in accor-
dance with the laws of _____

All the foregoing facts are known to the No-
tary due to his having examined the respective
documents to which he, the Notary attests.

Granted and signed in Cook County,
Illinois





SPRINGFIELD, ILLINOIS

APOSTILLE

(Convention de La Haye du 5 Octobre 1961)

1. Country: United States of America
This public document
2. has been signed by JACQUELINE D. ARNOLD
3. acting in the capacity of NOTARY PUBLIC, COOK COUNTY
4. bears the seal/stamp of STATE OF ILLINOIS

Certified

5. Springfield, Illinois
6. DECEMBER 3, 2003
7. by the Secretary of State, State of Illinois
8. No. 80306
9. Seal/Stamp:
10. Signature:

Jesse White

JESSE WHITE
SECRETARY OF STATE
STATE OF ILLINOIS



6
b

[TRADUCCIÓN OFICIAL DEL INGLÉS]

[Sello:]

SELLO OFICIAL

JACQUELINE D. ARNOLD

NOTARIA PÚBLICA, ESTADO DE ILLINOIS

MI COMISIÓN EXPIRA: 04/02/06

ESTADO DE ILLINOIS

Secretaría de Estado

SPRINGFIELD, ILLINOIS

APOSTILLA

(Convención de La Haya del 5 de Octubre de 1961)

1. País: Estados Unidos de América

Este documento público

2. Ha sido firmado por: JACQUELINE D. ARNOLD

3. En su calidad de: NOTARIA PUBLICA, CONDADO DE COOK

4. Y lleva el sello de: ESTADO DE ILLINOIS

Certificado

5. En: Springfield, Illinois

6. El día: 3 DICIEMBRE 2003

7. Por: El Secretario de Estado de Illinois

8. Bajo el No.: 80306

9. Sello: SELLO DEL ESTADO DE ILLINOIS

10. Firma: JESSE WHITE, SECRETARIO DE ESTADO DE ILLINOIS

M. Méndez S.
JOSE MIGUEL MENDEZ

Traductor Oficial

Res. 911 de Mayo 1988 MINJUSTICIA

7x

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA DE CONFORMIDAD CON
EL TRATADO DE COOPERACION DE PATENTES

(PCT)

- (19) Organización Mundial de Propiedad Intelectual
Oficina Internacional
- (43) Fecha de publicación internacional: 8 Septiembre 2006
- (10) Número de publicación internacional: **WO 2006/094182 A2**
- (51) Clasificación internacional de patentes: *No clasificada*
- (21) Número de solicitud internacional: PCT/US2006/007568
- (22) Fecha de presentación internacional: 1 Marzo 2006
- (25) Idioma de presentación: Inglés
- (26) Idioma de publicación: Inglés
- (30) Datos de prioridad:
11/070,177 1 Marzo 2005
- (71) Solicitante: JUPITER OXYGEN CORPORATION [EU/EU]:
4825 N. Scott Street, Schiller-Park, IL 60176 (EU)
- (72) Inventores: PATRICK, Brian R; 1913 W. Huron, Chicago,
Illinois 60622 (EU). OCHS, Tom L; 1509 Queen Ave. SW,
Albany, OR 97321 (EU). ORYSCHYN, Danylo B; 2515 Greeen
Street, Philomath, OR 97370 (EU). SUMMERS, Cathy A; 1120
Lawnbridge Street SW, Albany, OR 97321 (EU).
- (74) Representantes: GURFINKEL, Daniel M. y colaboradores:
WELSH & KATZ LTD., 120 S Riverside Plaza, Piso 22, Chicago,
IL 60606 (EU)
- (81) Países designados (*para toda clase de protección nacional
disponible a no ser que se indique otra cosa*):

AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA,
CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT,
RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT,
TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Países designados (para toda clase de protección regional disponible a no ser que se indique otra cosa):

ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasia (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), Europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IS, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publicada:

- Sin reporte de búsqueda internacional y será publicada de nuevo una vez recibido dicho reporte

Para una explicación de los códigos de dos letras y las otras abreviaturas, se hace referencia a las explicaciones ("Notas Guía sobre Códigos y Abreviaturas") al principio de cada edición regular de la Gaceta PCT.

(54) **Título:** CALDERA DE OXIGENO Y COMBUSTIBLE BASADA EN MODULOS

(57) **Resumen:** Un sistema de calderas para la producción de vapor a partir de agua incluye una pluralidad de calderas de oxígeno y combustible dispuestas en serie. Cada caldera tiene una entrada en comunicación de flujo con una pluralidad de tubos. Los tubos de cada caldera forman por lo menos una pared de tubos. Cada una de las calderas está configurada para evitar substancialmente la introducción de aire. Cada caldera incluye un sistema de combustión de oxígeno y combustible que incluye un suministro de oxígeno para suministrar oxígeno de una pureza mayor de 21 por ciento, un suministro de combustible basado en carbono para suministrar un combustible basado en carbono, y por lo menos un sistema de quemador de oxígeno y combustible para alimentar el oxígeno y el combustible basado en carbono hacia adentro de su respectiva caldera en una proporción aproximadamente estequiométrica. El sistema de oxígeno y combustible está configurado para limitar a una tolerancia predeterminada un exceso ya sea de oxígeno o de combustible basado en carbono. Los tubos de caldera de cada caldera están configurados para exposición de energía radiante directa para transferencia de energía. Cada una de las calderas es independiente de cada una de las otras calderas.

CALDERA DE OXIGENO Y COMBUSTIBLE BASADA EN MODULOS

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a una caldera alimentada por oxígeno. Más particularmente, la presente invención se refiere a una caldera de oxígeno y combustible basada en módulos la cual tiene un diseño flexible.

[0002] Las ventajas de los sistemas de combustión de oxígeno y combustible son bien reconocidas. Por ejemplo, Gross, patente de E.U. No. 6,436,337 y patente de E.U. No. 6,596,220 sostiene que algunas de las ventajas de los sistemas de combustión de oxígeno y combustible son menor contaminación ambiental (menor generación de NOx), alta eficiencia, altas temperaturas de llama y diseño global de menor tamaño de las plantas. Las patentes de Gross, pertenecientes al mismo titular de la presente solicitud, se incorporan aquí a modo de referencia.

[0003] Con el fin de extraer la energía del combustible, las calderas típicamente proporcionan alguna manera de alimentar energía a un líquido (mediante combustión del combustible) para cambiar el estado del líquido. Luego la energía es extraída del líquido típicamente en forma de movimiento mecánico (o energía cinética). La mayoría de las calderas utilizan agua como líquido de trabajo para extraer energía del combustible. El agua se pasa a través de tubos que conforman una o más "paredes" o haces dentro de la caldera.

[0004] Las paredes de los tubos de las calderas están diseñadas típicamente para transferir energía (en forma de calor) al agua a través de la pared de los tubos en varios circuitos y pasos de las paredes. A medida que el agua pasa

por los tubos, el agua es calentada bajo presión y colocada en un alto nivel de energía (y cambio de fase) a través de etapas de sobrecalentamiento, recalentamiento y/o supercríticas. También se pueden utilizar otras etapas, por ejemplo una unidad economizadora, a través de las cuales es pasada el agua en secciones de pared de horno antes de los pasos de sobrecalentamiento. El agua se calienta adicionalmente mediante transferencia convectiva de calor proveniente de los gases calentados que fluyen pasando los haces (por ejemplo en el economizador).

[0005] Cada una de las etapas o regiones de la caldera está diseñada para operar con base en cierto tipo de mecanismo o fenómeno de transferencia de calor. Por ejemplo las paredes inferiores del horno están diseñadas para transferencia de calor radiante, mientras que los haces superiores, las secciones de sobrecalentamiento, de recalentamiento y la sección economizadora están diseñados para funcionar con base en un principio de transferencia convectiva de calor. Las personas con experiencia en este campo de la técnica comprenderán que los mecanismos de transferencia de calor no se excluyen entre sí durante el calentamiento del agua en la caldera.

[0006] Aunque tales configuraciones de caldera continúan sirviendo para sus aplicaciones y para sus propósitos, ellas no necesariamente aprovechan totalmente las altas temperaturas de llama y los bajos volúmenes de gas de escape de los sistemas de combustión de oxígeno y combustible. Por consiguiente existe una necesidad de una caldera que utilice un sistema de combustión de oxígeno y combustible para reducir la contaminación ambiental. Deseablemente tal diseño de caldera proporciona alta eficiencia (comparando la alta proporción de calor transferido al líquido de trabajo respecto

al calor disponible de los productos de combustión) y hace uso de altas temperaturas de llama. Más deseablemente tal configuración de caldera puede proporcionar un diseño físico general de planta más pequeño.

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

[0007] Un sistema de caldera basado en módulos usa una pluralidad de calderas de oxígeno y combustible independientes configurada en serie para producir vapor a partir de agua. Las calderas están configuradas para llevar a cabo una diferente función de transferencia de calor unas respecto de las otras. Una primera caldera o caldera principal tiene una entrada de agua de alimentación en comunicación de flujo con una pluralidad de tubos que transportan agua. Las calderas están configuradas para evitar substancialmente la introducción de aire.

[0008] Los tubos de la caldera principal forman por lo menos una pared de agua. Cada caldera incluye un suministro de oxígeno para suministrar oxígeno de una pureza mayor de 21 por ciento y preferiblemente de por lo menos aproximadamente 85 por ciento, un suministro de combustible basado en carbono para suministrar un combustible basado en carbono, y al menos un sistema quemador de óxígeno-combustible. El sistema quemador alimenta el oxígeno y el combustible hacia adentro de una caldera en una proporción aproximadamente estequiométrica para limitar a una tolerancia predeterminada un exceso ya sea de oxígeno o bien de combustible basado en carbono. Los tubos de cada caldera están configurados para exposición energía radiante directa para transferencia de energía de la llama a los tubos de pared de agua. A diferencia de la nomenclatura tradicional, el término 'paredes de agua' tiene el propósito de incluir todos los tubos de caldera en una zona radiante a pesar de que los tubos pueden transportar vapor.

12
12

[0009] En una forma de realización del sistema de caldera, la segunda caldera es una caldera de sobrecalentamiento y el vapor producido por la primera caldera es alimentado directamente a la caldera de sobrecalentamiento. El vapor sale de la caldera de sobrecalentamiento y fluye hacia la turbina principal de vapor. Alternativamente el sistema puede incluir una caldera de recalentamiento (que se alimenta del vapor de salida de la turbina de vapor de alta presión) que recalienta el vapor en una caldera de oxígeno y combustible similar a la caldera principal y alimenta una turbina de vapor de recalentamiento. La transferencia de energía o función de calentamiento de cada una de las calderas es diferente de cada una de las otras calderas. Es decir, en la primera caldera se calienta agua desde un valor relativamente bajo de energía (entalpía) hasta convertirla en vapor saturado. En la caldera de sobrecalentamiento (si se utiliza una) se calienta adicionalmente el vapor hasta condiciones de sobrecalentamiento. Luego en el recalentador el vapor de salida de la turbina de alta presión se recalienta para ser alimentado a una turbina de vapor de recalentamiento.

[0010] El sistema de calderas puede incluir un condensador configurado de manera que el vapor salga de la turbina de vapor de alta presión hacia una o varias turbinas de vapor de recalentamiento opcionalmente hacia una o varias turbinas de presión baja y luego hacia el condensador. Un sistema de calderas preferido incluye un economizador. El economizador tiene un lado de gas que recibe productos de combustión ("gases de escape" o "gases de chimenea") provenientes de las calderas, y un lado de agua de alimentación, de tal modo que los productos de combustión precalientan el agua de alimentación de calderas antes de la introducción del agua de alimentación a la caldera principal. Después de salir del economizador los gases de escape pueden ser utilizados para

precalentar el agente oxidante para el sistema de combustión de oxígeno y combustible, generalmente presentes en el sistema de gases de escape antes de cualquier tratamiento de procesamiento de gases de escape corriente abajo que se pueda desear. Se puede lograr energía incrementada mediante agrupamientos paralelos de sistemas de calderas modulares.

[0011] Los quemadores de oxígeno y combustible pueden configurarse para muchos tipos diferentes de combustible, como por ejemplo, gas natural, aceite, carbón y otros combustibles sólidos. Al utilizar un combustible sólido, se puede usar una porción de los gases de escape (opcionalmente mezclada con oxígeno) para transportar el combustible sólido hacia adentro de las calderas. Los gases de alimentación del combustible pueden ser gases de escape provenientes de la corriente abajo del economizador.

[0012] Estas y otras características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes en la siguiente descripción detallada conjuntamente con las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

[0013] Los beneficios y las ventajas de la presente invención resultarán más fácilmente evidentes para las personas con experiencia en el campo relevante de la técnica después de revisar la siguiente descripción detallada en conjunción las figuras acompañantes.

[0014] La Figura 1 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de calderas de recalentamiento/subcrítico que tiene calderas de oxígeno y combustible basadas en módulos y que incorpora los principios de la presente invención.

14
17

[0015] La Figura 2 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de calderas de no-recalentamiento/subcrítico que tiene calderas de oxígeno y combustible basadas en módulos y que incorpora los principios de la presente invención.

[0016] La Figura 3 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de calderas de recalentamiento/subcrítico que tiene calderas de oxígeno y combustible basadas en módulos y que incorpora los principios de la presente invención.

[0017] La Figura 4 es un diagrama de flujo esquemático de un sistema de caldera de vapor saturado que tiene una caldera de oxígeno y combustible basada en módulos y que incorpora los principios de la presente invención.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

[0018] Aunque la presente invención es susceptible de ser realizada en diferentes formas, en las figuras se muestra una forma de realización preferida que luego será descrita, debiendo entenderse que la presente revelación ha de ser considerada como una ejemplificación de la invención y que no tiene como propósito limitar la invención a la forma de realización específica ilustrada.

[0019] Se debe entender además que el título de esta sección de la especificación, a saber "Descripción detallada de la invención", se refiere a un requisito de la Oficina de Patentes de los Estados Unidos y no implica ni de él se debe inferir que él limita el asunto revelado aquí.

[0020] Un sistema de combustión de oxígeno y combustible utiliza oxígeno esencialmente puro en combinación con una fuente de combustible que produce calor mediante producción de llama (es decir combustión) de una manera eficiente y no adversa ambientalmente. Tal sistema de combustión proporciona

combustión de alta eficiencia (comparando la alta proporción de calor transferido al líquido de trabajo respecto al calor disponible de los productos de combustión) y hace uso de altas temperaturas de llama. Un sistema de combustión preferido utiliza oxígeno de una pureza relativamente alta (mayor de aproximadamente 21 por ciento y preferiblemente de al menos 85 por ciento de oxígeno) y como tal el volumen total de gas que pasa a través de la caldera es consiguientemente bajo. Al utilizar oxígeno y combustible se anticipan temperaturas mayores de aproximadamente 3000°F y hasta aproximadamente 5000°F en la caldera.

[0021] Además uno de los parámetros operacionales del presente sistema de caldera es el uso de un sistema de combustión de oxígeno y combustible en el cual como agente oxidante se utiliza oxígeno relativamente puro y no aire. En la manera como se utiliza aquí, el término 'agente oxidante' tiene el propósito de significar el gas que transporta el oxígeno para la combustión. Por ejemplo cuando se suministra al sistema oxígeno puro (100 por ciento), el oxígeno comprende 100 por ciento del agente oxidante, mientras que cuando se utiliza aire como agente oxidante entonces el oxígeno comprende 21 por ciento del agente oxidante. Así, el volumen de agente oxidante que es necesario es significativamente menor (porque se usa substancialmente solo oxígeno y no aire) que en las calderas convencionales, lo cual resulta en una entrada de volumen de gas (y por tanto de caudal) a la caldera que es menor y en una tasa de flujo de gas a través de la caldera que es menor que en las calderas convencionales. Una ventaja mayor aportada por una tasa de flujo y un volumen menores es que el tamaño total del sistema de planta física puede ser más pequeño que el de los sistemas de caldera convencionales y que por lo tanto el costo de tal sistema de caldera es también consiguientemente menor.

[0022] Uno de los aspectos funcionales o metas funcionales del presente sistema de caldera es extraer una máxima cantidad de energía (en forma de transferencia de calor de los productos de combustión/gases de escape) del proceso de combustión. Esto conjuntamente con la menor tasa de flujo produce menor pérdida de energía con temperaturas comparables de apilamiento de gases de escape.

[0023] Otro aspecto o meta funcional de la presente invención es hacer el máximo uso posible de las altas temperaturas de llama. Como tal, como se describe abajo, una proporción considerablemente mayor de la transferencia de calor de los productos de combustión hacia los tubos de caldera y por lo tanto hacia el líquido de trabajo (agua o vapor) ocurre mediante transferencia de calor radiante y no por transferencia de calor convectiva.

[0024] En la Figura 1 se presenta una ilustración esquemática de una forma de realización de un sistema de calderas 10. El sistema ilustrado 10 es una unidad de recalentamiento/subcrítica. El sistema incluye tres calderas distintas y separadas, a saber la caldera No. 1 (caldera principal 12) para producir vapor a partir de agua, la caldera No. 2 (caldera de sobrecalentamiento 14) para producir vapor sobrecalentado, y la caldera No. 3 (caldera de recalentamiento 16). El oxígeno y el combustible se alimentan a cada una de las calderas mediante los sistemas de agente oxidante y de suministro de combustible 18 y 20.

[0025] Tal como se ilustra esquemáticamente y como se discutirá abajo, cada una de las calderas 12, 14, 16 incluye su propio sistema independiente de combustión de oxígeno y combustible 22, 24, 26. En tal sistema de combustión de oxígeno y combustible las paredes de agua (tubos T ver caldera 12 en Figura 1) de cada caldera 12-16 están suficientemente

A
B

expuestos a la llama, de modo que la mayor porción de transferencia de calor tiene lugar mediante un mecanismo de transferencia de calor radiante y no mediante un mecanismo de transferencia de calor convectiva. Esto significa que la mayoría de la transferencia de calor ocurre debido a exposición directa de los tubos a la llama y no del movimiento por los tubos de los gases de escape calentados. Este mecanismo de transferencia de calor radiante preferido está en muy marcado contraste con las calderas convencionales que utilizan conductos grandes, largos y complejos de flujo de gas de escape (a través de pasos convectivos, pasos de sobrecalentamiento convectivo, secciones de economizadores y similares) con el fin de maximizar la transferencia de calor mediante mecanismos convectivos.

[0026] El presente sistema de calderas 10 incluye además un economizador 28 que transfiere energía de los gases de chimenea de la caldera (preferiblemente en todas las calderas) al agua de alimentación de la caldera principal (en el conducto 30 de agua de alimentación) para precalentar el agua de alimentación antes de la introducción a la caldera principal 12. En el presente sistema, el oxígeno es producido por la separación de, por ejemplo, aire en un generador de oxígeno 32. Las personas con experiencia en este campo de la técnica reconocerán las varias formas en que se puede suministrar oxígeno para alimentar las calderas 12-16, por ejemplo que se puede suministrar oxígeno de fuentes tales como almacenamiento, separación de agua y similares, todo lo cual está dentro del alcance de la presente invención. El suministro de combustible 20 puede ser uno de varios tipos de combustible y de varios tipos de suministro. Por ejemplo el combustible puede ser un combustible gaseoso (por ejemplo gas natural); un combustible líquido tal como fuel oil, diesel oil, u otros combustibles líquidos de base orgánica o

inorgánica, o un combustible sólido como por ejemplo carbón, productos de desecho agrario o de desechos de ganadería. Todas esas configuraciones de producción y suministro 18, así como también todos estos combustibles y arreglos de suministro de combustibles 20 están dentro del alcance y del espíritu de la presente invención.

[0027] Volviendo ahora a la Figura 1, se muestra el sistema de calderas 10 como un suministro para un generador eléctrico 34. Para tal propósito el sistema incluye un conjunto turbina/generador 36 que tiene un generador eléctrico 34, una turbina de principal de vapor o de alta presión 38, una turbina de vapor de presión intermedia 40, una turbina de vapor de presión baja 41 y un condensador 42.

[0028] El sistema 10 está configurado de tal manera que el agua de alimentación entra a la caldera principal a través del conducto 30 de agua de alimentación y es calentada a medida que fluye a través de los tubos de agua T de la caldera 12. En una configuración típica de caldera el agua entra a la caldera 12 en una ubicación relativamente baja en la caldera y se eleva a través de los tubos a medida que es calentada. Esto sirve para mantener los tubos en un estado inundado y para mantener el líquido a presión en los tubos.

[0029] El líquido calentado se separa y el vapor saturado sale de la caldera principal 12 a través del conducto 44 y entra a la caldera de sobrecalentamiento 14. Aquí el vapor es calentado adicionalmente hasta condiciones de sobrecalentamiento, fluyendo nuevamente a través de tubos de pared. El vapor sobrecalentado sale de la caldera de sobrecalentamiento 14 a través del conducto de vapor principal 46 y entra a la turbina (de vapor principal) de alta presión 38. El vapor de presión baja sale de la turbina de vapor principal de alta presión 38 y es devuelto a la caldera de recalentamiento 16 a

través del conducto de vapor de recalentamiento 48. El vapor sale de la caldera de recalentamiento 16 a través del conducto de flujo de vapor de calentamiento 50 y entra a la turbina de presión intermedia. El vapor de salida de la turbina de presión intermedia 40 fluye a través del conducto de cruce 43 y entra a la turbina de presión baja 41.

[0030] El vapor sale de la turbina de presión baja 41 a través del conducto de evacuación 52 de la turbina y es condensado totalmente en el condensador 42 (generalmente a presión baja, menor que la presión atmosférica, de modo que la turbina 40 extrae del vapor la máxima cantidad de energía) y es devuelto luego (bombeado) hacia la caldera principal (12) a través del economizador 28 que (como se dijo arriba) precalienta el agua antes de la introducción a la caldera 12.

[0031] En lo referente al circuito del combustible, como se expuso arriba, combustible y agente oxidante son alimentados independientemente a cada una de las calderas 12, 14, y 16. Todos los gases de chimenea salen de sus respectivas calderas a través de los conductos 13, 15 y 16 respectivamente y entran al economizador 28, en el cual los gases precalientan el agua de alimentación de la caldera principal. Los gases de chimenea salen del economizador 28 y pueden utilizarse para precalentar el agente oxidante en el calentador 60 de agente oxidante. Los gases de escape luego de salir del economizador 28 son encaminados hacia el calentador 60 de agente oxidante (a través del conducto 61) y luego son devueltos (a través del conducto 63) para introducción a cualquier equipo de procesamiento necesario corriente abajo indicado generalmente en 54, por ejemplo lavadores, precipitadores y similares. Adicionalmente, en caso que se desee, una porción del gas de chimenea puede ser recirculada después del recalentamiento del agente oxidante (a través de los conductos de recirculación 56

de gas de chimenea) hacia las calderas 12-16. Los conductos de recirculación 56 pueden también ser utilizados como vehículo (mediante desvío hacia los conductos 58 de transporte de combustible) para transportar combustible a las calderas 12-16 para, por ejemplo, transportar carbón pulverizado hacia las calderas.

[0032] Tal como lo podrán apreciar las personas con experiencia en este campo de la técnica, como la tasa de flujo y el volumen total de gas que entra a la caldera (en forma de oxígeno substancialmente puro) es menor que en las calderas convencionales, entonces la tasa de flujo y el volumen de gas de escape o gas de chimenea es también consiguientemente menor que en calderas convencionales. Por lo tanto el equipo de procesamiento 54 corriente abajo puede ser más pequeño y menos costoso que el equipo de una planta convencional que produce la misma cantidad de energía.

[0033] La Figura 2 muestra una ilustración esquemática de una segunda forma de realización de un sistema de calderas 110. El sistema de calderas 10 ilustrado es una unidad de no-recalentamiento/subcrítica y como tal el sistema incluye dos calderas distintas y separadas, a saber la caldera No. 1 (caldera principal 112) para producir vapor a partir de agua y la caldera No. 2 (caldera de sobrecalentamiento 114) para producir vapor sobrecalentado. No hay en este caso caldera de recalentamiento. Este sistema 110 es similar en lo demás a la forma de realización del sistema 10 de la Figura 1 e incluye los sistemas de agente oxidante y de suministro de combustible 118 y 120 (en los sistemas de combustión independientes de oxígeno y combustible 122 y 124) para alimentar de manera independiente cada una de las calderas 112 y 114. El sistema de calderas 110 incluye un economizador 128 que usa gas de chimenea para precalentar el agua de alimentación antes de la

introducción a la caldera principal 112. Los gases de escape después del economizador 128 pueden usarse para precalentar el agente oxidante en un precalentador 160 de agente oxidante.

[0034] Aquí también el sistema de calderas 110 está configurado con un conjunto de turbina/generador 136 que tiene un generador eléctrico 134, una turbina de alta presión (o de vapor principal) 138, una turbina de presión intermedia 140, una turbina de presión baja 141 y un condensador 142.

[0035] El agua de alimentación entra a la caldera principal a través del conducto 130 de agua de alimentación y es calentada a medida que fluye a través de los tubos de agua. El líquido calentado se separa y el vapor saturado sale de la caldera principal 112 a través del conducto 144 y entra a la caldera de sobrecalentamiento 114, en donde el vapor se calienta hasta un estado de sobrecalentamiento. El vapor sobrecalentado sale de la caldera de sobrecalentamiento 114 a través del conducto 146 de vapor principal y entra a la turbina de alta presión 138. A diferencia de la anterior forma de realización, en este sistema 110 el vapor que sale de la turbina de alta presión 138 atraviesa el conducto de cruce 143 y entra a la turbina de presión intermedia 140 (no hay recalentador). El vapor sale de la turbina de presión intermedia 140 y pasa a través del cruce 148 y entra a la turbina de presión baja 141. El vapor de presión sale luego de la turbina de presión baja 141 a través de la turbina de presión baja hacia el conducto condensador 152 y es entonces devuelto (bombeado) hacia la caldera principal 112 a través del economizador 128.

[0036] En lo referente al circuito de combustible, como en la anterior forma de realización, combustible y agente oxidante son alimentados independientemente a cada una de las calderas 112 y 114. Los gases de chimenea salen de sus

respectivas calderas a través de los conductos 113 y 115 respectivamente y entran al economizador 128 para precalentar el agua de alimentación de la caldera principal. Los gases de chimenea salen del economizador 128 y pueden utilizarse para precalentar el agente oxidante en el precalentador 160 de agente oxidante. Los gases de escape luego de salir del economizador son encaminados hacia el precalentador 160 de agente oxidante (a través del conducto 161) y luego son devueltos (a través del conducto 163) para la introducción a cualquier equipo de procesamiento necesario corriente abajo (como se indica en 154) después de la salida del economizador 128. El gas de chimenea puede ser recirculado 156 y/o utilizado como vehículo para transportar el combustible (por ejemplo carbón pulverizado) hacia las calderas 112 y 114.

[0037] En la Figura 3 se ilustra otra forma de realización de un sistema de calderas 210, dicha figura muestra una unidad individual de caldera supercrítica de calentamiento. Este sistema incluye dos calderas distintas y separadas, a saber la caldera No. 1 (caldera principal supercrítica 212) para producir vapor supercrítico a partir de agua y la caldera No. 2 (caldera de recalentamiento 216). Oxígeno y combustible (en los sistemas de combustión independientes de oxígeno y combustible 222 y 226) son alimentados a cada una de las calderas 212 y 216 mediante los sistemas de agente oxidante y de suministro de combustible 218 y 220. El sistema de calderas 210 incluye un economizador 228 que utiliza gas de chimenea para precalentar el agua de alimentación antes de la introducción a la caldera principal 212.

[0038] Aquí también el sistema de calderas 210 está configurado con un conjunto de turbina/generador 236 que tiene un generador eléctrico 234, una turbina supercrítica 238, una

turbina de presión intermedia 240, una turbina de presión baja 241 y un condensador 242.

[0039] El agua de alimentación entra a la caldera principal 212 a través del conducto de agua de alimentación 230 y es calentada a medida que fluye a través de los tubos de agua. El líquido calentado sale de la caldera supercrítica 212 a través del conducto de vapor supercrítico 246 y entra a la turbina supercrítica 238. El líquido (vapor) sale de la turbina supercrítica 238 y entra a la caldera de recalentamiento 216 a través del conducto de recalentamiento 248 y luego fluye hacia la turbina de presión intermedia 240 a través del conducto de vapor de sobrecalentamiento 250. El vapor sale de la turbina intermedia 240 a través del cruce 243 hacia el interior de la turbina de presión baja 241. El vapor de presión baja sale de la turbina de presión baja 241 y es condensado en el condensador 242. El condensado es luego devuelto (bombeado) hacia la caldera supercrítica 212 a través del economizador 228.

[0040] En lo referente al circuito del combustible, como en las anteriores formas de realización, combustible y agente oxidante son alimentados independientemente a cada una de las calderas 212 y 216. Los gases de chimenea salen de sus correspondientes calderas a través de los conductos 213 y 217 respectivamente y entran al economizador 228 para precalentar el agua de alimentación de la caldera principal. Los gases de chimenea salen del economizador y pueden ser utilizados para precalentar el agente oxidante en el precalentador 260 de agente oxidante. Los gases de escape después de salir del economizador 228 son encaminados hacia el precalentador 260 de agente oxidante (a través del conducto 261) y luego son devueltos (a través del conducto 263) para la introducción a cualquier equipo de procesamiento necesario corriente abajo

254 según se necesite luego de la salida del economizador 228. El gas de chimenea puede ser recirculado 256 y/o utilizado como vehículo para transportar el combustible (por ejemplo carbón pulverizado) hacia las calderas.

[0041] En la Figura 4 se ilustra otro sistema de caldera 310 que muestra una unidad de caldera de vapor saturado. El sistema incluye una caldera de vapor saturado 312 para producir vapor saturado y un sistema de combustión de oxígeno y combustible 322. El sistema de caldera 310 puede incluir un economizador 328 que usa gas de chimenea para precalentar el agua de calentamiento antes de la introducción a la caldera principal 312.

[0042] Este sistema de caldera 310 está configurado para suministrar vapor saturado a un proceso corriente abajo 360 que se desee (no especificado en este caso). Para tal propósito se muestra el sistema 310 con un "requerimiento del vapor" (el proceso corriente abajo requiere vapor) y un condensador 342, cuya necesidad dependerá del requerimiento del vapor 360, es decir de para qué se requiere el vapor.

[0043] El agua de alimentación entra a la caldera principal 312 a través del conducto de agua de alimentación 330 y es calentada a medida que fluye a través de los tubos de agua. El líquido es separado por ejemplo en un tambor de vapor 313 en vapor saturado y agua. El vapor saturado sale de la caldera 312 abandonando el tambor 313 a través del conducto de vapor 346 y fluye hacia el requerimiento del vapor 360. El líquido (vapor) puede entonces ser condensado en el condensador 342 (opcional) para ser luego devuelto (bombeado como agua de alimentación) a la caldera 312 a través del economizador 328.

[0044] En lo referente al circuito del combustible, como en el caso de las anteriores formas de realización, combustible y

25
25

agente oxidante se alimentan a la caldera 312 a través de un sistema de combustión de oxígeno y combustible. Los gases de chimenea salen de la caldera 312 a través del conducto 313 y entran al economizador 328 para precalentar el agua de alimentación de la caldera principal 312. Los gases de chimenea salen del economizador 328 y pueden ser usados para precalentar el agente oxidante en el precalentador 370 de agente oxidante. Los gases de escape luego de salir del economizador 328 son encaminados hacia el precalentador 370 de agente oxidante (a través del conducto 371) y después son devueltos (a través del conducto 373) para la introducción a cualquier equipo necesario de procesamiento corriente abajo 354 según sea necesario luego de la salida del economizador 328. El gas de chimenea puede ser recirculado 356 y/o utilizado como vehículo para transportar el combustible (por ejemplo carbón pulverizado) hacia adentro de la caldera 312. El oxígeno es suministrado por el suministro de agente oxidante 318 y el combustible es suministrado por el suministro de combustible 320.

[0045] En cada una de las formas de realización del sistema de calderas 10, 110, 210, 310, la(s) caldera(s) son esencialmente unidades independientes construidas para operar de manera tal que maximizan la transferencia de calor que tiene lugar a través de un mecanismo de transferencia de calor radiante. Como tal las calderas son relativamente pequeñas (con el propósito de asegurar la exposición eficaz de los tubos de agua/tubos T) o al menos más pequeñas que una caldera convencional comparable que se basa en transferencia de calor convectiva. Las personas con experiencia en este campo de la técnica reconocerán que aunque cada una de las calderas de cada sistema (por ejemplo la caldera principal 12, la caldera de sobrecalentamiento 14 y la caldera de recalentamiento 16 del sistema de caldera de recalentamiento 10) se presenta y se

describe como una unidad individual, cada una de estas calderas puede ser configurada como unidades múltiples en serie. Así, por ejemplo, la caldera principal 12 podría ser configurada como dos o tres calderas pequeñas en serie. Además, aunque cada una de las calderas se muestra como si tuviera un quemador de oxígeno y combustible, cada caldera podría tener múltiples quemadores según sea necesario. Se apreciará que el uso de una sola caldera o de múltiples calderas para cada una de las etapas de calentamiento y que el uso de un solo quemador o de múltiples quemadores para cada caldera mejorarán adicionalmente la capacidad de controlar la entrada de calor a las calderas individuales con el fin de controlar más eficientemente el proceso total y las condiciones del vapor.

[0046] Tal como se especifica en las patentes otorgadas a Gross anteriormente mencionadas, la energía es aportada a las calderas mediante los sistemas de combustión de oxígeno y combustible. Utilizando tal arreglo, el modo de transferencia de calor es radiante, con alguna transferencia de calor convectiva. Como estos quemadores (y en general los sistemas de oxígeno y combustible) producen altas temperaturas de llama, entonces los sistemas de combustión de oxígeno y combustible proporcionan esta eficiente transferencia de calor radiante. La geometría de la caldera (a saber exposición directa de los tubos de la caldera a la llama) aumenta adicionalmente la tasa de transferencia de calor al maximizar el área de la superficie sobre la cual tiene lugar la transferencia de calor de la llama al metal.

[0047] Ventajosamente las presentes calderas maximizan el uso de transferencia de calor radiante en combinación con el uso de combustión de oxígeno y combustible, lo cual permite que la caldera sea físicamente más pequeña que una caldera

convencional que aproximadamente produce la misma energía. Esto se debe a que como agente oxidante se utiliza oxígeno esencialmente puro (y no aire), estando la totalidad de agente oxidante disponible para la combustión, y el volumen de entrada de gas a la caldera es aproximadamente 21 por ciento del volumen de gas que sería necesario si se utilizara aire como agente oxidante para suministrar el oxígeno necesario para la combustión. De esta manera, la caldera puede ser considerablemente más pequeña puesto que se utiliza esencialmente oxígeno puro y no aire.

[0048] Además, la mezcla combustible/oxígeno (en vez de una mezcla combustible/aire) produce temperaturas de llama más altas en las calderas. Utilizando oxígeno y combustible se pueden alcanzar temperaturas de llama de aproximadamente 5000°F en la caldera. Esto es aproximadamente de 1500°F a 2000°F más altas que las calderas convencionales. Se ha observado también que utilizando oxígeno y combustible el resultado, además de temperaturas de llama más elevadas, es un proceso altamente eficiente.

[0049] En los presentes sistemas de caldera utilizando gas natural como combustible las proporciones de oxígeno/gas natural son de aproximadamente 2.36:1. Esta proporción variará dependiendo de la pureza del oxígeno suministrado y de la naturaleza del combustible. Por ejemplo bajo condiciones ideales de oxígeno 100 por ciento puro se calcula teóricamente que la proporción es 2.056/1. Sin embargo se ha de esperar una variación por el hecho de que el oxígeno suministrado puede tener un porcentaje de componentes que no son oxígeno (generalmente hasta aproximadamente 15 por ciento) y puede que el gas natural no sea siempre 100 por ciento puro. Las personas con experiencia en este campo de la técnica apreciarán y comprenderán entonces que las proporciones

mencionadas pueden variar ligeramente, pero que la base para calcular las proporciones, que son proporciones aproximadamente estequiométricas, sigue siendo cierta.

[0050] Esta proporción de oxígeno con respecto a combustible proporciona varias ventajas. Por ejemplo, proporciones aproximadamente estequiométricas garantizan una completa combustión del combustible y resultan en un volumen substancialmente menor de NOx y de otras emisiones nocivas de gases perjudiciales.

[0051] Es importante señalar que controlar con precisión la proporción del oxígeno respecto al combustible asegura la combustión completa del combustible. Esto está en absoluto contraste con los sistemas convencionales (por ejemplo plantas de generación de energía eléctrica alimentadas por combustibles fósiles) que luchan con la pérdida de ignición (LOI). Esencialmente la LOI es igual a la combustión incompleta del combustible. Los presentes sistemas de calderas 10, 110, 210, 230, por otra parte, utilizan oxígeno substancialmente puro en proporciones aproximadamente estequiométricas rigurosamente controladas respecto al combustible (por calderas que son "herméticas", es decir configuradas esencialmente para evitar la introducción de aire), en un intento por minimizar y posiblemente eliminar esas pérdidas. Además, al utilizar estos quemadores (en un sistema de oxígeno y combustible), el único NOx teóricamente existente proviene del nitrógeno contenido en el combustible y no del que en otro caso resultaría de la combustión al usar aire. De este modo el NOx se reduce hasta una cantidad insignificante (si no es que se elimina completamente) en comparación con los sistemas de combustión convencionales.

[0052] Además, como el mecanismo deseado de transferencia de calor es la transferencia de calor radiante, entonces hay menos dependencia de los pasos (de gas) convectivos dentro de

la caldera. Esto también permite un diseño de caldera más pequeño y menos complejo. Estas consideraciones de diseño permiten que las calderas sean diseñadas como unidades modulares independientes. Es decir que, haciendo referencia a la Figura 1, una caldera principal 12 independiente puede ser agrupada con una caldera de sobrecalentamiento 14 independiente que puede ser agrupada con una caldera de recalentamiento 16 independiente. Del mismo modo, haciendo referencia a la Figura 3, una caldera principal supercrítica 212 independiente puede ser agrupada con una caldera de recalentamiento 16 independiente como núcleo del sistema de calderas 210. La configuración independiente otorga ventajas de control con respecto a los sistemas convencionales, en los cuales la temperatura del vapor sobrecalentado se controla mediante atenuación (desobrecalentamiento). El proceso de desobrecalentamiento enfría el vapor sobrecalentado mediante la adición de agua o vapor (como vapor o rocío) y reduce la eficiencia del sistema y puede ser eliminado usando calderas separadas para calentamiento y sobrecalentamiento. Estas también son ventajas durante la operación de disminución (es decir operación a menor capacidad que la capacidad de diseño). Bajo condiciones de disminución la entrada de calor a la región de calentamiento puede ser controlada independientemente de la entrada de calor a la región de sobrecalentamiento o a la región de recalentamiento y da lugar a una operación más eficiente.

[0053] Un estudio sobre balances de calor y masas en varias configuraciones de calderas muestra que las eficiencias de las calderas proyectadas son bastante altas y considerablemente más elevadas que los sistemas de calderas conocidos. Por ejemplo en la primera unidad de recalentamiento/subcrítica en la caldera principal el cambio en entalpia de la entrada de agua hasta la salida de vapor es de aproximadamente $1.95E9$ BTU/hr con una entalpia de entrada de combustible de

aproximadamente $2.09E9$ BTU/hr. En la caldera de sobrecalentamiento el cambio en entalpia de la entrada de vapor hasta la salida de vapor es de aproximadamente $7.30E8$ BTU/hr con una entalpia de entrada de combustible de aproximadamente $8.32E8$ BTU/hr, y en la caldera de recalentamiento el cambio en entalpia de la entrada de agua hasta la salida de vapor es de aproximadamente $5.52E8$ BTU/hr con una entalpia de entrada de combustible de aproximadamente $6.22E8$ BTU/hr. Esto resulta en eficiencias en la caldera principal, la caldera de sobrecalentamiento y la caldera de recalentamiento de 93.8% incluyendo la ganancia del economizador), 87.8% y 88.7% respectivamente.

[0054] De la misma manera, en la segunda unidad subcrítica de no-recalentamiento en la caldera principal, el cambio en entalpia de la entrada de agua hasta la salida de vapor es de aproximadamente $1.99E9$ BTU/hr con una entalpia de entrada de combustible de aproximadamente $1.97E9$ BTU/hr. En la caldera de sobrecalentamiento el cambio en entalpia de la entrada de vapor hasta la salida de vapor es de aproximadamente $1.22E9$ BTU/hr con una entalpia de entrada de combustible de aproximadamente $1.60E9$ BTU/hr. Esto da como resultado eficiencias en la caldera principal y en la caldera de sobrecalentamiento de 101.0% (incluyendo la ganancia del economizador) y 76.2% respectivamente. Es importante señalar que el economizador se incluye en los cálculos para la caldera principal (que toma el gas de escape tanto de la caldera como de la caldera de sobrecalentamiento) y como tal se da crédito a la energía de gas de escape de la caldera de sobrecalentamiento, lo cual permite que la eficiencia parezca ser mayor de 100% (lo cual no es así).

[0055] En la tercera caldera de recalentamiento-supercrítica en la caldera principal supercrítica, el cambio en entalpia de la entrada de agua hasta la salida de vapor es de aproximadamente $2.73E9$ BTU/hr con una entalpia de entrada de