

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN  
EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad  
Intelectual  
Oficina internacional



(43) Fecha de publicación internacional  
15 de Abril de 2004 (15.04.2004)

PCT

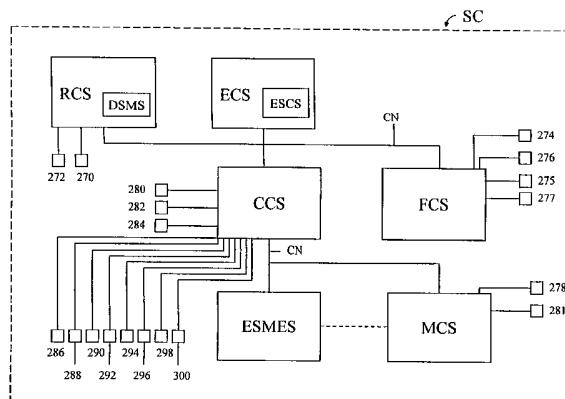
(10) Número de Publicación Internacional  
WO 2004/031654 A1

- (51) Clasificación Internacional de Patentes<sup>7</sup>: F23K 3/02, F23N 1/02, 5/00, C03B 5/235, 5/24
- (71) Solicitante: VITRO GLOBAL, S.A. [CH/CH]; Route Du Mont-Carmel 1, CH-1762 Givisiez (CH).
- (21) Número de la solicitud internacional: PCT/IB2003/004504
- (72) Inventor: SOLIS MARTINEZ, Iván Jorge; Paseo de las Camelias 5236, Col. Del Paseo Residencial, 64920 Monterrey, Nuevo León (MX).
- (22) Fecha de presentación internacional: 1 de Octubre de 2003 (01.10.2003)
- (81) Estados designados (nacional): AU, BR, CA, CN, CO, CR, CZ, HU, ID, IL, IN, JP, KR, MX, NO, NZ, PL, RO, RU, SG, SK, TR, VN, ZA.
- (25) Idioma de presentación: español
- (84) Estados designados (regional): patente europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (26) Idioma de publicación: español
- (30) Datos relativos a la prioridad: 10/261,968 1 de Octubre de 2002 (01.10.2002) US

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: CONTROL SYSTEM FOR CONTROLLING THE FEEDING AND BURNING OF A PULVERIZED FUEL IN A GLASS MELTING FURNACE

(54) Título: SISTEMA DE CONTROL PARA CONTROLAR LA ALIMENTACIÓN Y QUEMADO DE UN COMBUSTIBLE PULVERIZADO EN UN HORNO DE FUNDICIÓN DE VIDRIO



(57) Abstract: The invention relates to a control system which is used to control the storing, feeding and burning of a pulverized fuel in a glass melting furnace, wherein a series of burners are arranged one in front of the other to carry out combustion and non-combustion cycles during a glass melting process. According to the invention, pulverized fuel-feeding systems are provided, which are filled with the pulverized material and emptied out in order to provide a constant flow of the pulverized fuel to each of the burners during the glass melting process. Furthermore, the control system includes means for monitoring and controlling the filling and discharge of the aforementioned pulverized fuel-feeding system, which are based on measuring and monitoring the amount of pulverized fuel that is stored and being fed by the pulverized fuel-feeding system. Control means are provided for monitoring at least one operating variable involved in the glass melting furnace, said control means detecting a series of different variable during the glass melting process. The invention also comprises means for controlling the alternation of the combustion and non-combustion cycles of each burner, which are based on the monitoring and feeding of the pulverized fuel to each burner and on the operating variables of the glass melting process.

(57) Resumen: Un sistema de control para controlar el almacenaje, alimentación y quemado de un combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio, en donde una serie de quemadores son arreglados uno enfrente de otro para llevar a cabo ciclos de combustión y no combustión durante un proceso

[Continúa en la página siguiente]

WO 2004/031654 A1

**Publicada:**

- *con informe de búsqueda internacional*
- *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones*

*Para códigos de dos letras y otras abreviaturas, véase la sección "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" que aparece al principio de cada número regular de la Gaceta del PCT.*

---

de fundición del vidrio. Se proveen sistemas de alimentación de combustible pulverizado, los cuales son llenados y vaciados con el material pulverizado para proveer un flujo constante del combustible pulverizado a cada uno de los quemadores durante el proceso de fundición de vidrio. El sistema de control incluyendo medios para monitorear y controlar el llenado y descarga del sistema de alimentación de combustible pulverizado basado en la medición y monitoreo de la cantidad de combustible pulverizado que esta siendo almacenado y alimentado por el sistema de alimentación de combustible pulverizado. Medios de control para monitorear al menos una variable de operación involucrada en el horno de fundición de vidrio, los medios de control detectando una serie de variables diferentes durante el proceso de fundición de vidrio. Y, medios para controlar la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión de cada quemador, basado en el monitoreo y alimentación del combustible pulverizado a cada quemador y en base a las variables de operación del proceso de fundición de vidrio.

## SISTEMA DE CONTROL PARA CONTROLAR LA ALIMENTACION Y QUEMADO DE UN COMBUSTIBLE PULVERIZADO EN UN HORNO DE FUNDICION DE VIDRIO.

### 5 ANTECEDENTES DE LA INVENCION.

#### CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se relaciona a un sistema de control para controlar la alimentación y quemado de un combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio y, más específicamente, a un sistema de control 10 que alimenta combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio.

#### ARTE PREVIO RELACIONADO

El proceso de fundición de vidrio ha sido llevado a cabo con diferentes tipos de hornos y con diferentes tipos de combustibles, dependiendo de las características del producto y también, respecto a la eficiencia térmica del 15 proceso de fundición y refinación. Un tipo de horno para fundir vidrio es del tipo de hornos de fundición unitarios (por medio de gas combustible); estos hornos tienen varios quemadores colocados en las partes laterales de los hornos, cuya unidad, como un todo, es semejante a una caja cerrada en donde se ubica una chimenea, que puede ser colocada ya sea al principio del alimentador o un 20 extremo del horno, ubicado corriente abajo. Sin embargo, con este tipo de horno, existía una gran perdida de calor en el vidrio, cuando éste dejaba los hornos --los cuales están operando a alta temperatura--. Por ejemplo, a una temperatura de 2500°F, el calor en los gases de combustión equivale al 62% del calor de entrada para un gas natural que se quema en el horno.

Para tomar ventaja del calor remanente de los gases de combustión, surgió un nuevo diseño de horno más caro y sofisticado, llamado "horno regenerativo". Es bien sabido que un horno de fundición del tipo regenerativo está asociado con una pluralidad de quemadores de gas y un par de regeneradores sellados dispuestos a cada lado del horno. Cada regenerador tiene una cámara inferior, una estructura refractaria por encima de la cámara inferior y una cámara superior por encima de la estructura. Cada regenerador tiene un puerto respectivo conectando la cámara superior con una cámara de fundición y refinación del horno. Los quemadores son arreglados para quemar combustible, tal como gas natural, petróleo líquido, aceite combustible u otro tipo de combustible líquido o gaseoso, que sea adecuado para uso con el horno de fundición de vidrio y por tanto, suministrar calor necesario para fundir y refinar los materiales que producen el vidrio en la cámara. La cámara de fundición y refinación es alimentada con los materiales que producen el vidrio, los cuales se alimentan en un extremo de entrada donde se encuentra localizada una entrada de alimentación (doghouse) y, un distribuidor de fundición dispuesto en el otro extremo del mismo, el cual comprende una serie de puertos a través del cual el vidrio fundido puede ser sacado de la cámara de fundición y refinación.

Los quemadores pueden ser colocados en un gran número de configuraciones, por ejemplo configuración "de quemador a través del puerto", configuración "puerto lateral" o una configuración "puerto trasero". El combustible, por ejemplo, gas natural, es alimentado desde el quemador hacia

una fuente de ingreso de aire precalentado, el cual llega de cada regenerador durante el ciclo de quemado y, la flama resultante y productos de combustión producidos en la flama se extienden a través de la superficie de vidrio fundido y transfieren el calor a dicho vidrio en la cámara de fundición y refinación.

5        Así, durante su operación, los regeneradores son alternados ciclicamente entre ciclos de aire de combustión y ciclos de calor de escape. Cada 20 ó 30 minutos, dependiendo del tipo de horno, la trayectoria de la flama es revertida. El objetivo de cada regenerador es almacenar el calor de escape, lo cual permite una gran eficiencia y una temperatura de flama alta  
10        que, de otro modo, éste se llevaría a cabo con aire frío.

Para operar el horno de fundición de vidrio, el combustible se alimenta a los quemadores y, el aire de combustión que se está suministrando es controlado a través de la medición de la cantidad de oxígeno y material combustible que está presente en la boca del puerto y en la parte superior de  
15        la estructura, así como, para asegurar que dentro de la cámara de fundición o en ciertos puntos a lo largo de la misma, el aire de combustión que se está alimentado sea menor, que el que se requiere para completar la combustión de combustible que se está suministrado.

En el pasado, el combustible usado para fundir el vidrio fue petróleo  
20        combustible, el cual proviene de la destilación de petróleo. Por muchos años, este fue el tipo de combustible que se uso, pero lo difícil de las regulaciones del medio ambiente, han estado empujando para la reducción de petróleo combustible, dado que esta clase de petróleo contiene muchas impurezas que

provienen del petróleo crudo, tal como, sulfuro, vanadio, níquel y algunos otros metales pesados. Esta clase de petróleo combustible produce contaminantes tales como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y partículas. Recientemente, la industria del vidrio ha estado usando gas natural como un combustible limpio. Todos los metales pesados y sulfuro que vienen en el flujo líquido de la destilación de residuos de petróleo no están contenidos en el gas natural. Sin embargo, la alta temperatura que produce la flama de gas natural produce más NO<sub>x</sub> que otros contaminantes. En este sentido, se ha hecho un gran esfuerzo para desarrollar quemadores de bajo NO<sub>x</sub> para el quemado de gas natural. Adicionalmente a lo anterior, se han desarrollado diferentes tecnologías para prevenir la formación del NO<sub>x</sub>. Un ejemplo de este tipo es la tecnología Oxy.Fuel, la cual utiliza oxígeno en lugar de aire para la combustión del proceso. Esta tecnología tiene el inconveniente de que requiere un horno de fundición unitario con una preparación especial de los refractarios, dado que se necesita prevenir la infiltración de aire. El uso de oxígeno también produce una flama de temperatura alta, pero, con la ausencia de nitrógeno la producción de NO<sub>x</sub> se reduce drásticamente.

Otro inconveniente del proceso oxy-fuel es el costo del mismo oxígeno. Para hacer éste más barato, es necesario colocar una planta de oxígeno cerca del horno, para alimentar el oxígeno requerido por el proceso de fundición.

Sin embargo, el continuo aumento de los costos de energía (gas natural primario) ha forzado a los principales productores de vidrio flotado a agregar "cargos adicionales" a la transportación de vidrio flotado. Los precios de gas

natural se han incrementado por arriba de 120% este año (en México solamente u otras partes) por sobre previos estimados.

En un consenso general entre los productores de la Industria del vidrio, es que los distribuidores serán forzados a considerar éstos nuevos "cargos adicionales" y muy probablemente sean forzados para pasarlos a lo largo.

Tomando en cuenta el arte previo, la presente invención está relacionada con aplicar diferentes tecnologías para reducir el costo de fundición, usando un combustible sólido que proviene de los residuos de petróleo de las torres de destilación, como el coque de petróleo, para ser usado en la producción de vidrio en una forma ambientalmente limpia.

La principal diferencia de este tipo de combustible respecto al petróleo combustible y gas natural es el estado físico de la materia, dado que el petróleo combustible está en una fase líquida, el gas natural está en una fase gaseosa, mientras que el coque de petróleo por ejemplo, es un sólido. El petróleo combustible y el coque de petróleo tienen las mismas clases de impurezas, dado que ambos provienen de residuos de la torre de destilación de petróleo crudo. La diferencia significante es la cantidad de impurezas en cada uno de éstos. El coque de petróleo se produce en tres tipos de procesos diferentes llamados, "delayed", "fluid" y "flexi". Los residuos de los procesos de destilación son colocados en tambores y son calentados por arriba de 900° a 1000° grados Farenheit por aproximadamente 36 horas para retirar muchos de los volátiles remanentes de los residuales. Los volátiles se extraen desde la parte superior de los tambores de coquefacción y el material remanente en los

tambores es una roca dura hecha de alrededor de 90% de carbón y el resto contiene todas las impurezas del petróleo crudo que fue usado. La roca se extrae de los tambores usando taladros hidráulicos y bombas de agua.

Una composición típica de coque de petróleo está dada por lo siguiente:

5 carbón alrededor del 90%, hidrógeno alrededor del 3%, nitrógeno de entre 2% al 4%, oxígeno alrededor del 2%, sulfuro de entre 0.05% al 6% y otros alrededor del 1%.

#### USO DEL COQUE DE PETROLEO

El uso de combustibles sólidos de petróleo ya ha sido usado en las 10 industrias de generación de vapor y cementeras. De acuerdo Pace Consultants, Inc., el uso de coque de petróleo en el año de 199 para la generación de potencia y para producción de cemento fue entre el 40% y 14 % respectivamente.

En ambas industrias, el quemado de coque de petróleo es usado como 15 sistema de fuego directo, en el que la atmósfera producida por la combustión del combustible está en contacto directo con el producto. En el caso de la producción de cemento, se necesita un horno rotatorio para proveer un perfil térmico requerido por el producto. Así que, cuando se produce cemento en dicho horno rotatorio se forma una capa de cemento fundido que evita el 20 contacto directo de los gases de combustión y la flama con los refractarios del horno, evitando el ataque de los mismos. En este caso, el producto calcinado (cemento) absorbe los gases de combustión, evitando los efectos erosivos y abrasivos del vanadio, SO<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> en el horno rotatorio.

Sin embargo, debido al alto contenido azufre y vanadio, el uso de coque de petróleo como combustible, no es de uso común en la industria del vidrio, debido al efecto negativo sobre la estructura de los refractarios y a problemas de medio ambiente.

## 5 PROBLEMAS CON LOS REFRACTARIOS.

En la industria el vidrio se utilizan varios tipos de materiales refractarios y, muchos de ellos son usados para obtener diferentes funciones, no solamente las diversas condiciones térmicas sino también, la resistencia química y erosión mecánica debido a las impurezas contenidas en los 10 combustibles fósiles.

El uso de combustibles fósiles como fuente principal de energía representa una entrada a al horno de diferentes clases de metales pesados que están contenidos en el combustible, tales como el pentóxido de vanadio, óxido de fierro, óxido de cromo, cobalto, etc. En el proceso de combustión, 15 muchos de los metales pesados se evaporan debido a la baja presión de vapor del óxido de metal y a la alta temperatura del horno de fundición.

La característica química de los gases de la combustión que están saliendo del horno son sobre todo ácidos, debido al alto contenido de sulfuro del combustible fósil. También, el pentóxido de vanadio presenta un 20 comportamiento ácido tales como gases de combustión de sulfuro. El óxido de vanadio es uno de los metales que representan una fuente de daños para los refractarios básicos, debido a que el comportamiento del ácido de éste óxido está en estado gaseoso. Es bien conocido que el pentóxido de vanadio

reacciona fuertemente con el óxido de calcio formando un silicato sicálcico a una temperatura de 1275 grados celsius.

El silicato dicálcico continúa el daño hasta formar una fase de merwinite, después una fase de monticelite y finalmente forstiserite, los cuales 5 reaccionan con el pentóxido de vanadio para formar un punto de fundición bajo de vanadato tricálcico.

Una forma de reducir el daño causado a los refractarios básicos es la reducción de la cantidad de óxido de calcio en el refractario básico principal, para evitar la producción de silicato dicálcico que continúa reaccionando con el 10 pentóxido de vanadio hasta que el refractario pueda fallar.

Por otra parte, el principal problema con el uso del coque de petróleo está relacionado con el alto contenido de sulfuro y vanadio, el cual tiene un efecto negativo sobre la estructura de los refractarios en los hornos. Las principales características de requerimiento de un refractario es que sea 15 resistente a la exposición de temperaturas elevadas por grandes periodos de tiempo. En suma, éste debe poder resistir cambios de temperatura repentinos, resistir la acción erosiva del vidrio fundido y las fuerzas abrasivas de partículas en la atmósfera.

El efecto del vanadio sobre los refractarios ha sido estudiado en 20 diversos escritos, por ejemplo, Roy W. Brown y Karl H. Sandmeyer en su escrito: "El efecto del vanadato de sodio sobre las super estructuras de los refractarios", parte I y II, Magazine de la Industria del Vidrio, Edición Noviembre y Diciembre 1978. En este escrito, los investigadores experimentaron con

diferentes refractarios de fundición, los cuales fueron enfocados sobre la superación del ataque del vanadio en el flujo de las composiciones de fundición, tales como alumina-zirconia-sílica (AZS), aúmina alfa-beta, alúmina alfa, alúmina beta, las cuales son comúnmente utilizadas en las 5 superestructuras de los tanques para vidrio.

J. R. McLaren y H. M. Richardson en su escrito, "La acción de pentóxido de vanadio sobre los refractarios de silicato de aluminio" describe una serie de experimentos en los cuales la deformación del cono fueron llevados a cabo sobre juegos de muestras de suelo de ladrillos con contenido de alúmina de 10 73%, 42% y 9%, cada muestra conteniendo adiciones de pentóxido de vanadio, en forma individual o en combinación de óxido de sodio o óxido de calcio.

La discusión de los resultados fueron enfocados sobre la acción del pentóxido de Vanadio, la acción del pentóxido de vanadio con óxido de sodio y 15 la acción de pentóxido de vanadio con óxido de calcio. Ellos concluyeron que:

1. La mullita resistió la acción del pentóxido de vanadio a temperaturas por arriba de 1700°C.
2. No se encontró evidencia de la formación de compuestos cristalinos o soluciones sólidas de pentóxido de vanadio y alúmina o de pentóxido de 20 vanadio y sílica.
3. El pentóxido de vanadio puede actuar como un mineralizador durante la escorificación de los refractarios de aluminosilicato por cenizas de petróleo pero, éste no es agente de escorificación mayor.

4. Compuestos de fundición baja son formados entre el pentóxido de vanadio y óxidos de calcio o sodio, especialmente el primero.

5. En reacciones entre, ya sea, vanadato de calcio o sodio y aluminosilicatos, se forman escorias de bajo punto de fusión con ladrillos con 5 alto contenido de sílica, más que con ladrillos de alto contenido de alúmina.

T.S. Busby y M. Carter en su documento "El efecto del SO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sobre la vinculación de minerales de refractarios básicos", Glass Technology" Vol. 20, No. Abril, 1979, probaron en un gran número de espinelas y silicatos, el enlace de minerales de refractarios básicos, en una atmósfera 10 sulfurosa entre 600 y 1400°C, ambos con y sin adición de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Se encontró que algo de MgO o CaO en estos minerales fue convertido a sulfato. El coeficiente de reacción se incrementó por la presencia de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Los resultados indicaron que el CaO y MgO, en refractarios básicos, 15 pueden ser convertidos en sulfato, siempre y cuando éstos sean usados en un horno, en el que el sulfuro esté presente en los gases de desecho. La formación de sulfato de calcio ocurre por debajo de los 1400°C y del sulfato de magnesio por debajo de los 1100°C.

Sin embargo, como previamente fue descrito, el efecto del vanadio sobre los refractarios produce una gran cantidad de problemas en los hornos de 20 vidrio, lo cual no ha sido resuelto en su totalidad.

#### COQUE DE PETROLEO Y EL MEDIO AMBIENTE.

Otro problema del uso de coque de petróleo está relacionado con el medio ambiente. El alto contenido de sulfuro y metales como níquel y vanadio

que se producen por la combustión del coque de petróleo ha provocado problemas en el medio ambiente. Sin embargo, ya existen desarrollos para reducir o desulfurar el coque de petróleo con un alto contenido de sulfuro (sobre 5% por peso). Por ejemplo, la Patente Norteamericana No. 4389388 concedida a Charles P. Goforth en Junio 21 de 1983, está relacionada con la desulfurización de coque de petróleo. El coque de petróleo es procesado para reducir el contenido de sulfuro. El coque en greña se pone en contacto hidrógeno caliente, bajo condiciones presurizadas, por un tiempo de residencia de entre 2 a 60 segundos. El coque desulfurizado es adaptable para uso en electrodos o metalurgia.

La patente norteamericana No. 4857284 concedida a Rolf Hauk en agosto 15 de 1989, está relacionada a un Proceso para remover sulfuro de los gases de desperdicio en la etapa de reducción de un horno de cubilote. En esta patente se describe un nuevo proceso para remover el sulfuro contenido en un compuesto gaseoso por absorción de al menos una parte de los gases de desperdicio en la etapa de reducción de un horno de cubilote para mineral de hierro. Los gases de desperdicio son limpiados inicialmente en un lavador y enfriador, seguido de una desulfurización, durante el cual, el material que absorbe el sulfuro está constituido en parte del hierro esponjoso que se produce en la reducción del horno de cubilote. Ventajosamente, la desulfurización toma lugar a una temperatura en el rango de 30°C a 60°C. Es preferible que éste se lleva a cabo separando el CO<sub>2</sub> del gas del horno de

fundición, usando una parte de dicho gas del horno de fundición como gases de salida.

La patente Norteamericana No. 4894122 concedida a Arturo Lazcano-Navarro, et al, en Enero 16 de 1990, está relacionada a un proceso de desulfurización de residuos, de la destilación de petróleo, en la forma de partículas de coque teniendo un contenido inicial de sulfuro mayor que 5% en peso. La desulfurización es efectuada por medio de un proceso electrotérmico que se basada en una pluralidad de capas fluidizadas que se conectan secuencialmente a través de las cuales las partículas de coque se introducen sucesivamente. La generación de calor necesaria para desulfurar las partículas de coque se obtienen al usar partículas de coque como una resistencia eléctrica en cada capa fluidizada, al proveer un par de electrodos que se ubican dentro de las partículas de coque fluidizadas. Se provee al menos una capa fluidizada sin electrodos para enfriar las partículas de coque desulfurizado después de que el nivel de sulfuro ha sido reducido a por lo menos un aproximado de 1% en peso.

La patente Norteamericana No. 5259864 concedida a Richar B. Greenwalt en Noviembre 9 de 1993, está relacionada con un método para tratar un material no deseable al medio ambiente que contiene coque de petróleo, sulfuro y metales pesados contenidos en el mismo y, para proveer combustible para un proceso de fabricar preproductos de acero o hierro fundido y reducción de gas en un fundidor/gasificador que tiene un extremo superior de carga de combustible, un extremo de descarga de gas de

reducción, un extremo inferior de recolección de escorias y metal fundido y medios para proveer una entrada para cargar material ferroso en el fundidor-gasificador; introducir coque de petróleo en el fundidor-gasificador en el extremo superior de carga de combustible; introducir un gas conteniendo 5 oxígeno conjuntamente con el coque de petróleo para formar al menos una primera capa fluidizada de partículas de coque de petróleo; introducir un material ferroso en el fundidor-gasificador a través de medios de entrada, haciendo reaccionar el coque de petróleo, oxígeno partículas de material ferroso para la combustión de la mayor porción de coque de petróleo para 10 producir un gas de reducción y preproductos de acero o hierro fundido que contengan metales pesados libre de combustión del coque de petróleo y una escoria conteniendo sulfurico liberado de la combustión de coque de petróleo.

Un factor adicional que tiene que ser considerado en la industria del vidrio es el control del medio ambiente, principalmente la contaminación de 15 aire. El horno de fundición contribuye sobre el 99% de agentes contaminantes gaseosos y partículas de las emisiones totales de la fábrica de vidrio. Los gases de desperdicio del combustible del horno de fundición de vidrio consisten principalmente de dióxido de carbono, nitrógeno, vapor de agua, óxidos de sulfuro y óxidos de nitrógeno. Los gases de desperdicio que liberan 20 los hornos de fundición consisten principalmente de gases de combustión generados por combustibles y de gases que se liberan de la fundición de la mezcla, el cual, a su vez, depende de las reacciones químicas que están tomando lugar en ese tiempo. La proporción de gases de desperdicio,

exclusivamente de los hornos calentados por flama representan del 3 al 5% del volumen de gas total.

La proporción de componentes de contaminación de aire en los gases de desperdicio del combustible depende del tipo de combustible de quemado, 5 su valor calorífico, la combustión de temperatura del aire, el diseño del quemador, la configuración de la flama y, el exceso de aire de suministro. Los óxidos de sulfuro en los gases de desperdicio de los hornos de fundición de vidrio son originados del tipo de combustible usado, así como, de las mezclas de fundición.

10 Ya se han propuesto varios mecanismos que incluyen la volatilización de los óxidos de metal e hidróxidos. Cualquiera que sea el caso, es bien conocido que como resultado del análisis químico de las partículas de materia actuales, más del 70% de los materiales son compuestos de sodio, alrededor del 10% al 15% son compuestos de calcio y el balance es, sobre todo, magnesio, fierro, 15 sílica y alumina.

Otras consideraciones importantes en los hornos de fundición de vidrio son las emisiones de SO<sub>2</sub>. La emisión de SO<sub>2</sub> es una función del sulfuro que se introdujo en las materias primas y combustible. Durante el tiempo del calentamiento del horno, por ejemplo, después de que alcanza su nivel de 20 producción, se produce una gran cantidad de SO<sub>2</sub>. El volumen de emisiones de SO<sub>2</sub> está en el rango de alrededor de entre 2.5 libras por tonelada de vidrio fundido hasta 5 libras por tonelada. La concentración de SO<sub>2</sub> en la descarga está generalmente en el rango de 100 a 300 ppm cuando la fundición se

realiza con gas natural. Cuando se usa combustible con un alto contenido de sulfuro, se agregan aproximadamente 4 libras de SO<sub>2</sub> por tonelada de vidrio por cada 1% de sulfuro en el combustible.

Por otra parte, la formación de NO<sub>x</sub> como resultado del proceso e  
5 combustión ha sido estudiado y descrito por un gran número de autores  
(Zeldovich, J. "La oxidación de Nitrógeno en combustión y explosiones" Acta.  
Physicochem. 21 (4) 1946; Edwards, J. B. Combustion: "La formación y  
emisiones de especies de vestigios". Ann Arbor Science Publishers, 1974. p-  
39). Estos fueron reconocidos por la División de Estándares de Emisiones,  
10 Oficina de Estándares y Planeación de la Calidad del Aire, USEPA, en su  
reporte sobre "Emisiones de NO<sub>x</sub> en la manufactura de vidrio", incluye a  
Zeldovich sobre la formación homogénea del NO<sub>x</sub> y a Edwards en su  
presentación sobre ecuaciones empíricas. Zeldovich desarrolló una tasa  
constante para la formación de NO y NO<sub>2</sub> como el resultado de procesos de  
15 combustión de alta temperatura.

Finalmente, bajo condiciones de operación normal, cuando las llamas  
son ajustadas apropiadamente y el horno no está requiriendo de aire  
combustible, solamente se detecta en el escape, una pequeña cantidad de CO  
y otros residuos, producto de una combustión incompleta de combustibles  
20 fósiles. La concentración de gas de estas especies será menor a 100 ppm y  
probablemente menor a 50 ppm, con una tasa de producción de menos de  
0.2%/ton. El control de estos contaminantes es establecer simplemente una  
combustión apropiada.

Técnicas de procesamiento para la reducción de emisiones gaseosas están esencialmente restringidas a la selección propia de los combustibles de quemado y de las materias primas, así como al diseño y operación del horno. La Patente Norteamericana No. 5053210 concedida a Michael Bushel et al, en 5 Octubre 1 de 1991, describe un método y un aparato para la purificación de los gases de combustión, particularmente para la desulfuración y eliminación del NOx de los gases de combustión, por medio de una reacción catalítica y una de absorción multietapas en un flujo de gravedad que se mueve en capas granulares, en materiales de soporte de carbón contactados por medio de 10 vapor transversal del gas, en el cual un mínimo de dos capas móviles son arregladas en serie con referencia a la ruta del gas, de tal forma que la eliminación del NOx toma lugar en la segunda o en cualquier capa móvil ubicada corriente abajo. Cuando es necesario purificar grandes volúmenes de gases de combustión de los hornos industriales, la purificación es afectada 15 inversamente por la formación de residuos de gas con una amplia variación de concentraciones de dióxido de sulfuro. Esta desventaja es eliminada debido a que los gases de combustión que están dejando la primera capa móvil, --que tiene un gradiente de concentración de dióxido de sulfuro variable--, es sometida a mezclas repetidas, antes de agregar amoniaco como un reactivo 20 para la eliminación de NOx.

La patente Norteamericana No. 5636240 concedida a Jean-Syan et al el 3 de Junio de 1997, está relacionada a un proceso y aparato para el control de aire contaminante para un horno de vidrio, el cual se usa en la salida de los

gases de desperdicio del horno e incluye, pasar los gases de desperdicio a través de una torre de neutralización del tipo rocío para remover los sulfatos en los gases de desperdicio por medio del rocío de un absorbente (NaOH) para reducir la opacidad de los gases de escape y, emplear un dispositivo de 5 alimentación de potencia neumática para alimentar periódicamente cenizas finas o hidróxido de calcio en una trayectoria entre la torre de neutralización tipo rocío y una sección de almacenaje para mantener el funcionamiento normal de una bolsa filtrante en la sección de almacenaje.

Considerando todo lo anterior, la solicitud de patente norteamericana 10 09/816254 asignada al mismo solicitante está relacionada con un método y sistema para alimentar y quemar coque de petróleo pulverizado en un horno de fundición de vidrio. En dicha invención, el coque de petróleo pulverizado siendo del tipo que comprende carbón fijo y materiales impuros como sulfuro, nitrógeno, vanadio, hierro y níquel, es quemado en un horno de fundición de 15 vidrio para fundir materias primas para fundir vidrio, para la manufactura de láminas o envases de vidrio. Medios son provistos para suministrar el combustible pulverizado en al menos un quemador, el cual es arreglado por cada uno de una pluralidad de primeros y segundos puertos de salida de una región de fundición de vidrio de dicho horno de fundición, para el quemado del 20 combustible pulverizado durante ciclos de fundición de vidrio, dicho horno de fundición de vidrio incluyendo medios refractarios en las cámaras regenerativas de un horno de fundición de vidrio para resistir la acción erosiva de la fundición de vidrio, la acción corrosiva de los gases de combustión y las fuerzas

abrasivas de partículas en la atmósfera que se provocan por el quemado de dicho combustible pulverizado en el horno. Finalmente, medios para controlar la contaminación de aire en la salida de los gases de desecho, después de que la combustión del combustible pulverizado en el horno de fundición de vidrio ha 5 sido llevado a cabo, dichos medios para controlar la contaminación de aire reduciendo las emisiones a la atmósfera de compuestos de sulfuro, nitrógeno, vanadio, fierro y níquel.

Sin embargo, para controlar la alimentación y quemado del combustible pulverizado en el horno de fundición de vidrio durante ciclos de fundición de 10 vidrio, la presente invención está relacionada a un sistema de control para controlar la alimentación y quemado de dicho combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio. El control se realiza a través de un monitoreo continuo de las diferentes variables o parámetros involucrados en el proceso tal como, flujo de gas en cada quemador, velocidad de alimentación del 15 combustible pulverizado, velocidad del soplador, flujo de aire de transportación, presión interna del horno, velocidad de extracción de gases en la chimenea, presión de los gases en la entrada y salida del sistema de control ambiental, temperatura del horno, temperatura en las cámaras de combustión y el perfil de temperatura en el horno, para analizar el comportamiento del horno, cuando 20 se usa coque de petróleo. Todos estos factores son monitoreados y sincronizados por medio de un controlador programable para llevar a cabo ciclos de aire de combustión y ciclos de calor de escape, los cuales son alternados cada 20 ó 30 minutos de pendiendo de los hornos específicos. Los

ciclos automáticos también pueden ser llevados a cabo por medio del monitoreo de la temperatura en el horno, de acuerdo a ciclos de temperatura preestablecidos en el controlador programable.

#### SUMARIO DE LA INVENCION

5 De acuerdo con la presente invención, un primer objetivo de la presente invención es proveer un sistema de control para alimentar combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio, el cual controla automáticamente la alimentación del combustible pulverizado en el horno.

Es otro objetivo de la presente invención, proveer un sistema de control 10 para alimentar combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio, el cual monitorea y controla todas las variables del proceso de fundición de vidrio para llevar a cabo una operación sincronizada del combustible de los ciclos de aire de combustión y gases de escape en el horno de fundición de vidrio.

Otro objetivo de la presente invención es proveer un sistema de control 15 para alimentar un combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio, el cual permite una secuencia de operación entre todos los diferentes sistemas que interactuan en todo el proceso para almacenar, manejar, transportar, alimentar, quemar y para disponer del combustible pulverizado en el proceso de fundición de vidrio. La interacción del sistema de control se lleva a cabo con 20 un sistema de control de combustión, un sistema de control de fundición, un sistema de control ambienta, un sistema de control de manejo de desperdicios, y un sistema de control de transportación y almacenaje, para llevar a cabo el intercambio de datos de todas las variables manipuladas y detectadas en las

diferentes etapas del proceso y equipos y para alimentar el combustible pulverizado a una pluralidad de quemadores que son asociados con un par de regeneradores sellados de un horno de fundición de vidrio.

Es otro objetivo de la presente invención proveer un sistema de control 5 para alimentar un combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio, en donde los quemadores pueden ser colocados en la cámara de fundición para el quemado del coque de petróleo, gas o petróleo.

Estos y otros objetivos y desventajas de la presente invención serán evidentes a los expertos en el campo de la siguiente descripción detallada de 10 invención, la cual es ilustrada en los dibujos anexos.

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es una vista en planta de un horno de fundición de vidrio del tipo regenerativo;

La figura 2 es una vista longitudinal esquemática del horno ilustrado en 15 la figura 1;

La figura 3 es una vista esquemática del sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado de acuerdo con la presente invención;

La figura 4 es una vista lateral del sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado en combinación con un horno de fundición de vidrio 20 del tipo regenerativo;

La figura 5 es una vista detallada de un arreglo de un quemador para alimentar y quemar un combustible pulverizado de acuerdo con la presente invención;

La figura 6 es un diagrama de bloques de las partes principales de un sistema de control construido de acuerdo con la presente invención; y,

La figura 7 es un diagrama de flujo explicando la operación del sistema de control que se muestra en la figura 6.

## 5 DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

La invención será descrita a continuación en relación a una modalidad específica, en donde las mismas partes serán referidas a los mismos números y en donde las figuras 1 y 2 muestran una vista de planta de un horno de fundición de vidrio del tipo regenerativo el cual comprende una cámara de fundición 10, una cámara de refinación 12, una cámara de acondicionamiento 14 y una garganta 16 entre la cámara de refinación y la cámara de acondicionamiento 14. El extremo frontal 18 de la cámara de refinación 12 comprende una serie de conexiones alimentadoras 20 a través del cual el vidrio fundido se remueve de la cámara de refinación 12. El extremo trasero 22 de la cámara de fundición 10 incluyendo un área de alimentación 24 a través de la cual, los materiales para hacer el vidrio son alimentados por medio de un cargador de mezcla 26. Se provee un par de regeneradores 2830 por cada lado de la fundición 10. Los regeneradores 28 y 30 son provistos con puertos de quemado 32, 34, conectando cada regenerador 28, 30 con la cámara de fundición 10. Los regeneradores 28, 30 se proveen con una cámara de regeneración de gas 36 y una cámara de regeneración de aire 38. Ambas cámaras 36 y 38 son conectadas a una cámara inferior 40, las cuales son arregladas para comunicarse por medio de compuertas 42 hacia un túnel 44 y

una chimenea 46 para los gases de escape. Quemadores 48a, 48b, 48c, 48d, 48e, 48f, 48g, y 48h, así como quemadores 50a, 50b, 50c, 50d, 50e, 50f, 50g y 50h, son arreglados en cada puerto 32, 34 en una porción de cuello 52, 54 de cada puerto de quemado 32, 34 para quemar el combustible, tal como gas natural, coque de petróleo u otro tipo de combustible para uso en los hornos de fundición de vidrio.

De esta forma cuando los materias para hacer el vidrio son alimentadas a través de la compuerta de alimentación 24 en el extremo trasero de la cámara de fundición 10, el vidrio es fundido por los quemadores 48a-h y 50a-h, 10 el cual flota en una dirección hacia delante hasta que se funde completamente y pasa de la cámara de fundición 10 a la cámara de acondicionamiento 14. Durante la operación del horno, los regeneradores 28, 30, son ciclados alternativamente entre ciclos de escape y combustión de aire. Cada 20 a 30 minutos, dependiendo del horno específico, la trayectoria de la flama de la 15 flama es revertida por una serie de quemadores 48a-h ó 50a-h. De esta forma la flama resultante y productos de combustión producidos por cada quemador 48a-h, ó 50a-h, pasan a través de la superficie del vidrio fundido y transfieren el calor al vidrio que está en la cámara de refinación 10 y cámara de refinación 12.

20 ALIMENTACIÓN DEL COKE DE PETROLEO PULVERIZADO (F).

Haciendo ahora referencia a la figuras 3, 4 y 5, el sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado (A) en un horno de fundición de vidrio comprende, en una primera modalidad de la presente invención, primeros

tanques o silos de almacenaje 56 y 58 para almacenar el coque de petróleo pulverizado u otro tipo de combustible para uso en el horno de fundición de vidrio. Los silos de almacenaje 56, 58, se alimentan a través de un vagón de tren 60 por medio de una primera tubería de entrada 62, la cual se conecta 5 entre el vagón del tren 60 y los silos 56, 58. Una primera tubería principal 62 que tiene primeras tuberías de ramificación 64, 66, las cuales son conectadas respectivamente a cada silo 56, 58 para el llenado de cada silo 56, 58. Válvulas 68, 70, son conectadas a cada una de las primeras tuberías de ramificación 64, 66, para regular el llenado de cada silo 56, 58. Cada silo 56, 10 58, es llenado a través de un efecto de vacío por medio de una bomba de vacío 70, a través de una primera tubería de salida 72. La primera tubería de salida 72 tiene segundas tuberías de ramificación 74, 76, que son conectadas con cada silo, 56, 58. Válvulas 78, 80, son conectadas por cada una de las segundas tuberías de ramificación 74, 76, para regular el efecto de vacío que 15 es provisto por la bomba de vacío 70 para el llenado de cada silo 56, 58.

El fondo de cada silo 56, 58, incluye una sección cónica 82, 84 y un sistema de alimentación gravimétrico de coque 86, 88, para fluidizar y para asegurar un flujo de descarga constante del coque pulverizado en una segunda tubería de salida 90, a través del cual el material pulverizado es enviado a un 20 sistema de alimentación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7. Los silos 56, 58, incluyendo sensores S para determinar la concentración de monóxido de carbón del combustible pulverizado para disparar un dispositivo de inerización para proteger el medio ambiente interno dentro de cada silo. La

segunda tubería de salida 90 incluye tercera tubería de ramificación 92, 94, que están conectadas al fondo de cada sección cónica 82, 84, de cada silo o tanque 56, 58. Válvulas 96, 98 son acopladas a cada tercera tubería de ramificación 92, 94, para regular el flujo del coque de petróleo pulverizado a la 5 segunda tubería de salida 90.

#### **SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA EL COMBUSTIBLE PULVERIZADO.**

Haciendo ahora referencia al sistema de dosificación de acuerdo con la presente invención, el coque de petróleo pulverizado es recibido por cada sistema de dosificación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7, a través de 10 la segunda tubería de salida 90. Cuartas tuberías de ramificación 100, 102 y 104, son conectadas a la segunda tubería de salida 90, para transportar el coque pulverizado a los primeros silos o tanques 56 y 58, hacia el sistema de alimentación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7. Cada sistema de alimentación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7, incluyen una segunda 15 serie de silos o tanques 106, 108 y 110. La segunda serie de silos 106, 108 y 110, comprenden una sección cónica 112, 114 y 116; un sistema de alimentación gravimétrico de coque 118, 120, 122; un sistema de aereación 124, 126, 128; un alimentador 130, 132, 134; y un filtro 136, 138, 140, para descargar un flujo constante de coque pulverizado hacia cada uno de los 20 quemadores 48f, 48g y 48h y, los quemadores 50f, 50g y 50h, como será descrito más adelante.

Un compresor de aire neumático 142 y un tanque para aire 144, se conectan a través de una segunda tubería principal 146. Una primera tubería

de derivación de entrada 148, 150, 152 es conectada con la segunda tubería principal 146 para suministrar un aire filtrado --a través de los filtros 136, 138 y 140 – para transportar el coque hacia el interior de cada uno de la segunda serie de silos o tanques 106, 108, 110. La segunda tubería principal 146 5 también incluye, primeras tuberías de ramificación de retorno 154, 156, 158, las cuales son conectadas con el sistema de aereación 124, 126, 128, para permitir un flujo adecuado del coque hacia tercera tuberías de salida 160, 162 y 164, como será descrito más adelante. Adicionalmente, una segunda tubería de entrada 166 se conecta con la segunda tubería principal 146 (después del 10 tanque para aire 144), el cual incluye segundas tuberías de ramificación de entrada 168, 170, que son conectadas sobre la parte superior de cada silo o tanque 56, 58, para inyectar aire hacia el interior de cada silo o tanque 56, 58.

El sistema de alimentación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7 incluyen respectivamente cuartas tuberías de salida 172, 174 y 176, 15 conectadas en la parte inferior de cada alimentador 130, 132, 134. Una válvula de regulación de tres salidas 178, 180, 182, es conectada respectivamente con las cuartas tuberías de salida 172, 174 y 176, a través de una primera salida; una segunda salida es conectada con las primeras tuberías de retorno 179, 181, 183, para retornar el coque pulverizado hacia cada segunda serie de silos 20 o tanques 106, 108, 110, mientras que, la tercera salida es conectada con la tercera tubería de salida 160, 162, 164, las cuales se usan para suministrar una mezcla de aire combustible hacia un arreglo de una tubería de cuatro

salidas 184, 186 y 188, relacionada con el sistema de combustión como se describirá a continuación.

### SISTEMA DE COMBUSTIÓN

Haciendo ahora referencia al sistema de combustión, éste es conectado 5 a cada uno de los sistemas de alimentación de combustible sólido SD-5, SD-6 y SD-7 a través de una primera salida de la tubería de cuatro salidas 184, 186 y 188, las cuales son conectadas con cada una de las tercera tuberías de salida 160, 162, 164, de cada uno de los sistemas de alimentación de combustible SD-5, SD-6 y SD-7. Una segunda salida es conectada 10 respectivamente con las cuartas tuberías de salida 190, 192, 194, para alimentar el suministro de la mezcla de aire combustible hacia los quemadores 48h, 48g y 48f. Una tercera salida de la tubería 184, 186, 188, de cuatro salidas, es conectada a una quinta tubería de salida 196, 198, 200, para alimentar la mezcla de aire combustible hacia los quemadores 50h, 50g y 50f; 15 y una cuarta salida de tubería 184, 186, 188, de cuatro vías, es conectada respectivamente a una segunda tubería de retorno 202, 204, 206, para retornar el coque pulverizado hacia cada una de la segunda serie de silos o tanques 106, 108, 110. La tubería 184, 186 y 188, de cuatro vías, teniendo válvulas de bola 208 A-C, 210 A-C, 212 A-C, ubicadas entre la porción de conexión de la 20 tubería de cuatro salidas 184, 186, 188, y la cuarta tubería de salida 190, 192, 194; la quinta tubería de salida 196, 198, 200; y la segunda tubería de retorno 202, 204, 206.

De esta forma, durante la operación del horno, los quemadores 48 a-h ó 50 a-h son ciclados alternativamente entre ciclos de combustión y no-combustión. Cada 20 ó 30 minutos, dependiendo del horno específico, la trayectoria de la flama es revertida en cada una de la serie de quemadores 48 a-h ó 50 a-h. La mezcla de aire-combustible que está llegando a través de la tercera tubería de salida 160, 162, 164, es regulada por la tubería de cuatro-salidas 184, 186 y 188, y las válvulas de bola 208 A-C, 210 A-C y 212 A-C, para alternar la inyección de la mezcla de aire combustible entre los quemadores 48 a-h y 50 a-h. Cuando se lleva a cabo el ciclo de operación alternativo entre los quemadores 48 a-h y 50 a-h, una cantidad de aire-combustible es regresada a la segunda serie de silos o tanques 106, 108, 110, por medio de una segunda tubería de retorno 202, 204, 206.

El aire de suministro que está siendo enviado a través de la tercera tubería de salida 160, 162, 164, es usado para transportar el coque de petróleo y para provocar altas velocidades de inyección de coque hacia la boquilla de cada quemador 48 a-h y 50 a-h. El suministro de aire es provisto por medio de un soplador de aire 214 a través de una tercera tubería principal 216.

Cuertas tuberías de salida 218, 220 y 222, son conectadas con la tercera tubería principal 216 y las tercera tuberías de salida 160, 162, 164, para mantener una relación elevada de mezcla de aire-combustible que está siendo suministrada a los quemadores 48 a-h y 50 a-h.

Para efectuar el ciclo de combustión de los quemadores 48 a-h ó 50 a-h, cada quemador 48 a-h ó 50 a-h son alimentados individualmente con la mezcla

aire-combustible. Esta mezcla será suministrada a través de un tubo interno en cada quemador 48 a-h ó 50 a-h, y llegará a una cámara de distribución para distribuirla a diversas boquillas de inyección en cada quemador 48 a-h ó 50 a-h.

5        Para incrementar el flujo de turbulencia y la mezcla de combustible pulverizado con un aire de combustión pre-calentado en cada quemador 48 a-h ó 50 a-h, un aire primario es inyectado desde un ventilador de aire primario 224, el cual es suministrado bajo presión a través de boquillas de inyección de cada quemador 48 a-h ó 50 a-h. De esta forma, la operación de los  
10 quemadores 48 a-h ó 50 a-h, tendrán una inyección de coque a través de una transportación neumática con una relación elevada de aire-sólido y con una relación de aire primario de aproximadamente 4% de aire estequiométrico.

Una sexta tubería de salida 226 y una séptima tubería de salida 228 son conectadas con las quintas tubería de derivación 230, 232, 234, y, la séptima  
15 tubería de salida 228 siendo conectada con sextas tuberías de derivación 236, 238, 240. El extremo de salida de cada quinta y sexta tubería de derivación 230, 232, 234, 236, 238, 240, siendo conectadas in en forma directa con cada quemador 48 f-h ó 50 f-h. El flujo de aire primario en cada quinta y sexta tubería de derivación 230, 232, 234, 236, 238, 240, son regulados  
20 individualmente por un arreglo de una primera válvula de globo 242, una primera válvula de bola 244 y una segunda válvula de globo 246.

Adicionalmente, la sexta tubería de salida incluye séptimas tuberías de salida 248, 250 y 252, las cuales son conectadas respectivamente con las

quintas tuberías de salida 196, 198, 200. Y, la séptima tubería de salida 228 incluye sextas tuberías de salida 254, 256, 258, las cuales son conectadas respectivamente con las cuartas tuberías de salida 190, 192, 194. Cada sexta y séptima tubería de salida 248, 250, 252, 254, 256, 258, teniendo una válvula 5 check 260 y una válvula de bola 262.

A través del arreglo anteriormente descrito, el ventilador de aire primario 224 suministrará aire a los quemadores 48 f-h (quemadores izquierdos) o quemadores 50 f-h a través de la sexta tubería de salida 226 y la séptima tubería de salida 228, y por cada quinta y sexta tuberías de ramificación 230, 10 232, 234, 236, 238, 240. El soplador de aire 224 operará para suministrar un flujo de aire máximo durante la operación de cada quemador 48 f-h o quemadores 50 f-h, mientras que, un flujo de aire mínimo está siendo provisto para los quemadores 48 f-h o quemadores 50 f-h, que no están operando, por medio de cada sexta y séptima tubería de salida 248, 250, 252, 254, 256, 15 258, para garantizar las mejores condiciones para ser enfriados.

No obstante que la invención fue descrita sobre la base de tres quemadores 48f, 48g, 48h y quemadores 50f, 50g y 50h, deberá entenderse que el sistema que se describe en la presente invención, es aplicado para todos los quemadores 48 a-h y 50 a-h. La figura 5 muestra un arreglo 20 específico de un quemador 48f, una sexta tubería de ramificación 236, cuarta tubería de salida y la séptima tubería de salida 228, la última siendo conectada con el primer soplador de aire 224, para alimentar y quemar un combustible pulverizado de conformidad con la presente invención. El quemador 48f está

localizado en una porción de cuello 52 de un puerto de encendido 32 para quemar un combustible, tal como gas natural, combustible de petróleo u otro tipo de combustibles para uso en el horno de fundición de vidrio.

En una modalidad adicional de la presente invención, la fundición de vidrio puede ser fundida con dos o tres tipos de combustible, por ejemplo, en la figura 3, los quemadores 48a-48d y 50a-50d, pueden ser alimentadas con un combustible pulverizado como coque de petróleo; y los quemadores 48e-48h y 50e-50h pueden ser alimentados con gas o petróleo combustible. En una tercera modalidad de la presente invención, los quemadores 48a-48d y 50a-50d pueden ser alimentados con un combustible pulverizado, tal como coque de petróleo; los quemadores 48e-48f y 50e-50f pueden ser alimentados con gas; y los quemadores 48g-48h y 50g-50h pueden ser alimentados con petróleo combustible. Estas combinaciones son, considerando que a esta fecha, ya existen hornos de fundición de vidrio que usan gas o petróleo combustible como combustible principal para fundición de vidrio y que, el comportamiento de dicho gas y petróleo combustible es bien conocido en el arte.

#### CONTROL AMBIENTAL.

Finalmente, después de que la combustión del combustible pulverizado se ha llevado a cabo, un equipo para reducir y controlar la contaminación del aire y las emisiones de sulfuro, nitrógeno, vanadio, fierro y compuestos de níquel es colocado al final del túnel 44 y conectado con la chimenea para los gases de escape. El sistema de control de contaminación, de acuerdo a la

presente invención, es adaptado a la salida de los gases de desperdicio del horno de fundición de vidrio.

Para el control de las emisiones contaminantes, se ha demostrado que los precipitadores electrostáticos disminuyen considerablemente las partículas 5 de materia del horno de vidrio. Las partículas de materia fina de los hornos de vidrio no presentan problemas para este tipo de precipitadores.

En el caso de la remoción de SO<sub>2</sub>, se necesita agregar un depurador parcialmente húmedo o seco, el cual es un buen complemento para un precipitador electrostático o un sistema de filtrado tipo malla. En realidad, bajo 10 las condiciones de gases ácidos altos, es necesario utilizar un depurador para reducir la concentración de los gases corrosivos. En el caso del uso de un nuevo combustible, será necesario utilizar un depurador con un contenido bajo de SO<sub>2</sub>. Esto no solamente sirve como beneficio al sistema para la prevención 15 de la corrosión, sino que también baja la temperatura de los gases de escape y por lo tanto, reduce el volumen de gas.

Los depuradores en seco (inyección de un polvo de reacción en seco) y/o depuradores semi-húmedos serán ubicados en una cámara de reacción grande, corriente arriba de los precipitadores electrostáticos. En ambiente húmedo o seco, los materiales depurados incluirán Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Ca(OH)<sub>2</sub>, 20 NaHCO<sub>3</sub> o algunos otros. Los materiales de reacción resultantes, son ingredientes básicos al proceso de fabricación de vidrio y por lo tanto son generalmente reciclables hasta cierto punto. Una regla del pulgar es que por cada 1% de sulfuro en el combustible, se generan cuatro libras de SO<sub>2</sub> por

tonelada de vidrio fundido. Así, para combustibles con alto contenido de sulfuro, existirá una abundancia de deshechos secos, por ejemplo NaSO<sub>4</sub>. Esta cantidad de deshechos varía con la tasa de captura y la cantidad de material que puede ser reciclado, pero el número podría ser significativo. Para 5 la operación de hornos de flotado un alto contenido de sulfuro que podrían ser por arriba de 5 toneladas de desperdicio por día.

Los niveles de rendimiento de depuración varían de 50 al 90% usando NaHCO<sub>3</sub> seco o Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> semi-húmedo. El control de temperatura es importante en las alternativas de depuración con temperaturas de reacción 10 experimentales con un rango alrededor de 250° a 400° en el material de depuración.

Los depuradores del tipo húmedo vienen en un número infinito de formas, tamaños y aplicaciones. Las dos más grandes aplicaciones relacionadas con la fabricación de vidrio son aquellas que fueron diseñadas 15 para colectar gases (SO<sub>2</sub>) y aquellas que fueron diseñadas para capturar partículas de materia.

#### **DESCRIPCION DETALLADA DEL SISTEMA DE CONTROL**

Haciendo ahora referencia al sistema de control de la presente invención, éste será escrito en combinación con el sistema para alimentar y 20 quemar un combustible pulverizado, tal como fue descrito en las figuras 1 a 5, para controlar toda la secuencia de operación de dicho sistema de acuerdo a ciclos de quemado alternados del combustible pulverizado.

El sistema de control CS de la presente invención como se ilustra en la figura 6, comprende: un sistema de control para recepción de almacenaje y transportación RCS, para monitorear el llenado de cada silo 56, 58. Dicho un sistema de control para recepción de almacenaje y transportación RCS, 5 incluyendo sensores de nivel 270 para detectar un nivel inferior y un nivel superior del combustible pulverizado en cada silo 56, 58. Una vez que se ha detectado el nivel superior o nivel inferior del combustible pulverizado en cada silo 56, 58, las señales son enviadas al sistema de control para recepción de almacenaje y transportación RCS para detener o iniciar la acción de llenado de 10 cada silo 56, 58. Adicionalmente, cada silo 56, 58, incluye sensores 272 localizados en la parte superior de cada silo para medir la concentración de monóxido de carbón para arrancar procedimientos de seguridad para hacer inerte la atmósfera interna en cada silo 56, 58.

Un sistema de control de alimentación FCS está asociado con el 15 sistema de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7 para controlar alternadamente el llenado y la descarga de la segunda serie de silos 106, 108, 110. El sistema de control de alimentación FCS controla automáticamente el llenado del material pulverizado en una o dos modalidades. En una primera modalidad, el control de nivel del material 20 pulverizado en los sistemas SD-5, SD-6 y SD-7, es llevado a cabo a través del sistema de alimentación gravimétrica 118, 120, 122, esto es, el control de alimentación es calculado tomando en consideración el tiempo versus el peso del material pulverizado que está siendo detectado en los silos 106, 108 y 110.

De esta forma, cada vez que un peso mínimo de combustible pulverizado se ha detectado en cada silo 106, 108 y 100, éstos serán llenados con el material pulverizado. En una segunda modalidad, el control del nivel del material pulverizado es controlado por el uso de sensores de nivel. Al menos un primer 5 sensor de nivel 274 es colocado en la parte superior de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7 y al menos un segundo sensor de nivel 276 es colocado en la parte inferior de dichos sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7. El primer sensor de nivel 274 y el segundo sensor de nivel 276 están asociados 10 con el sistema de control de alimentación FCS para recibir y para generar señales del nivel de material pulverizado y para el llenado de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7. El sistema de control de alimentación FCS también incluye sensores 275 para monitorear el flujo d aire, así como, presión de aire el soplador de aire primario 214, y 15 sensores 277 para monitorear el flujo de aire, así como, presión de aire y temperatura para el aire de transportación en las tuberías 160, 162 y 164. A través del sistema de alimentación gravimétrica 118, 120, 122 ó por medio de los sensores 274, 275, 276 y 277, se detectan una serie de variables, por ejemplo, temperatura de aire de transportación, presión de aire de 20 transportación, tasa de flujo del aire de transportación, velocidad de retroalimentación de la válvula rotatoria 279, peso del material pulverizado en los sistemas de alimentación del combustible pulverizado SD-, SD-6 y SD-7, arranque y paro del control del soplador del aire de transportación, etc.

Un sistema de control del fundidor MCS para administrar las variables críticas del horno de fundición de vidrio, dicho sistema de control del fundidor siendo asociado con una pluralidad de sensores, tales como, sensores 278 para monitorerar la temperatura interna del horno y sensores 280 para 5 monitorear el perfil de temperatura en todo el horno.

Un sistema de control ambiental ECS para manejar la extracción de los gases de combustión, en una forma controlada y segura. Esto es, cuando la extracción de los gases se lleva a cabo, se realiza un impacto directo en la presión interna del horno de fundición de vidrio, de tal manera que, es muy 10 importante que un sistema de control CCS (el cual será descrito más adelante), regule la interacción entre el sistema de control del fundidor MCS y el sistema de control ambiental ECS, para calcular las variables promedios durante la extracción de los gases de combustión a través del aire de combustión y ciclos de calor de escape del horno regenerativo, par minimizar las variaciones en el 15 horno.

Un sistema de control de servicios de control ambiental ESCS asociados con el sistema de control ambiental ECS, para generar las proporciones de reactivos que son requeridos por el sistema de control ambiental ESC, así como, el manejo de los desperdicios sólidos que han sido recuperados en cada 20 uno de los sistemas de control ambienta ECS.

Y finalmente, un sistema de control de combustión CCS, para controlar la alternacia entre ciclos de aire de combustión y ciclos de calor de escape en el horno de fundición de vidrio (cada 20 ó 30 minutos, dependiendo de los

hornos específicos). El sistema de control de combustión CCS es conectado con todos los sistemas de control antes descritos (el sistema de control para recepción de almacenaje y transportación RCS, el sistema de control de alimentación FCS, el sistema recontrol del fundido MCS, el sistema de control ambiental ECS y el sistema de control de servicios ambientales ESCS), para recibir y procesar todas las variables de control involucradas en cada uno de los controles, tales como, sensores 280 para monitorerar el flujo de gas en cada quemador; sensores 282 para monitorerar la velocidad de alimentación del combustible pulverizado en la tubería 90; sensores 284 para monitorerar la velocidad de alimentación de aire en el soplador de aire primario 224; sensores 286 para monitorerar la presión de aire en el soplador de aire primario 224; sensores 288 para monitorear el flujo de aire de transportación en la sexta tubería de salida 226 y la séptima tubería de salida 228; sensores 290 para monitorerar la presión interna de las cámaras de combustión; sensores 292 para monitorerar la velocidad de extracción del gas en la chimenea; sensores 294 para monitorear la presión d gas en la salida y entrada del sistema de control ambiental ECS; sensores 296 para monitorerar la temperatura interna del horno; sensores 298 para monitorerar la temperatura en las cámaras de combustión; sensores 300 para determinar el perfil de temperatura el todo el horno. Cada sensor siendo conectado con el sistema de control de combustión CCS, el cual recibe señales de retroalimentación de todos los sensores antes descritos, para controlar adecuadamente la operación de las variables más críticas del sistema de alimentación y quemado del combustible pulverizado.

- Este sistema de control de combustión CCS es operado para llevar a cabo las siguientes operaciones: control de combustión directa, interacción entre el sistema de control de combustión CCS y sistema de control de combustión del fundidor MCS (sincronización de cambio); para monitorerar todas variables del
- 5 proceso tales como, presión interna del horno y punto de ajuste, tasa de flujo del aire de combustión y punto de ajuste, % de exceso de O<sub>2</sub> y tasa de flujo de gas y punto de ajuste, interacción entre sistema de control de combustión CCS y sistema de control de alimentación FCS; y la interacción entre el sistema de control de combustión CCS y el sistema de control ambiental ECS.
- 10 La secuencia de operación de dicho sistema de control de combustión se inicia tomando como referencia la posición de las compuertas del horno FG y la posición de las compuertas del túnel TG, para establecer una correcta sincronización con la operación del horno y para introducir el combustible pulverizado en el lado correcto del horno de fundición de vidrio de acuerdo con
- 15 los ciclos de aire de combustión y ciclos de calor de escape.
- Todos y cada uno de los sensores envían sus respectivas señales al sistema de control de combustión CCS a través de una red de comunicación CN, para habilitar el control, para calcular la duración del ciclo de operación de cada serie de quemadores sobre la base de la señal que se produce por los
- 20 sensores 298 que se localizan en las compuertas del horno FG.

El sistema de control de transportación y recepción de almacenaje RCS, también incluye un sistema de monitoreo de silo de día DSMS, para monitorerar la cantidad de combustible pulverizado en cada silo 56, 58.

El sistema de control SC también incluye un sistema experto y un sistema de ejecución de manufactura ESMES, el cual se usa para optimizar el proceso de producción y combustión completo.

Bajo este arreglo, la alimentación de material pulverizado hacia cada uno de los quemadores se lleva a cabo en dos modalidades.

#### SECUENCIA DE REVERSION INTERMITENTE

En una primera modalidad, el combustible pulverizado puede ser alimentado al horno en una secuencia intermitente. En este caso, en una primera etapa, una vez que el ciclo de combustión ha finalizado en un lado del horno, la alimentación del combustible pulverizado a cada uno de los quemadores –por ejemplo quemadores 48f, 48g, 48h, por medio del sistema de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7—se detienen. Sin embargo, un flujo continuo del aire de transportación es mantenido durante un periodo corto de tiempo, “como una purga”, para propósitos de limpieza de dichas tuberías 192, 194 y 196. En esta modalidad, el flujo de combustible pulverizado se detiene totalmente en los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7, mientras que el ciclo de combustión está siendo cambiado de los quemadores 48f, 48g y 48h a los quemadores 50f, 50g y 50h, para llevar a cabo un segundo ciclo de combustión. En esta etapa, las compuertas del horno FG son abiertas para iniciar la alimentación de combustible pulverizado por ejemplo, hacia los quemadores 50f, 50g, 50h. En esta segunda etapa, una vez que el lado opuesto del horno está lista para arrancar el proceso de combustión, el arreglo

de las válvulas 242, 244 y 246 son abiertas y la alimentación del combustible pulverizado es reiniciada a través de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7, una vez que el aire de transportación está en la tubería por medio de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7. El proceso de cambio se repite cada 20 ó 30 minutos entre los ciclos de calor de escape y aire de combustión en el horno de fundición de vidrio. También, en este caso, los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7 pueden incluir una compuerta deslizable SG en la salida de dichos sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7, la cual es sincronizada con el sistema de control de combustión CCS para evitar el paro y re establecimiento de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7.

#### SECUENCIA DE REVERSION CONTINUA

15 En una segunda modalidad, la operación de los sistemas de alimentación de combustible pulverizado SD-5, SD-6 y SD-7, se mantiene en una forma continua, para mantener una mayor y mejor estabilidad en la alimentación de combustible pulverizado a cada uno de los quemadores. El arreglo es similar al ejemplo previo, pero aquí se usa una válvula de cuatro vías 20 184, 186 y 188 antes descrita o una válvula diversora de tres vías que llevan a cabo la misma operación (no mostrada). A través de ésta modalidad, la alimentación del combustible pulverizado puede ser previamente probado,

calibrado e instalado antes de que dicho combustible sea alimentado a cada uno de los quemadores 48 a-h o 50 a-h.

De esta forma, la mezcla de aire-combustible que llega a través de las tercera tuberías de salida 160, 162, 164 es regulada por el juego de válvulas 5 de cuatro vías 184, 186 y 188 y las válvulas de bola 280 A-C, 210 A-C, 212 A-C, para alternadamente inyectar la mezcla de aire-combustible entre los quemadores 48 a-h y 50 a-h. De esta forma, durante el cambio de ciclo, mientras las compuertas del horno FG están siendo abiertas para iniciar la alimentación del combustible pulverizado —en un primer lado del horno— el 10 combustible pulverizado está siendo continuamente alimentado a través de las tuberías 160, 162 y 164, pero dicho combustible pulverizado está siendo regresado a la segunda serie de silos o tanques 106, 108, 110 por medio de las segundas tuberías de retorno 202, 204, 206. Una vez que el lado opuesto del horno está listo para arrancar la combustión, las válvulas 184, 186 y 188 15 son activadas automáticamente para alimentar el combustible pulverizado a cada uno de los quemadores.

La secuencia básica para llevar a cabo la rutina de reversión en el sistema de control de combustión CCS se muestra en el diagrama de flujo de la figura 7. La secuencia de reversión es controlada por el sistema de control 20 de combustión CCS. La mezcla de aire-combustible pulverizado es cambiada de una serie de quemadores a los otros a través de las válvulas 184, 186 y 188, para alimentar la mezcla de aire-combustible pulverizado a cada serie de quemadores. Las señales detectadas por el sistema de control son usadas por

el sistema de control de alimentación FCS para ejecutar estrategias de control especiales para llevar a cabo una mejor estabilidad de alimentación durante el cambio de encendido en base a la posición de las compuertas del horno FG.

En una secuencia de etapas, la rutina de reversión es arrancada cuando 5 el sistema control SC (etapa 1) recibe una señal externa o interna para arrancar o parar el tiempo de ciclo. Las señales son recibidas y transmitidas a un time (etapa C2)—para referencia de la reversión, la cual está operando continuamente, generando una señal de onda cuadrada de 500 milisegundos--.

En la etapa C3, cada transición positiva de dicha señal es usada para generar 10 un pulso de un segundo “en tiempo real” para sincronizar el escaneo total desde un procesador del sistema de control SC. En la etapa C4 cada segundo es usado para actualizar: los segundos restantes para iniciar el cambio (cada 20 minutos o 30 minutos, dependiendo del tipo de horno, la trayectoria de la flama es revertida); los minutos restantes para iniciar la reversión; los minutos 15 que han pasado después de la reversión; y los segundos que han pasado después de la reversión. En la etapa C5, si la señal de sincronización y el tiempo que ha pasado es igual o mayor que el tiempo estimado para el cambio, si es SI, entonces se genera una señal para forzar la iniciación del cambio (etapa C6). Si NO, entonces la señal es enviada a la etapa C7 para iniciar el 20 cambio. Adicionalmente intercierres de seguridad (no mostrados) en esta rutina evita disparos falsos de la secuencia de reversión. Esta rutina de sincronización se lleva a cabo para cada una de las compuertas del horno FG.

Después de la etapa C5 y etapa C6 y una vez que las señales para iniciar la

reversión o para forzar la reversión se han recibido en la etapa C7, éstas son comparadas con respecto a la duración del cambio. Si es NO, éstas van a la siguiente etapa (etapa C8) para obtener permiso para iniciar el cambio. Si estas son iguales, entonces la rutina continúa con la etapa C9 para actualizar

5 los contadores de acuerdo con la posición de las compuertas del horno FG y continúa con la etapa C10. En la etapa C10 la posición de las compuertas del horno izquierdas FG son comparadas. Si la posición de las compuertas del horno izquierdas FG están en posición correcta, entonces, la posición de quemado es sobre el lado izquierdo (etapa C11) y continúa a la etapa C12; si

10 NO, entonces se compara la posición de las compuertas del lado derecho FG (etapa C12). En la etapa C12, se compara la posición de las compuertas derechas. Si la posición de las compuertas derechas FG están correctas, la posición de quemado está sobre el lado derecho (etapa C13), y después continúa a la etapa C14. Si es NO, entonces continua con la etapa C14. En la

15 etapa C14 se lleva a cabo una comparación de las compuertas del horno (compuertas izquierdas y compuertas derechas), con el fin de evitar la posibilidad de que las compuertas no se encuentren en una posición no definida. Si la posición de las compuertas del horno FG no son correctas, entonces continúa a la etapa C8 para iniciar una operación que lleve a a cabo

20 una secuencia de cambio de una compuerta del horno FG a la otra, por ejemplo de las compuertas del horno del lado derecho a las compuertas del horno del lado izquierdo; si es NO, entonces continúa a la etapa C15. En esta etapa C15 si se detecta una caída en la posición de una compuerta del horno

FG, se genera un permiso para cambiar la posición de las compuertas del horno FG, que se lleva a cabo manualmente. La secuencia continúa a la etapa C8.

En la etapa C8, se solicita permiso para iniciar el cambio de la 5 compuerta del horno FG. Si la secuencia de cambio es autorizada, entonces continúa con la etapa C16, midiendo la duración del cambio y continúa con la etapa C17. Si es NO, entonces este va directamente a la etapa C17, en donde se compara el modo de operación automática. En la etapa C17, si la operación es automática, entonces va a la etapa C18 para iniciar el arranque de las 10 válvulas 184, 186, 188 y continúa con la etapa C19 (en donde se compara el modo de operación manual). En la etapa C19, si el modo de operación es manual, entonces continúa a la etapa C20 para iniciar la operación manual de las válvulas 184, 186, 188. Después de la etapa C20, continua la etapa C21, en donde se requiere un permiso para iniciar el cambio de las compuertas del 15 horno FG que están en posición OFF. In la etapa C22, se requiere una medición de la duración de cambio en el puerto. Si la duración de cambio en el puerto está en ON, entonces se arranca la secuencia de cambio (etapa C23) y después el programa ha finalizado (C24). Si la duración de cambio en el puerto no está en ON, entonces termina el proceso (etapa C24).

20 De lo anterior, se ha descrito un sistema de control para controlar la alimentación y quemado de un combustible pulverizado en un horno de fundición de vidrio y será aparente para los expertos en el ramo que muchas

otras mejoras podrán ser hechas, las cuales estarán consideradas dentro del campo determinado por las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control para un sistema para almacenar, alimentar y quemar un combustible pulverizado del tipo que comprende, un horno de fundición de vidrio, una serie de quemadores arreglados en dicho horno de fundición de vidrio los cuales son usados alternadamente para llevar a cabo ciclos de combustión y no combustión para la fundición del vidrio; al menos un silo de almacenaje para almacenar y alimentar el combustible pulverizado; y al menos un sistema de alimentación de combustible pulverizado el cual es llenado y vaciado con dicho material pulverizado para proveer un flujo del combustible pulverizado a cada uno de los quemadores durante el proceso de fundición de vidrio, el sistema de control comprendiendo:
  - medios para controlar el llenado y descarga de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado basado en la medición y monitoreo de la cantidad de combustible pulverizado que esta siendo almacenado y alimentado por dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado;
  - medios para monitorear al menos una variable de operación involucrada en dicho horno de fundición de vidrio, el cual está basado en al menos un sensor, cada sensor detectando una variable diferente durante el proceso de fundición de vidrio; y,
  - 20 medios para controlar la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión de dichos quemadores en dicho horno de fundición de vidrio, basado en el monitoreo ya alimentación del combustible pulverizado y en base a dichas variables de operación del proceso de fundición de vidrio.

2. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

medios de llenado automático para llevar a cabo una secuencia de llenado de acuerdo al llenado y descarga de dicho combustible pulverizado en

5 dicho sistema de alimentación de combustible, dichos medios de llenado automático siendo programables de acuerdo a una secuencia de operación preestablecida.

3. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

10 medios para controlar el llenado y descarga de dicho combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, el cual es controlado en base a un nivel de combustible pulverizado que está siendo almacenado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

15 4. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

medios para controlar el llenado y descarga de dicho combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, el cual es controlado en base al peso del combustible pulverizado que está 20 siendo almacenado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

5. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

medios para controlar un colector de polvos localizado en dicho silo de almacenaje y en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, dicho colector de polvos siendo operado durante el llenado y descarga de dicho silo de almacenaje y dicho sistema de alimentación de combustible 5 pulverizado o cuando el sistema de control detecte condiciones no favorables en el monitoreo del polvo.

6. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

medios para determinar la concentración de monóxido de carbón en 10 cada silo para disparar al menos un dispositivo para hacer inerte y proteger el medio ambiente interno dentro del silo.

7. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde el sistema de control además comprende:

medios de control del medio ambiente para monitorear, calcular y 15 controlar la extracción de gases de combustión a través de ciclos de aire de combustión y calor de escape del horno de fundición de vidrio, para minimizar las variaciones de presión interna en dicho horno de fundición de vidrio.

8. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 7, en donde los medios de control ambiental comprende:

20 un sistema de control de servicios ambientales comunicado con dichos medios de control ambiental para generar una proporción de reactivos que son requeridos por los medios de control ambiental, así como, para el manejo de

desechos sólidos que han sido recuperados por los medios de control ambiental.

9. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 4, en donde los medios para controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado incluye un sistema de control gravimétrico, para controlar la cantidad de combustible pulverizado en base al peso del material pulverizado que está siendo detectado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

10. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 3, en donde los medios para controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado incluye sensores de nivel para monitorear y para generar señales en base a un nivel superior y un nivel inferior de material pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

15 11. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde los medios para controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado comprende: medios para medir y monitorear un flujo de aire de transportación; medios para monitorear la presión de aire de transportación y el aire de transportación; medios para 20 sensar la temperatura en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado y medios para controlar la velocidad de un soplador para permitir al sistema de control seleccionar un radio de transportación aire-combustible apropiado, que es requerido por el proceso de combustión.

12. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde los medios para controlar la alternación de los ciclos de combustión y no combustión de dichos quemadores en dicho horno de fundición de vidrio además comprende: medios para monitorear el flujo de combustible pulverizado en cada quemador, medios para monitorear la velocidad de alimentación del combustible pulverizado en una serie de tuberías, medios para monitorear la velocidad del aire de alimentación en un soplador de aire, medios para monitorear la presión de aire en dicho soplador de aire, medios para monitorear la presión interna y temperatura del horno de fundición de vidrio y, medios para monitorear los gases de combustión en medios de control ambiental.

13. El sistema de control como el reclamado en la reivindicación 1, en donde los medios para controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado; los medios para monitorear al menos una variable involucrada de dicho horno de fundición de vidrio; y, los medios para controlar la alternación de los ciclos de combustión y no combustión de dichos quemadores en dicho horno de fundición de vidrio son conectados a medios de comunicación en red, dicha comunicación en red siendo interconectada entre cada uno para proveer señales de entrada y salida desde dichos medios que controlan la alternación de ciclos de combustión y no combustión para controlar la alimentación y quemado del combustible pulverizado en el proceso de fundición de vidrio.

14. Un método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado del tipo que comprende, un horno de fundición de vidrio, una serie de quemadores arreglados en dicho horno de fundición de vidrio los cuales son usados alternadamente para llevar a cabo ciclos de  
5 combustión y no combustión para la fundición del vidrio; al menos un silo de almacenaje para almacenar y alimentar el combustible pulverizado; y al menos un sistema de alimentación de combustible pulverizado el cual es llenado y vaciado con dicho material pulverizado para proveer un flujo del combustible pulverizado a cada uno de los quemadores durante el proceso de fundición de  
10 vidrio, el método comprendiendo las etapas de:

monitorear al menos una variable de operación involucrada en dicho horno de fundición de vidrio, el cual está basado en al menos un sensor, cada sensor detectando una variable diferente durante el proceso de fundición de vidrio;

15 monitorear y controlar el llenado y vaciado de dichos sistema de alimentación de combustible pulverizado basado en la cantidad de combustible pulverizado que está siendo almacenado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, proveyendo un flujo constante de dicho combustible pulverizado a cada uno de los quemadores; y,

20 controlar la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión de dichos quemadores en dicho horno de fundición de vidrio, basado en el monitoreo de la cantidad de combustible pulverizado que está siendo

alimentado a los quemadores y dichas variables de operación del proceso de fundición de vidrio.

15. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, además 5 comprende:

calcular la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión de dichos quemadores basados en un tiempo real.

16. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, en donde 10 la etapa de controlar la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión en dichos quemadores de dicho horno de fundición de vidrio comprende:

monitorear la alimentación de una mezcla del flujo de aire y combustible pulverizado desde dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado en al menos un primer quemador localizado en un primer lado del horno de 15 fundición de vidrio;

monitorear la no alimentación de la mezcla del flujo de aire y combustible pulverizado en al menos un segundo quemador localizado en un lado opuesto a dicho al menos primer quemador en dicho horno de fundición de vidrio;

20 activar un primer tiempo de ciclo para proveer la mezcla de aire y combustible pulverizado a dicho al menos primer quemador para llevar a cabo una primera etapa de combustión en el horno de fundición de vidrio para fundir el vidrio.

- detectar la finalización del primer tiempo de ciclo de dicha primera etapa de combustión y cerrar el suministro del combustible pulverizado en dicho primer quemador, pero manteniendo el suministro de aire durante un tiempo corto para el limpiado de los primeros quemadores;
- 5            mantener continuamente la alimentación del combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, regresando la alimentación del combustible pulverizado hacia dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, mientras que un flujo de combustible pulverizado y aire está siendo cambiado desde dicho al menos el primer quemador a dicho al
- 10        menos un segundo quemador en dicho segundo lado del horno de fundición de vidrio para llevar a cabo un segundo ciclo de combustión;
- activar un segundo tiempo de ciclo para proveer la mezcla de combustible pulverizado y aire desde dicho sistema de combustible pulverizado a al menos un segundo quemador para llevar a cabo un segunda etapa de
- 15        combustión en el horno de fundición de vidrio para la fundición de vidrio;
- monitorear la alimentación de la mezcla del combustible pulverizado y aire en al menos dicho segundo quemador localizado en un lado opuesto a dicho al menos un primer quemador en dicho horno de fundición de vidrio para la fundición del vidrio;
- 20        detectar la finalización del segundo tiempo de ciclo de dicha segunda etapa de combustión y cerrar el suministro del combustible pulverizado desde dicho sistema de combustible pulverizado en dicha segundo quemador, pero

manteniendo el suministro de aire durante un tiempo corto para limpieza de dichos segundo quemadores;

- mantener continuamente la alimentación del combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, regresando la
- 5 alimentación del combustible pulverizado hacia dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado mientras que, el ciclo de combustión está siendo cambiado desde dicho al menos el segundo quemador a dicho al menos un primer quemador en dicho primer lado del horno de fundición de vidrio para llevar a cabo el primer ciclo de combustión; y,
- 10 cambiar automáticamente los ciclos de combustión y no combustión entre dicho al menos un primer quemador y dicho al menos un segundo quemador para la fundición del vidrio.

17. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, en donde
- 15 la etapa de controlar la alternancia de los ciclos de combustión y no combustión en dichos quemadores de dicho horno de fundición de vidrio, comprende:

- monitorear la alimentación de una mezcla del flujo de aire y combustible pulverizado desde dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado
- 20 en al menos un primer quemador localizado en un primer lado del horno de fundición de vidrio;

monitorear la no alimentación de la mezcla del flujo de aire y combustible pulverizado en al menos un segundo quemador localizado en un

- lado opuesto a dicho al menos un primer quemador en dicho horno de fundición de vidrio;
- activar un primer tiempo de ciclo para proveer la mezcla de combustible pulverizado y flujo de aire a dicho al menos el primer quemador para llevar a
- 5 cabo una primera etapa de combustión en el horno de fundición de vidrio.
- detectar la finalización del primer tiempo de ciclo de dicha primera etapa de combustión y cerrar el suministro del combustible pulverizado en dicho primer quemador, pero manteniendo el suministro de aire durante un tiempo corto para el limpiado de los primeros quemadores;
- 10 detener el flujo del combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, mientras que el ciclo de combustión está siendo cambiado desde dicho al menos un primer quemador a dicho al menos dicho segundo quemador en dicho segundo lado del horno de fundición de vidrio para llevar a cabo un segundo ciclo de combustión;
- 15 activar un segundo tiempo de ciclo para proveer la mezcla de combustible pulverizado y aire desde dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado a dicho al menos un segundo quemador para llevar a cabo una segunda etapa de combustión en el horno de fundición de vidrio para fundir el vidrio;
- 20 monitorear la alimentación de la mezcla de combustible pulverizado y aire en al menos dicho segundo quemador localizado en un lado opuesto a dicho al menos el primer quemador en dicho horno de fundición de vidrio para la fundición del vidrio;

detectar la finalización de segundo tiempo de ciclo de dicha segunda etapa de combustión y cerrar el suministro del combustible pulverizado desde dicho sistema de combustible pulverizado en dicho segundo quemador, pero manteniendo el suministro de aire durante un tiempo corto para la limpieza de

5 dichos segundos quemadores;

detener el flujo del combustible pulverizado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, mientras que el ciclo de combustión está siendo cambiado desde dicho al menos el segundo quemador a dicho al menos el primer quemador en dicho primer lado del horno de fundición de  
10 vidrio para llevar a cabo el primer ciclo de combustión; y,

cambiar automáticamente los ciclos de combustión y no combustión entre dicho al menos el primer quemador y dicho al menos el segundo quemador para la fundición del vidrio.

18. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un  
15 combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 16, en donde la etapa de automáticamente cambiar los ciclos de combustión y no combustión entre dicho al menos un primer quemador y dicho al menos un segundo quemador para la fundición del vidrio está basado en una secuencia programable.

20 19. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 17, en donde la etapa de automáticamente cambiar los ciclos de combustión y no combustión entre dicho al menos un primer quemador y dicho al menos un

segundo quemador para la fundición del vidrio está basado en una secuencia programable.

20. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 17, en donde 5 la etapa de detectar la finalización del primer tiempo de ciclo de dicha primera etapa de combustión y cerrar el suministro del combustible pulverizado en dicho primer quemador además incluye, una compuerta deslizable en una salida de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, el cual es sincronizado con el sistema de control para evitar el paro y re establecimiento 10 de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

21. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 17, en donde la etapa de mantener continuamente la alimentación del combustible pulverizado de dicha sistema de alimentación, regresando el exceso de 15 combustible pulverizado hacia dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado además incluye la etapa de: probar, calibrar y poner en marcha el sistema de alimentación de combustible pulverizado.

22. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, en donde 20 la etapa de monitorear y controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado incluye:

controlar el llenado y descarga de dicho combustible pulverizado en dicho silos de almacenaje en base a un nivel de combustible pulverizado que

está siendo almacenado en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado.

23. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, en donde 5 la etapa de monitorear y controlar el llenado y vaciado de dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado incluye la etapa de:

controlar el llenado y descarga de dicho combustible pulverizado en dichos silos de almacenaje en base al peso de material pulverizado que está siendo almacenado en dichos silos de almacenaje.

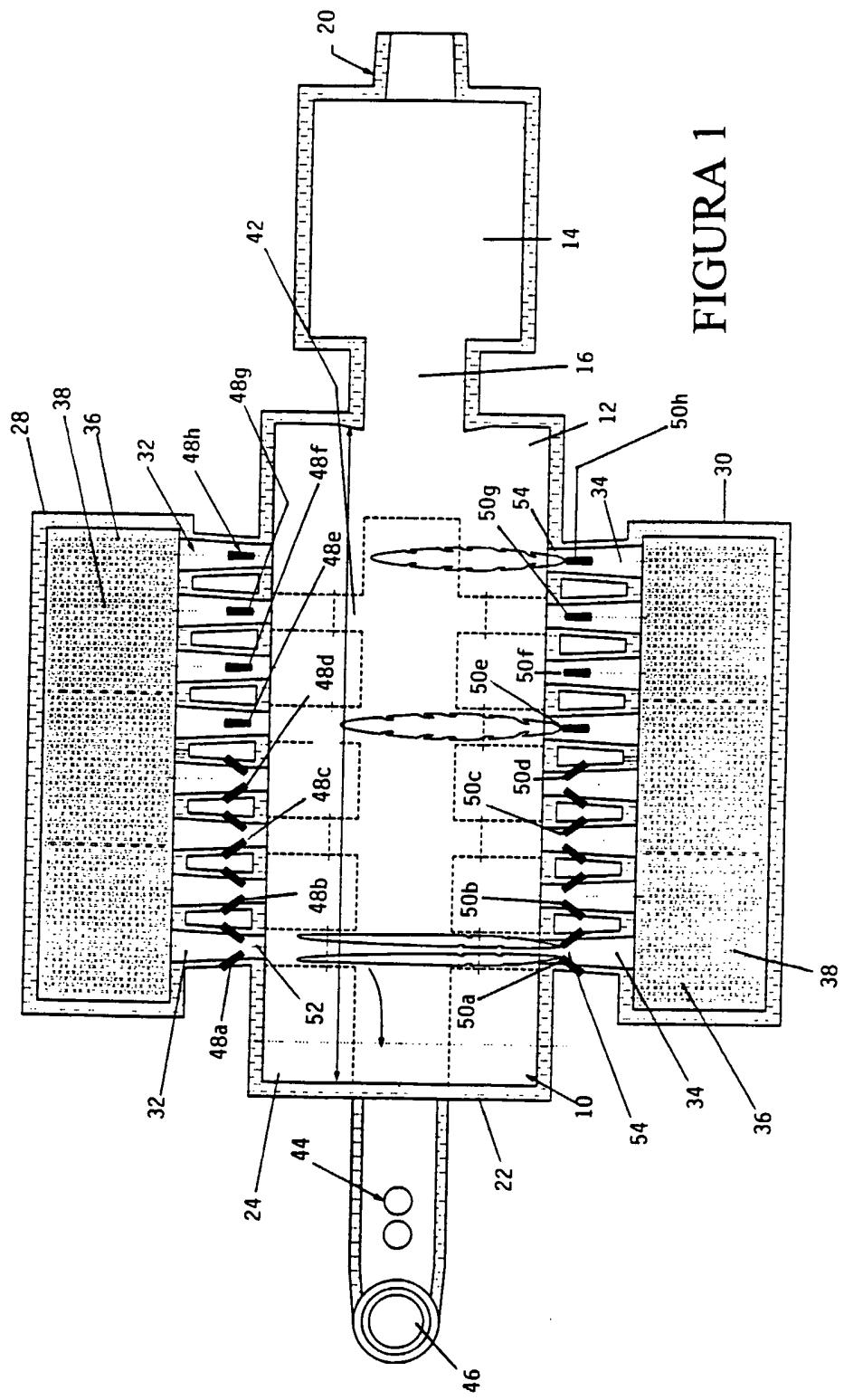
10 24. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reclamado en la reivindicación 14, que incluye las etapas de:

controlar un colector de polvos localizado en dicho silo de almacenaje y en dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado, dicho colector 15 de polvos siendo operado durante el llenado y descarga de dicho silo de almacenaje o dicho sistema de alimentación de combustible pulverizado o cuando el sistema de control detecte condiciones de monitoreo de polvo no favorables.

25. El método para controlar un sistema para alimentar y quemar un combustible pulverizado como el reivindicado en la reivindicación 14, además 20 incluyendo la etapa de:

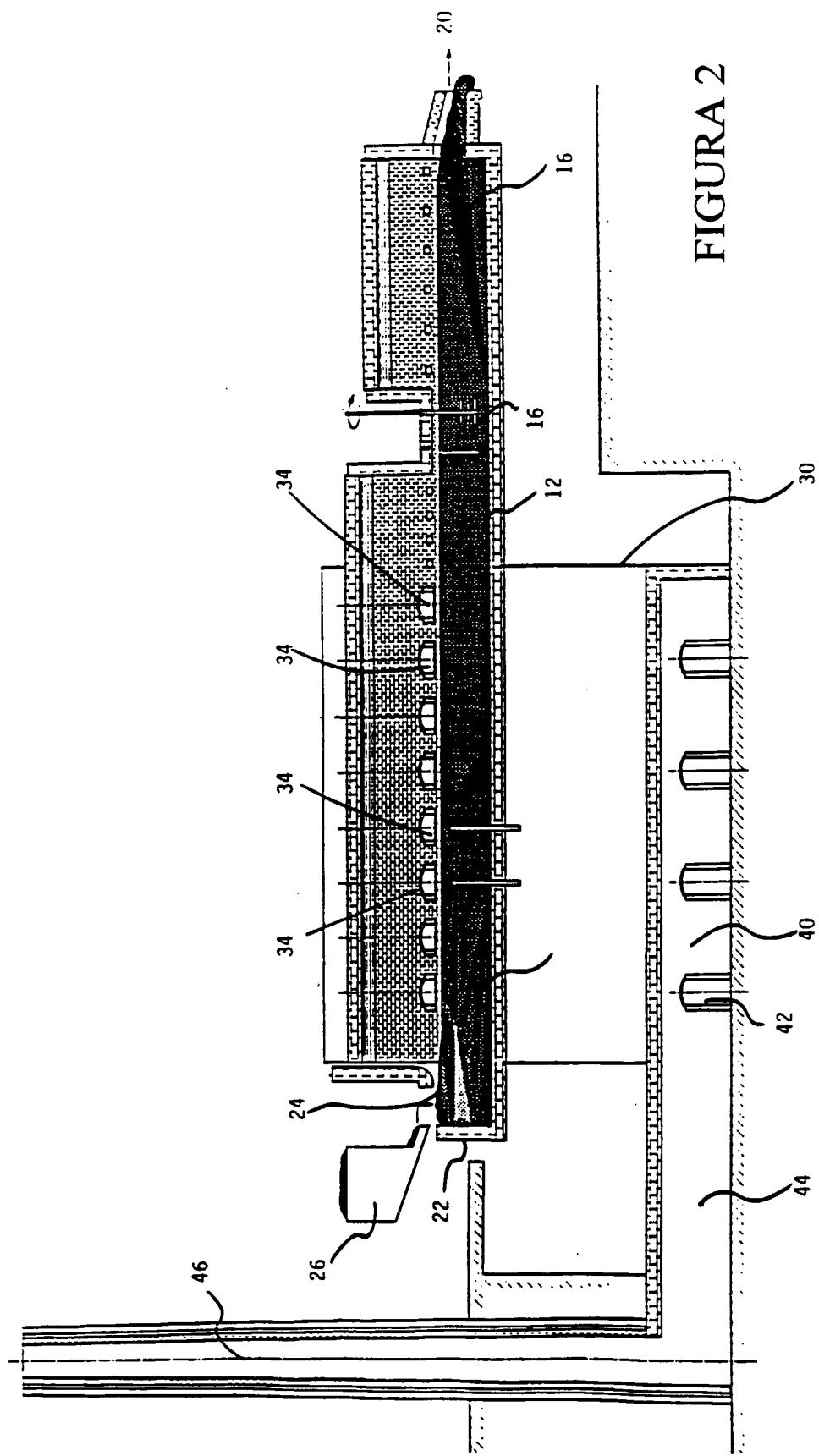
determinar la concentración de monóxido de carbón por cada silo de almacenaje para disparar al menos un dispositivo para hacer inerte y proteger el medio ambiente interno dentro de dicho silo.

1/7



## FIGURA 1

FIGURA 2



3/7

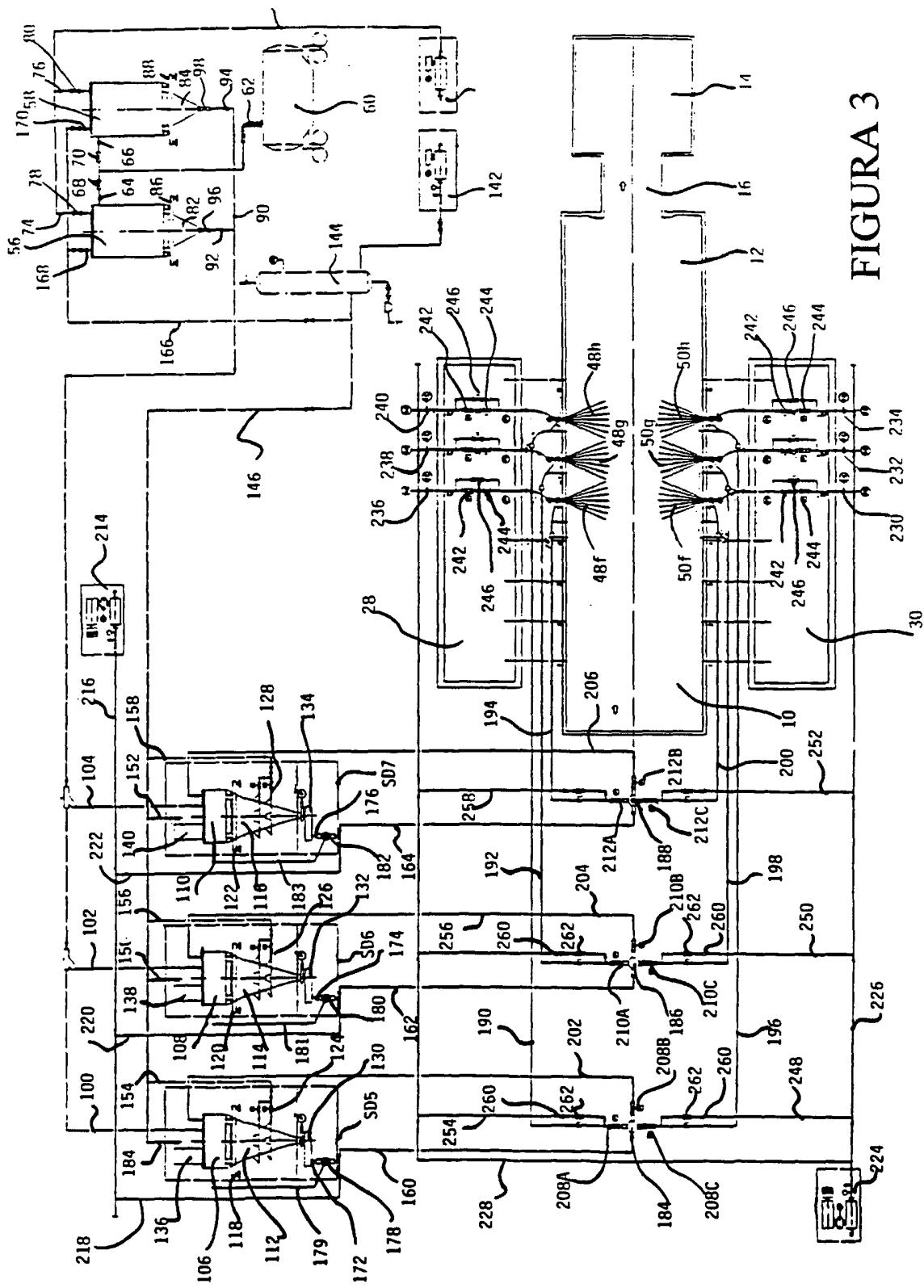


FIGURA 3

4/7

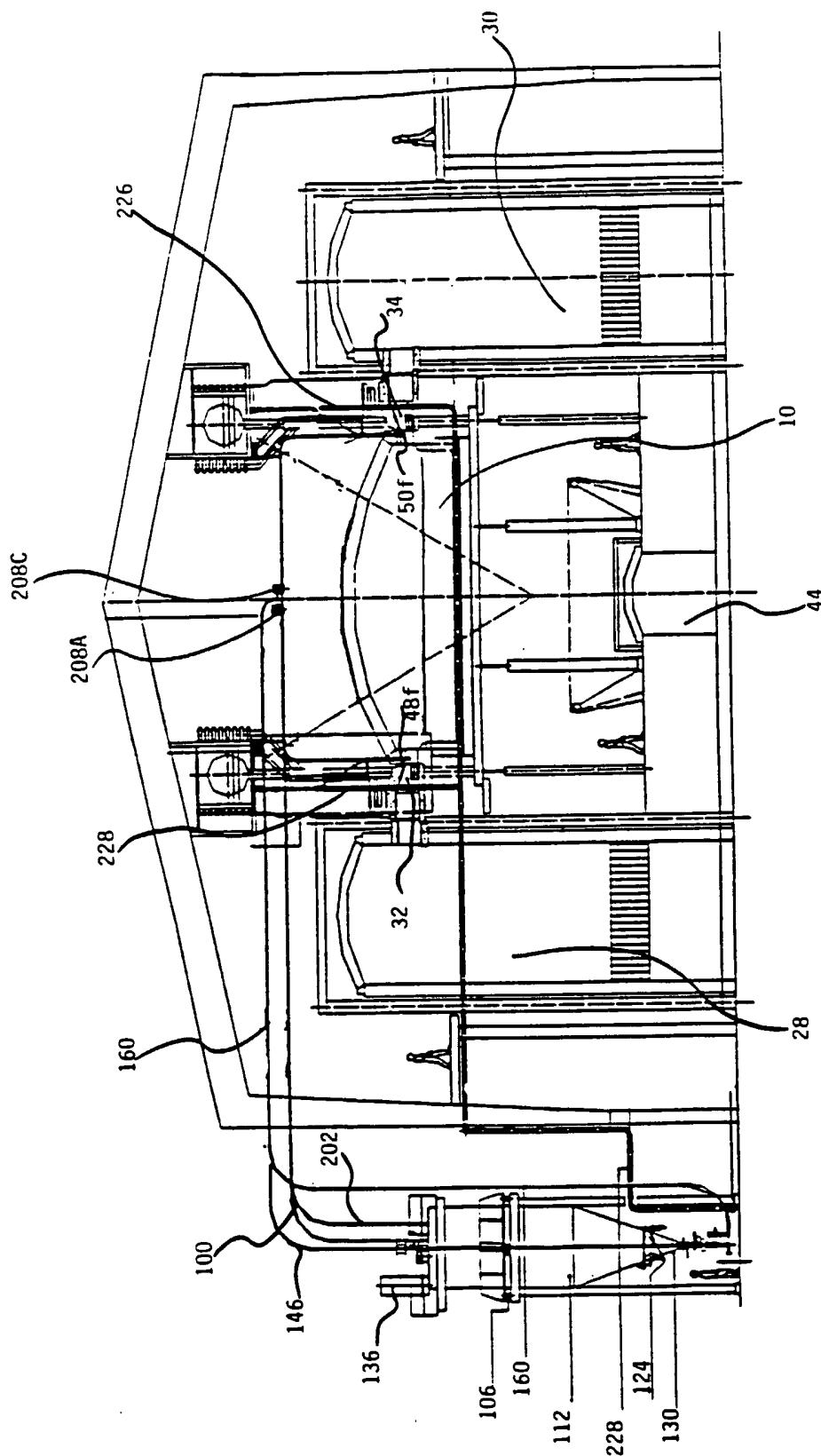


FIGURA 4

5/7

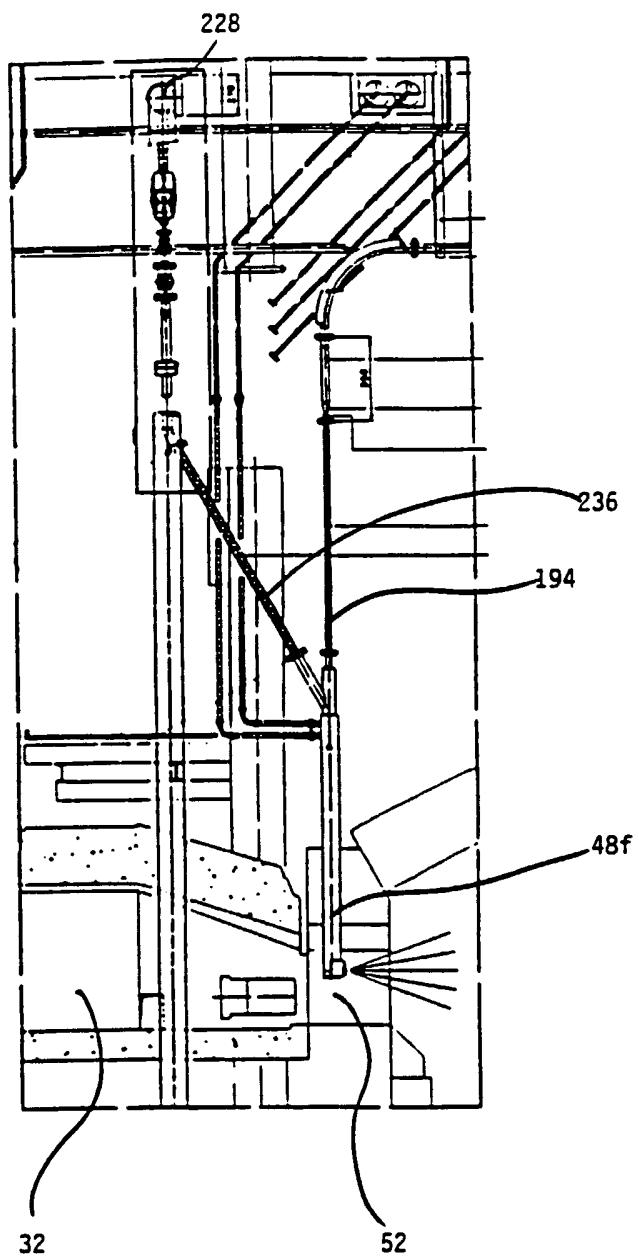


FIGURA 5

6/7

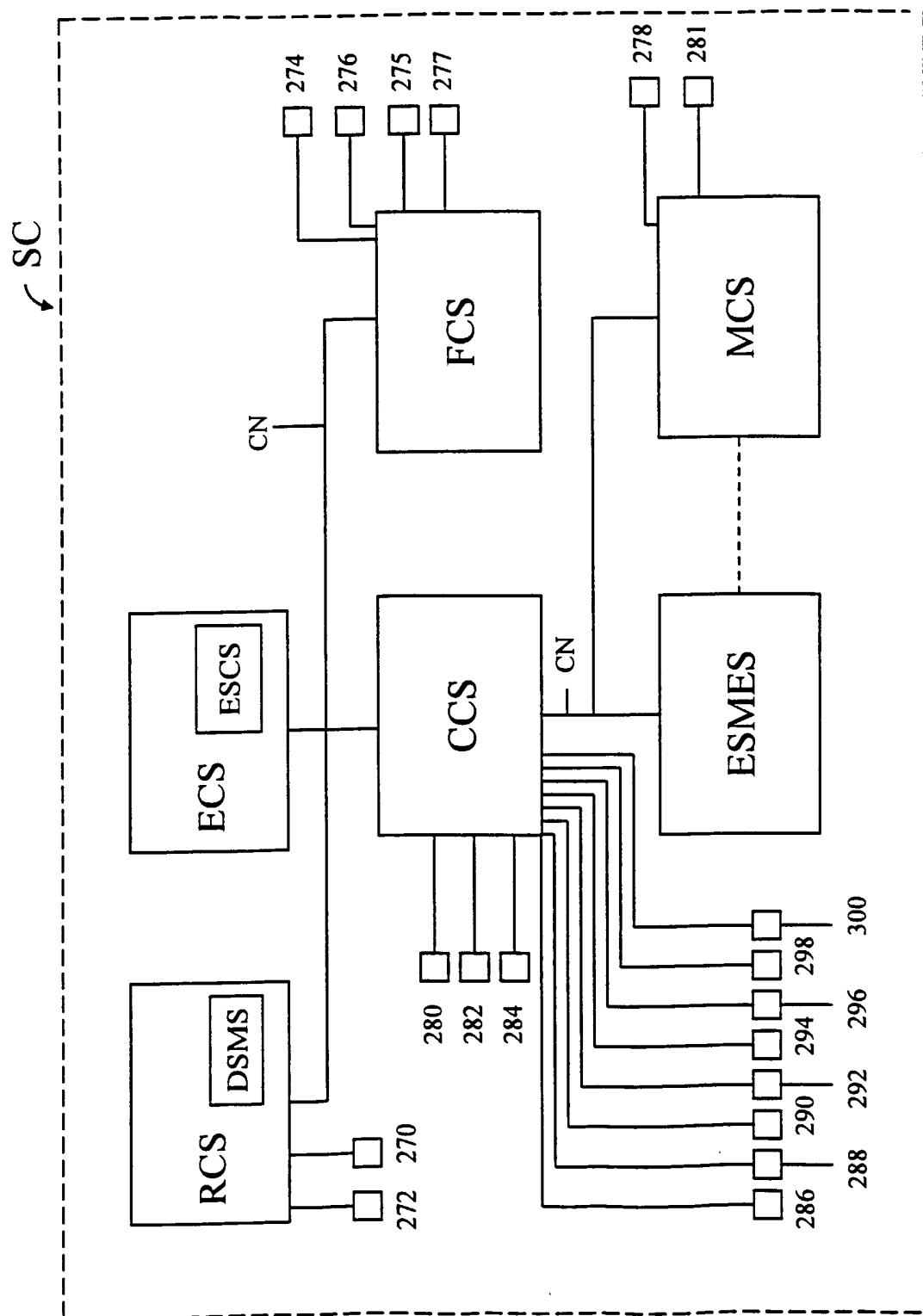


FIGURA 6

7/7

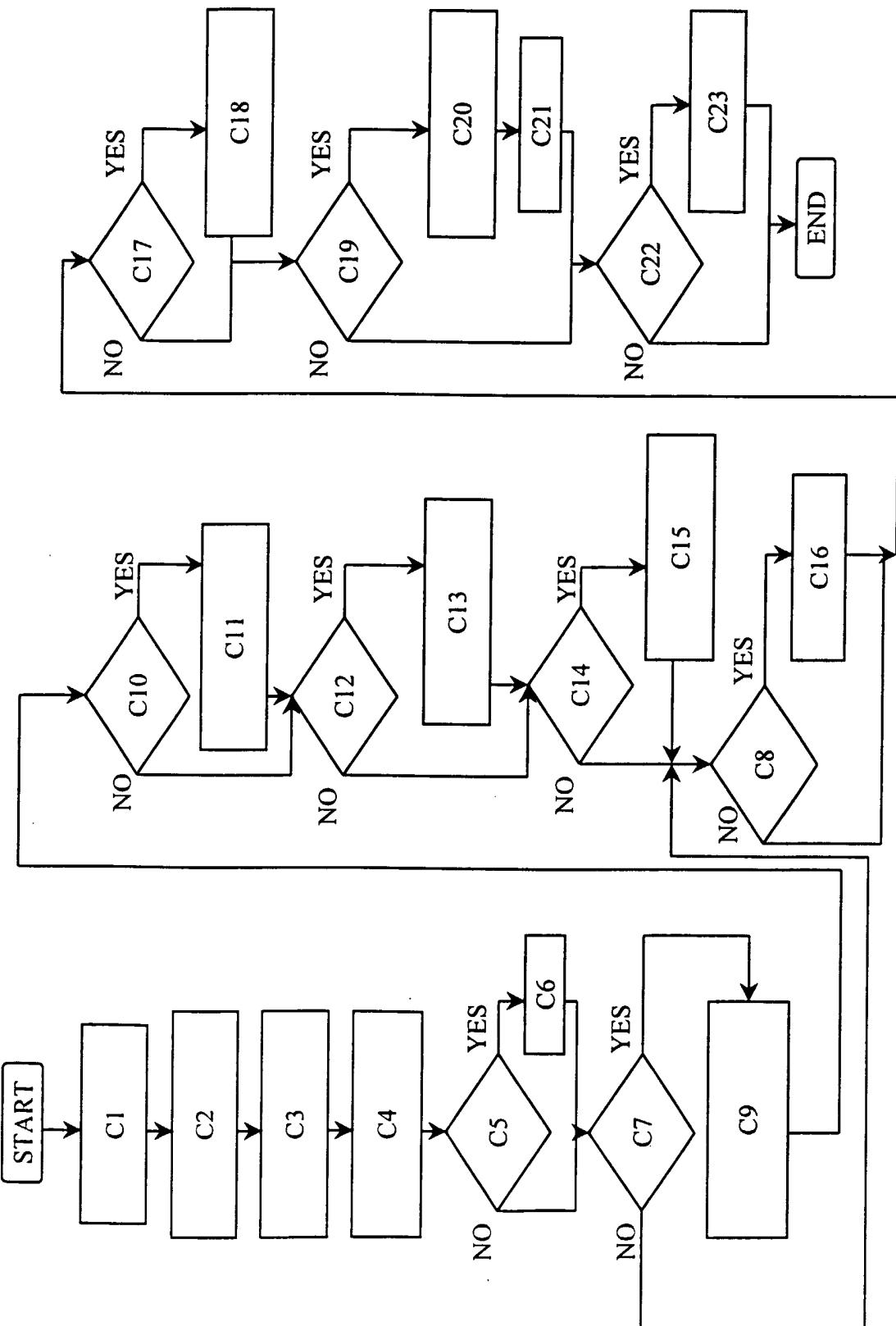


FIGURA 7

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IB 03/04504

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F23K3/02 F23N1/02 F23N5/00 C03B5/235 C03B5/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F23K F23N C03B F23C F23D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/134287 A1 (CABRERA-LLANOS ROBERTO MARCOS ET AL) 26 September 2002 (2002-09-26) cited in the application page 5, paragraph 69 page 6, paragraph 90 -page 8, paragraph 111 page 10, paragraph 141 -page 11, paragraph 146; figures 2-7 ---	1,2,4, 7-9, 13-17,23
Y	DE 101 00 331 A (ALSTOM POWER BOILER GMBH) 18 July 2002 (2002-07-18) column 5, line 59 -column 7, line 42; figure 2 ---	1,2,4, 7-9, 13-17,23

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

### ° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 January 2004

Date of mailing of the international search report

23/02/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gavriliu, C

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IB 03/04504

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 177 950 A (SMITH WILLIAM J) 11 December 1979 (1979-12-11) column 2, line 32 -column 4, line 20; figures 1-3 ---	1
A	US 4 177 951 A (MAKUCH JOHN A) 11 December 1979 (1979-12-11) column 3, line 36 -column 5, line 34; figure 1 ---	1
A	DE 35 01 501 A (BABCOCK WERKE AG) 24 July 1986 (1986-07-24) page 3, line 18 -page 4, line 2 page 6, line 29 -page 7, line 10; figure 1 ----	1
A	US 5 636 240 A (TSAI JENG-SYAN ET AL) 3 June 1997 (1997-06-03) ----	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

 International Application No  
 PCT/IB 03/04504

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 2002134287	A1	26-09-2002	WO NO	02076580 A2 20034211 A		03-10-2002 24-11-2003
DE 10100331	A	18-07-2002	DE	10100331 A1		18-07-2002
US 4177950	A	11-12-1979	JP	1204422 C		25-04-1984
			JP	54132860 A		16-10-1979
			JP	58036632 B		10-08-1983
US 4177951	A	11-12-1979	AU	528460 B2		28-04-1983
			AU	4844679 A		03-01-1980
			CA	1092825 A1		06-01-1981
			DE	2921896 A1		03-01-1980
			FR	2429968 A1		25-01-1980
			IN	151889 A1		27-08-1983
			JP	55005794 A		16-01-1980
DE 3501501	A	24-07-1986	DE	3501501 A1		24-07-1986
US 5636240	A	03-06-1997	NONE			

## INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/IB 03/04504

## A. CLASIFICACION DE LA INVENCION

IPC 7 F23K3/02 F23N1/02 F23N5/00 C03B5/235 C03B5/24

Según la Clasificación Internacional de Patentes (IPC) o la clasificación nacional y la IPC

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BUSQUEDA

Documentación mínima consultada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

IPC 7 F23K F23N C03B F23C F23D

Otra documentación consultada además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Base de datos electrónica consultada durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, cuando sea aplicable, términos de búsqueda utilizados)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES

Categoría*	Identificación del documento, con indicación, cuando sea adecuado, de los pasajes pertinentes	Nº de las reivindicaciones pertinentes
Y	US 2002/134287 A1 (CABRERA-LLANOS ROBERTO MARCOS ET AL) 26 September 2002 (2002-09-26) cited in the application page 5, paragraph 69 page 6, paragraph 90 -page 8, paragraph 111 page 10, paragraph 141 -page 11, paragraph 146; figures 2-7 ---	1,2,4, 7-9, 13-17,23
Y	DE 101 00 331 A (ALSTOM POWER BOILER GMBH) 18 July 2002 (2002-07-18) column 5, line 59 -column 7, line 42; figure 2 --- -/-	1,2,4, 7-9, 13-17,23

En la continuación del Recuadro C se relacionan documentos adicionales.

Véase el Anexo de la familia de patentes.

\* Categorías especiales de documentos citados:

- "A" documento que define el estado general de la técnica que no se considera como particularmente pertinente
- "E" documento anterior, publicado en la fecha de presentación internacional o con posterioridad a la misma
- "L" documento que puede plantear dudas sobre reivindicación(es) de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la especificada)
- "O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio
- "P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional, pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad y que no está en conflicto con la solicitud, pero que se cita para comprender el principio o la teoría que constituye la base de la invención

"X" documento de particular importancia; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o no puede considerarse que implique actividad inventiva cuando se considera el documento aisladamente

"Y" documento de especial importancia; no puede considerarse que la invención reivindicada implique actividad inventiva cuando el documento esté combinado con otro u otros documentos, cuya combinación sea evidente para un experto en la materia

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes

Fecha en la que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional

26 January 2004

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional

23/02/2004

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional

Funcionario autorizado

Facsímil N°

Teléfono N°

## INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional N°

PCT/IB 03/04504

## C (Continuación). DOCUMENTOS CONSIDERADOS PERTINENTES

Categoría*	Identificación del documento, con indicación, cuando sea adecuado, de los pasajes pertinentes	Nº de las reivindicaciones pertinentes
A	US 4 177 950 A (SMITH WILLIAM J) 11 December 1979 (1979-12-11) column 2, line 32 -column 4, line 20; figures 1-3 ---	1
A	US 4 177 951 A (MAKUCH JOHN A) 11 December 1979 (1979-12-11) column 3, line 36 -column 5, line 34; figure 1 ---	1
A	DE 35 01 501 A (BABCOCK WERKE AG) 24 July 1986 (1986-07-24) page 3, line 18 -page 4, line 2 page 6, line 29 -page 7, line 10; figure 1 ----	1
A	US 5 636 240 A (TSAI JENG-SYAN ET AL) 3 June 1997 (1997-06-03) -----	

**INFORME DE BUSQUEDA INTERNACIONAL**

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional nº

PCT/IB 03/04504

Documento de patente citado en el informe de búsqueda		Fecha de publicación		Miembro(s) de la familia de patentes		Fecha de publicación
US 2002134287	A1	26-09-2002	WO NO	02076580 A2 20034211 A	03-10-2002 24-11-2003	
DE 10100331	A	18-07-2002	DE	10100331 A1	18-07-2002	
US 4177950	A	11-12-1979	JP JP JP	1204422 C 54132860 A 58036632 B	25-04-1984 16-10-1979 10-08-1983	
US 4177951	A	11-12-1979	AU AU CA DE FR IN JP	528460 B2 4844679 A 1092825 A1 2921896 A1 2429968 A1 151889 A1 55005794 A	28-04-1983 03-01-1980 06-01-1981 03-01-1980 25-01-1980 27-08-1983 16-01-1980	
DE 3501501	A	24-07-1986	DE	3501501 A1	24-07-1986	
US 5636240	A	03-06-1997	NONE			