

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 930**

51 Int. Cl.:
B01D 53/62 (2006.01)
C21C 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09770854 .9**
96 Fecha de presentación: **23.06.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2313179**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.04.2011**

54 Título: **Combustión de CO y combustibles en gases de salida de hornos de acerería**

30 Prioridad:
26.06.2008 US 75958 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.06.2012

73 Titular/es:
Praxair Technology, Inc.
39 Old Ridgebury Road
Danbury, CT 06810, US

72 Inventor/es:
WU, Kuang, Tsai y
EVENSON, Euan, John

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 381 930 T3

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

DESCRIPCIÓN

Combustión de CO y combustibles en gases de salida de hornos de acerería.

Campo de la invención

La invención se refiere al tratamiento de corrientes de gas de salida producidos por hornos de acero.

5 **Antecedentes de la invención**

10 Durante la producción de acero en un horno de arco eléctrico (EAF) se produce dentro del recipiente del EAF un volumen grande de gas de salida que contiene concentraciones elevadas de gases combustibles tales como monóxido de carbono (CO) e hidrógeno (H₂). Este gas de salida puede alcanzar una temperatura de 1.648,9°C o más y concentraciones pico de CO y H₂ en el gas de salida de hasta 60% y 35%, respectivamente. Para reducir el consumo de energía eléctrica es necesario recuperar tanto como sea posible la energía térmica contenida en el gas de salida contenida dentro del recipiente del EAF.

15 Una manera es recuperar el calor químico de combustión del CO y H₂ usando lanzas de oxígeno para quemar los combustibles en el interior del recipiente. Otra manera de recuperación de la energía de la corriente de gas de salida es usar el calor de la corriente para precalentar la chatarra que se va a suministrar al EAF. En un ejemplo, el gas de salida del EAF se dirige a un conducto en el que la chatarra se mueve en contracorriente de la dirección en que fluye el gas de salida, y el gas de salida caliente precalienta la chatarra por transferencia de calor directa. Se inyecta aire en el conducto de precalentamiento de la chatarra para proporcionar oxígeno para la combustión de CO y H₂. El conducto puede tener quemadores auxiliares instalados para aumentar el calentamiento de la chatarra a la temperatura de precalentamiento deseada.

20 Si no se precalienta la chatarra, una vez que el gas de salida sale del recipiente del EAF, se puede recuperar o no recuperar la energía remanente contenida en el CO y el H₂ no quemados y en los otros combustibles. Para un funcionamiento seguro del horno y por razones ambientales, los combustibles gaseosos que quedan en el gas de salida se queman a niveles suficientemente completos de manera que el gas de salida así tratado se pueda luego purificar más corriente abajo en el conducto y descargar a la atmósfera. Por ejemplo, los combustibles a alta temperatura tales como CO y H₂ en el gas de salida se queman típicamente con aire introducido desde un "hueco de aire" en un conducto de gas agotado enfriado con agua que conecta con el "cuarto orificio" del horno de EAF (denominado aquí "conducto agotado de EAF"). Corriente abajo del conducto agotado del EAF, también puede funcionar como cámara de poscombustión un "cajón de despojo" para una combustión adicional de CO y H₂. El aire de combustión para el cajón de despojo se puede introducir corriente arriba del cajón o en el cajón mediante lanzas. Parte de la corriente de gas que sale del cajón de despojo puede reciclarse al recipiente de EAF si el operador desea recuperar la energía del gas refinado para fusión.

En los documentos WO-A-96/06954, EP-A-0693561 y US 5904895 se describen procedimientos para realizar la poscombustión en un horno de arco eléctrico.

35 A pesar de los anteriores esfuerzos, la presencia de pequeñas cantidades de CO en el gas de salida (denominado de CO que se ha colado) es un aspecto operativo para muchos operadores de EAF. Esto es debido a que durante el ciclo térmico del EAF hay variaciones grandes de la composición, el volumen y la temperatura del gas de salida. Estas variaciones de las propiedades del gas de salida se complican más por la cantidad variable de la cuantía de la infiltración de aire y la composición cambiante de la chatarra que se suministra. Así, el mantenimiento de las emisiones de CO del cajón de despojo bajo control durante todo el ciclo térmico de EAF representa retos para los operadores del horno. Los operadores de EAF se enfrentan a sanciones financieras fuertes si exceden los límites de las emulsiones de CO según la reglamentación vigente.

40 Con el fin de evitar emisiones excesivas de CO y otros combustibles, algunos operadores de EAF pueden hacer funcionar sus hornos conservadoramente con el fin de cumplir con los límites de emisión, pero a expensas de la eficiencia energética del horno. Por ejemplo, un operador puede fijar bajas las presiones del horno o del conducto de gas exhausto para inducir una cantidad excesiva de infiltración de aire para completar la combustión de CO. Esta cantidad de aire en exceso puede aumentar el volumen total de gas y la pérdida de gas de tiro asociada con el gas de salida, disminuyendo así la eficiencia térmica del horno. En otros casos, la capacidad de producción de un horno de EAF se puede limitar sustancialmente por la capacidad de los conductos corriente abajo o el cajón de despojo para completar la combustión de CO, H₂ y otros combustibles. Si se usa chatarra precalentada, los operadores de EAF pueden enfrentarse también a la cuestión de que tenga olores que se difunden y limitar la formación de subproductos no deseados tales como dioxinas en los conductos de gas de salida.

50 Las reservas anteriores son aplicables también a otros aparatos usados en la fabricación de acero, tales como hornos básicos de oxígeno (BOF), hornos de afino en cuchara y hornos de decarburación con oxígeno-argón.

Breve sumario de la invención

En un aspecto de la invención, un procedimiento para tratar una corriente de gas de salida de un horno de acero comprende:

5 (A) proporcionar una corriente de gas de salida que tiene una temperatura inferior a 1093,3°C obteniendo gas de salida de la atmósfera por encima de la superficie de acero fundido en un horno cuyo gas de salida contiene monóxido de carbono en una cantidad mayor que 500 ppm, admitiendo aire en el mencionado gas de salida obtenido y enfriando el mencionado gas de salida obtenido en la cuantía necesario para que su temperatura sea inferior a 1093,3°C;

10 (B) mezclar combustible y oxígeno y quemar con una porción de oxígeno de la mezcla con el mencionado combustible en una cámara, formando una corriente de oxígeno caliente que sale de la salida de la mencionada cámara que contiene oxígeno, siendo el tiempo de permanencia en combustión en la mencionada cámara lo suficientemente largo para que la mencionada corriente de oxígeno caliente tenga una temperatura superior a la temperatura de la corriente de gas de salida a la que se añade en la etapa (C) y el tiempo de residencia en combustión lo suficientemente corto para que la mencionada corriente de oxígeno caliente contenga productos de la mencionada combustión, que incluyen radicales seleccionados entre el grupo constituido por radicales que corresponden a las fórmulas O, H, OH, C₂H, CH₂, C_jH_{2j+1}, o C_jH_{2j-1}, siendo j 1-4, y mezclas de dos o más de los mencionados radicales.

15 (C) suministrar la corriente de oxígeno caliente formada en la etapa (B) a la corriente de gas de salida proporcionada en la etapa (A) para elevar la temperatura del gas de salida de la mencionada corriente proporcionada a una temperatura superior a 593,3°C, que sea más alta que la temperatura del gas de salida a la que se añade la mencionada corriente de oxígeno caliente, añadiéndose la corriente de oxígeno caliente a una velocidad suficiente para convertir en dióxido de carbono el monóxido de carbono del gas de salida al que se añade, con lo que se rebaja el contenido de monóxido de carbono del mencionado gas de salida.

20 En un aspecto preferente del procedimiento anterior, se suministra un metal tal como metal de chatarra a uno de los hornos antes mencionados y, antes de suministrar el mencionado metal al horno, se pone en contacto de manera que haya transferencia directa de calor con el mencionado gas de salida obtenido del mencionado horno para calentar el metal y enfriar el mencionado gas de salida obtenido.

25 En otro aspecto preferente del procedimiento anterior, el mencionado metal de chatarra contiene material orgánico que se volatiliza pasando al gas de salida obtenido por la mencionada transferencia de calor con la mencionada corriente de gas de salida obtenido, y la mencionada corriente de oxígeno caliente se mezcla junto con la mencionada corriente de gas de salida enfriada a una velocidad suficiente para convertir el mencionado material orgánico en dióxido de carbono y agua.

30 Esta invención implica inyectar una corriente o unas corrientes de oxígeno de alto impulso para destruir niveles de baja concentración de combustibles del gas de salida, en particular cuando la temperatura del gas de salida está ya por debajo de la temperatura de ignición espontánea de los combustibles del gas de salida. Debido a que el oxígeno inyectado está caliente y el impulso del chorro es alto, el oxígeno caliente se mezclará rápidamente con el gas de salida, intensificando así la capacidad de los radicales presentes en la corriente de oxígeno caliente de destruir combustibles del gas de salida incluso cuando la temperatura del gas de salida es inferior a las temperaturas de ignición de los combustibles. Estas corrientes de oxígeno caliente de alto impulso se producen por el generador de oxígeno caliente que se describe aquí.

Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 es un diagrama de flujo que muestra un sistema típico de horno de acerería con el que se puede practicar la presente invención.

La Fig. 2 es una representación esquemática de un generador de oxígeno caliente útil en la presente invención.

45 La Fig. 3 es una vista en corte transversal de un generador de oxígeno caliente útil en la presente invención.

La Fig. 4 es un diagrama de flujo de una porción de una realización alternativa de la presente invención.

La Fig. 5 es un diagrama de flujo de otra realización de la presente invención.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo de otra realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Si bien la descripción siguiente de la presente invención se refiere a las Figuras, no debe considerarse que la presente invención está limitada a las realizaciones ilustradas en las Figuras.

5 La Fig. 1 ilustra varias posibles aplicaciones diferentes de esta invención para controlar emisiones de CO de hornos de acererías. Se pueden practicar una o varias de estas aplicaciones, separadamente o como sistema global para controlar las emisiones de CO.

10 En cuanto a la Fig. 1, el gas de salida 10 se genera en un horno de arco eléctrico ("EAF") 20 que tiene electrodos 24 sobre el acero fundido 22. Si bien se representan 3 electrodos 24, se puede emplear un número diferente de electrodos, y el EAF puede funcionar con corriente alterna o corriente continua. La corriente de gas de salida 10 fluye a través de una salida 25 (denominadas a veces "4° orificio") a un conducto 26 y luego a través del hueco de aire 27, que es una abertura en el conducto 26 a través de la cual puede entrar aire en el conducto 26 procedente de la atmósfera circundante. El aire es admitido en la corriente de salida preferiblemente por el hueco de aire 27 y/u otras entradas practicadas en el conducto por el que pasa el gas de salida. El aire se puede admitir en el gas de salida con ayuda o sin ayuda de un ventilador o impulsor, preferiblemente sin él.

15 La corriente de gas de salida corriente abajo del hueco de aire 27 pasa al cajón de despojo 50. El material de partículas mayores retenido en el gas de salida se separa del gas de salida en el cajón de despojo 50. La corriente 52 es la corriente de gas de salida que sale del cajón de despojo 50. El cajón de despojo 50 se puede usar como cámara de combustión para quemar productos combustibles del gas de salida si se instalan lanzas (no representadas) para inyección oxidante de combustibles y/o quemadores.

20 Preferiblemente, el gas de salida está a una temperatura de 1093,3°C o más baja cuando se suministra al gas de salida una corriente de oxígeno caliente como se ha descrito antes. Si el gas de salida cuando se forma está a una temperatura de 1093,3°C o más baja, no es necesario enfriar el gas de salida. Si la temperatura del gas de salida está por encima de 1093,3°C, es necesario enfriarlo. Típicamente, el gas de salida recuperado de atmósferas de hornos de acerería tales como EAF está a una temperatura mayor que 1093,3°C. La admisión de aire en la corriente de gas de salida a través del hueco de aire 27 y cualesquiera otras entradas de aire enfría el gas de salida. Si es necesario se puede aportar un enfriamiento adicional haciendo pasar el conducto por el que fluye el gas de salida a través de una camisa de agua u otro mecanismo equivalente que extrae calor del gas de salida por la pared del conducto. El enfriamiento del gas de salida se puede realizar también mediante enfriamiento por radiación o convección del conducto a la atmósfera ambiente.

30 La corriente 56 de oxígeno caliente, que se puede producir por el generador de oxígeno caliente 56 descrito antes, se suministra a la corriente 52 para formar la corriente 53.

35 El gas de salida 10 formado en el horno 20 se puede recuperar también llevándolo a la campana 30 y el conducto de campana 31. En esta realización, se introduce aire en el conducto 31 desde la atmósfera circundante. A la corriente 31 se suministra la corriente de oxígeno caliente 33 que se puede producir con el generador de oxígeno caliente 32, descrito antes, formando la corriente 34.

40 Las corrientes de gas de salida que se tratan ventajosamente con esta invención, también pueden proceder de otras fuentes de una planta de acerería, tal como hornos de refino en cuchara y/o hornos de decarburación con argón-oxígeno. La corriente 42 representa cualquier corriente de tales gases de salida, que también pueden ser una corriente formada combinando las corrientes de gas de salida de dos o más hornos de refino en cuchara, dos o más hornos de decarburación con argón-oxígeno o de ambos tipos de horno. La corriente de oxígeno caliente 48, que puede ser producida por el generador de oxígeno caliente 46 según se ha descrito antes, se suministra a la corriente 42 formando la corriente 49.

45 Como se ha indicado antes, se puede emplear uno cualquiera de estos generadores de oxígeno caliente y de estas corrientes, o se pueden usar varios de ellos para tratar el contenido de CO de diferentes corrientes de salida. Además, se puede usar un segundo (o adicional) generador de oxígeno caliente para suministrar una corriente de oxígeno caliente a la corriente de gas de salida corriente abajo del punto en el que se ha suministrado ya una corriente de oxígeno caliente. Por ejemplo, se puede suministrar una corriente de oxígeno caliente 36 del generador 35 de oxígeno caliente incluso cuando se ha suministrado corriente arriba una corriente de oxígeno caliente, tal como las corrientes 33 y/o 48. Se puede suministrar continuamente una corriente de oxígeno caliente, que se suministra como corriente 36, corriente abajo del punto en que se suministra otra corriente de oxígeno caliente, o se puede suministrar intermitentemente como fuente de refuerzo, cuando es necesario destruir suficientemente CO durante un período de tiempo suficiente del ciclo de calentamiento en el que son elevados los contenidos de CO, por encima de los niveles normales. En la realización representada en la Fig. 1, se combinan las corrientes 34 y 49 formando la corriente 38 a la que opcionalmente se puede suministrar continua o intermitentemente la corriente 36 de oxígeno caliente formando la corriente 39.

- Las corrientes formadas después de añadir el oxígeno caliente a la corriente o las corrientes de gas de salida, tales como las corrientes 39 y 53 en el caso de la Fig. 1, se pueden combinar formando la corriente 58, que pasa a través del saco filtrante 60 para la limpieza del gas de salida por eliminación del material en partículas finas. Si se desea, al saco 60 se pueden suministrar separadamente corrientes tales como 39 y 53, o se pueden suministrar a sacos separados. La corriente 64 que sale del saco filtrante 60 es impulsada por un ventilador, tal como el ventilador de impulso inducido 80, y el gas de salida limpiado se descarga a la atmósfera a través de la abertura 120 en la cabecera de la chimenea 100. Si hay un ventilador 80, también puede impulsar las corrientes de gas de salida al conducto 26 y/o la campana 30 y/o a la corriente 42, según sea el caso, como se representa en le Fig. 1
- La formación de una corriente de oxígeno caliente, tal como las corrientes 56, 33, 48 y/o 36, formadas por el correspondiente generador de oxígeno caliente, se describe haciendo referencia a las Figs. 2 y 3 usando como ejemplo el generador de oxígeno caliente 54. La corriente 202 de oxidante que tiene una concentración de oxígeno de como mínimo 30% en volumen y, preferiblemente, de como mínimo 85% en volumen, se suministra al generador de oxígeno caliente 54 que preferiblemente es una cámara o conducto que se comunica a través de una abertura adecuada en el generador 54 con el conducto por el que pasa la corriente de gas de salida a la que se ha de suministrar el oxígeno caliente. Muy preferiblemente, el oxidante 202 es oxígeno técnicamente puro que tiene una concentración de oxígeno de 99,5% en volumen o más. El oxidante 202 suministrado al generador de oxígeno caliente tiene una velocidad inicial que generalmente está en el intervalo de, por ejemplo, 15,2 a 91,4 m/s y típicamente será inferior a 61,0 m/s,
- La corriente 204 de combustible es suministrada al generador de oxígeno caliente 54 a través de una boquilla para combustible adecuada, que puede ser cualquier boquilla adecuada generalmente utilizada para inyección de combustible. El combustible puede ser cualquier combustible fluido adecuado, figurando entre los ejemplos del mismo gas natural, metano, propano, hidrógeno, combustible gaseoso de refinerías, gas de vertederos, singas, monóxido de carbono y gas de horno de coque. La presencia de hidrógeno en el combustible suministrado al generador 54 de oxígeno caliente es ventajosa en cuanto que coadyuva a la conversión de CO en CO₂, evidentemente porque la combustión que forma la corriente de oxígeno caliente promueve la formación de radicales (no iónicos) OH y O en la corriente de oxígeno. Preferiblemente el combustible es un combustible gaseoso. También se pueden usar combustibles líquidos tales como gasóleo n°. 2, aunque sería más difícil mantener una mezcla buena con el oxígeno y una combustión fiable y segura con un combustible líquido que con un combustible gaseoso.
- El combustible 204 suministrado al generador 54 de oxígeno caliente se consume en la combustión con el oxidante produciendo calor y productos de la reacción de combustión tales como dióxido de carbono y vapor de agua. Preferiblemente, no más de aproximadamente 35% del oxígeno del oxidante se consume en la combustión del combustible. Si se consume más de aproximadamente 35% del oxígeno en la combustión del combustible en el generador de oxígeno caliente, se deben tomar medidas adecuadas tales como el uso de materiales refractarios de construcción y/o emplear un medio para eliminar calor, como puede ser una pared de agua, para evitar que la temperatura del oxígeno que queda aumente a niveles no deseados.
- Los productos de la reacción de combustión generados en el generador 54 de oxígeno caliente se pueden mezclar con algo del oxígeno del oxidante 202 que queda, proporcionando así calor al oxígeno remanente y elevando la temperatura. Preferiblemente, el combustible se suministra al generador 54 de oxígeno caliente a alta velocidad, típicamente mayor que 61,0 m/s y generalmente en el intervalo de 152,4 a 457,2 m/s. La gran velocidad sirve para arrastrar oxidante a los productos de reacción de la combustión, promoviendo así la combustión del combustible en la cámara.
- Generalmente, la temperatura del oxidante remanente dentro del conducto de suministro de oxidante se eleva en como mínimo aproximadamente 260°C y preferiblemente en como mínimo aproximadamente 537,8°C . Se prefiere que la temperatura del oxígeno remanente no exceda de aproximadamente 1648,9°C para evitar problemas de sobrecalentamiento en los conductos y boquillas de suministro.
- A medida que aumenta la temperatura del oxígeno dentro del generador 54 de oxígeno caliente, disminuye la presión de suministro de oxígeno requerida para lograr una velocidad de inyección de oxígeno dada en la corriente de salida. Por ejemplo, para inyección del oxígeno a temperatura ambiente, la presión requerida excede de 149,6 kPa para inyectar el oxígeno en el gas de salida a una velocidad de 243,8 m/s. A medida que la temperatura del oxígeno aumenta, la presión requerida disminuye abruptamente. A una temperatura de 815,6°C, la presión requerida es de 112,7 kPa, y a una temperatura de 1648,9°C la presión requerida es de sólo 107,6 kPa. A temperaturas que exceden de 1645°C, hay poco beneficio adicional, lo que es otra razón para no exceder el 35% de oxígeno en la combustión del combustible. Así, la generación de oxígeno caliente de esta manera puede proporcionar una velocidad grande de la corriente de oxígeno 56 al gas de salida sin necesidad de una presión de suministro alta, reduciendo o eliminando la necesidad de comprimir oxígeno antes de hacerlo pasar al gas de

salida, lo que sería necesario si la presión de la fuente de oxígeno no fuera alta.

La combustión que se produce en el generador 54 de oxígeno caliente debería realizarse de manera que la corriente 56 de oxígeno caliente que sale del generador 54 contuviera uno o varios radicales que corresponden a las fórmulas O, OH, C₂H, CH₂, C_jH_{2j+1} o C_jH_{2j-1}, en las que j es 1-4, y mezclas de dos o más de tales radicales.

5 Esto se puede conseguir haciendo que el tiempo de permanencia de los reactantes (combustible y oxígeno) dentro del generador de oxígeno caliente sea suficientemente largo para que la reacción de combustión de combustible y oxígeno se realice en el generador de oxígeno caliente produciendo una corriente que tiene una temperatura más alta que la temperatura del gas de salida a la que se ha de suministrar la corriente y, simultáneamente, haciendo que el mencionado tiempo de permanencia sea suficientemente corto para que estén presentes al menos algunos de los radicales mencionados. A su vez, el tiempo de permanencia está determinado por el volumen del espacio dentro del generador 54, por las velocidades de suministro de la corriente 204 de combustible y de la corriente 202 de oxidante al generador 54 y por el tamaño del orificio de salida a través del cual emerge la corriente 56 de oxígeno caliente del generador 54. Los tiempos de permanencia preferidos son de aproximadamente 1 a 2 ms.

15 En cuanto a la Fig. 3, se muestra en ella una sección transversal del generador 54 (o los generadores 32, 34 y 46) de oxígeno caliente. El combustible 204 sale del orificio 205 cuyo diámetro es "X". La corriente de oxígeno 202 fluye delante del orificio 205 y quema el combustible. La corriente 56 de oxígeno caliente resultante sale del generador 54 a través del orificio 201, cuyo diámetro es "Y". La distancia entre el orificio 205 y el orificio 201 es "Z". En general, la combinación de las dimensiones de un generador de oxígeno caliente, las velocidades de suministro de combustible y oxígeno a ese generador y las dimensiones de los orificios de salida, que proporcionan un tiempo de permanencia que puede producir una corriente de oxígeno caliente que tenga la temperatura deseada y el contenido deseado de radicales de combustión para reducir el contenido de CO de una corriente de gas de salida a la que se suministra la corriente de oxígeno caliente, incluye la siguiente:

X: 0,3-1,0 mm

Y: 1,5-2,65 mm

25 Z: 2,54-7,62 cm

Velocidad de suministro de combustible (gas natural) al generador: 56,3-396 l/h

Velocidad de suministro de oxígeno al generador: 0,45-2,04 m³/h

Presión dentro del generador: 104,1-467,5 kPa.

30 La corriente 56 de oxígeno caliente preferiblemente contiene como mínimo 75% (en volumen) de O₂. Una composición típica de esta corriente es aproximadamente 80% de O₂, 12% de H₂O, 6% de CO₂, algunos radicales muy reactivos (no iónicos) tales como OH, O y H que son particularmente eficaces para iniciar y oxidar CO a CO₂, y los radicales antes mencionados. La corriente 56 de oxígeno caliente sale a través del orificio 201 y se suministra al gas de salida a alta velocidad e impulso, lo que da por resultado una mezcladura acelerada del gas caliente y el gas de salida.

35 La corriente 56 (así como las corrientes 33, 36 y/o 48 y otras corrientes generadas y usadas en la práctica de esta invención) de oxígeno caliente obtenida de esta manera tiene típicamente una temperatura de como mínimo 871,1°C y, preferiblemente, de como mínimo 1093,3°C. Generalmente, la velocidad de la corriente de oxígeno caliente estará en el intervalo de 152,4 a 1371,6 m/s, preferiblemente de 243,8 a 609,6 m/s o 762 m/s, y excederá de la velocidad inicial en al menos 91 m/s. En una realización preferente, la velocidad es de 340,3 m/s.

40 La descripción de la patente U.S. n°. 5.266.024, cuyo contenido se incorpora aquí por referencia, describe además la formación de la corriente de oxígeno caliente de alto impulso.

45 Se cree que la corriente de oxígeno caliente de alta velocidad atrapa el gas de salida al que se suministra a través de bordes de chorro por gradientes de velocidad o cizallamiento de fluido y por mezcladura por chorro turbulento. La corriente gaseosa que se forma después de combinar el gas de salida y la corriente de oxígeno caliente, mezcla que puede incluir productos de reacción del oxígeno caliente y el gas de salida, tiene una temperatura de como mínimo 537,8°C, preferiblemente una temperatura de como mínimo 676,7°C, aunque se pueden tener ventajas si la temperatura de esta mezcla es superior a 760°C.

50 Cada vez que se use la corriente de oxígeno caliente, por ejemplo, cuando la corriente 56 de oxígeno caliente se suministra a la corriente 52 de gas de salida, la corriente 56 se suministra a un impulso alto en el gas de salida del horno de aceraría. La reacción deseada del oxígeno caliente con el gas de salida se intensifica aumentando la intimidad de la mezcladura entre el oxígeno caliente y el gas de salida. La mezcla íntima se puede promover dividiendo el oxígeno caliente en una pluralidad de corrientes y suministrando estas corrientes en el gas de salida,

o suministrando el oxígeno caliente cruzadamente o en contracorriente al gas de salida. Preferiblemente, la mezcla íntima se promueve suministrando una estructura física, dentro del conducto, tal como el conducto por el que pasa la corriente 52 de gas de salida, que promueva el contacto entre el oxígeno caliente y el gas de salida. Entre los ejemplos de tal estructura figura una malla de alambre por la que tienen que pasar los gases, o pantallas. El oxígeno caliente y el gas de salida se mezclan mientras que el oxígeno caliente quema el CO del gas de salida a CO₂. La mezcla de gas resultante, tal como la mezcla 53, comprende productos de estas reacciones entre el oxígeno caliente y el gas de salida.

El sitio preferido para situar un generador de oxígeno caliente es la zona en la que la corriente de oxígeno caliente se suministra al gas de salida y en la que la temperatura del gas de salida es demasiado baja para la inyección de aire solo con el fin de destruir cantidades suficientes de CO del gas de salida. Por ejemplo, el generador de oxígeno caliente se puede usar eficazmente donde suministra la corriente de oxígeno caliente a regiones en las que la temperatura del gas de salida es de hasta 982,2°C, como puede ser de 537,8°C a 982,2°C, preferiblemente de 593,3 a 871,1°C, o incluso de hasta 815,6°C o 760°C. Incluso a estas temperaturas se puede producir la destrucción de CO para rebajar el contenido de CO del gas de salida a menos de 500 ppm o incluso a 100 ppm o menos. Después de inyectar la corriente de oxígeno caliente, preferiblemente, la corriente combinada tiene una temperatura de 732,2 a 787,8°C, Pueden ser velocidades de inyección típicas de la corriente de oxígeno caliente, 152,4 a 1066,8 m/s, preferiblemente de 304,8 a 853,4 m/s.

Las Figs. 4, 5 y 6 ilustran realizaciones de la invención en las que el material de suministro para el horno de acero, tal como metal de chatarra, es precalentado por el gas de salida del horno antes de que el material de suministro sea suministrado al horno. Los números de referencia de las Figs. 4, 5 o 6 que también aparecen en la Fig. 1 tienen los mismos significados que en la Fig. 1.

Como se representa en la Fig. 4, el gas de salida 10 del EAF fluye a través del 4º orificio 25 y seguidamente por un conducto 26, luego por un hueco de aire 27. Después del hueco de aire, la corriente de gas de salida se divide en dos corrientes 436 y 438. La corriente 436 va a un precalentador 440 tal como un precalentador denominado de cubeta mientras que la corriente 438 circunvala el precalentador 440. El precalentador 440 se carga periódicamente con el material de suministro, tal como la carga de chatarra 442, que se precalienta por la corriente 436 de gas de salida caliente cuando fluye a través de la carga de chatarra. El gas de salida, que ha sido enfriado por transferencia de calor a la carga 442, sale del precalentador 440 como corriente 437. La carga calentada 442 se suministra al EAF 20.

El generador 450 de oxígeno caliente, configurado y operado como se ha descrito aquí respecto al generador 54, se instala para suministrar la corriente 452 de oxígeno caliente a la corriente 437 corriente abajo del precalentador 440. El oxígeno caliente contenido en la corriente 452 de oxígeno caliente se mezcla rápidamente con la corriente 437 y destruye el CO de la corriente 437. La corriente 439 resultante se combina con la corriente 438 formando la corriente 454 que, a su vez, opcionalmente se puede combinar con la corriente 31 procedente de la campana 30 del EAF formando la corriente 58. Las corrientes de salida 454 y 58 se pueden procesar corriente abajo por el equipo de control de la contaminación, según se describe aquí.

La Fig. 5 ilustra otra realización del uso de una corriente de oxígeno caliente formada como se describe aquí para controlar emisiones gaseosas dentro de un precalentador que funciona continuamente de un material de suministro tal como metal de chatarra. En este caso, la carga de chatarra 535 se suministra continuamente con un alimentador 540 a través del precalentador 530 que puede ser un espacio cerrado tal como una tubería, equipado con un dispositivo transportador del material de suministro. La corriente de salida 10 fluye a través del precalentador 530 en una dirección en contracorriente a la carga 535, calentándose el material de carga por transferencia de calor desde el gas de salida 10, enfriándose el gas de salida 10. Se admite aire por una o varias aberturas o vientos 527 dispuestos en el precalentador y/o en el trayecto por el que pasa el gas de salida al precalentador. Después de haber sido precalentada, la carga de chatarra cae al acero fundido 32 dentro del EAF para producir el acero. El generador 550 de oxígeno caliente, configurado y operado como se ha descrito aquí respecto al generador 54, se instala próximo al final del suministrador de chatarra 540 y genera la corriente 552 de oxígeno caliente que se suministra a la corriente 10 de gas de salida en el precalentador 530. El oxígeno caliente contenido en la corriente 552 se mezcla rápidamente con la corriente 10 para destruir el CO del gas de salida. La corriente resultante 554 sale del precalentador 530 y opcionalmente se puede combinar con, por ejemplo, la corriente 31 de la campana 30 del EAF formando la corriente 58 que posteriormente se puede procesar como se describe aquí.

La Fig. 6 muestra otra aplicación más de esta invención, a saber, un horno de cuba 620 equipado con una sección de cuba 642 situada por encima del horno para recibir el gas de salida, y la sección de capucha situada por encima de la sección de cuba para recibir el gas de salida de la sección de cuba 642. En este ejemplo, el material de suministro, tal como el metal de chatarra, se carga en la capucha y las secciones de cuba a través de la puerta 647. La chatarra cargada 641 (representada como círculos negros, como se representa en la Fig. 5) se mantiene

5 en su sitio mediante las placas 640 y 644 (denominadas comúnmente "dedos"), que tienen unas aberturas a través de las cuales puede fluir el gas de salida. El gas de salida 10 fluye a través de la chatarra cargada 641 y precalienta la chatarra cargada mientras fluye a través de ella. La chatarra precalentada pasa luego de la sección de cuba 642 al acero fundido 22 del horno 620. El gas de salida 10 es enfriado por esta transferencia de calor a la chatarra cargada 641. Se inyecta una corriente de oxígeno caliente 656 del generador 654 de oxígeno caliente, configurado y operado como se ha descrito respecto al generador 54, y se mezcla con la corriente 10 de gas de salida en la cabecera de la sección de capucha 646. También se puede instalar un generador 650 de oxígeno caliente para suministrar una corriente de oxígeno 652 al gas de salida 10 después de que el gas de salida 10 abandona la sección de capucha 646. El aire se admite en el gas de salida a través de aberturas practicadas en la sección de cuba 642 y/o en la sección de capucha 646 y/o donde cualquiera de estas secciones se unen a las placas 640 o 644.

15 En cualquiera de estas realizaciones, o cualquier otra realización en la que se usa gas de salida de hornos de acerería, el material de suministro puede contener material orgánico tal como residuos o material de desecho. Cuando hay material orgánico en el material de suministro o sobre éste, el precalentamiento de material de suministro descrito puede dar origen a emisiones gasificadas, entendiéndose por tales material orgánico en estado gaseoso que estaba presente en el material de suministro o sobre él, o subproductos orgánicos gaseosos formados por exposición del mencionado material orgánico a las temperaturas alcanzadas al ponerlo en contacto de transferencia térmica con gas de salida, o mezclas de los mismos. Estas emisiones gaseosas pueden contener componentes químicos que pueden causar olores desagradables o que pueden ser nocivos si los componentes incluyen sustancias peligrosas tales como dioxinas, o si los componentes pueden formar sustancias peligrosas cuando se exponen a las condiciones de precalentamiento usuales.

20 El suministro de la corriente de oxígeno caliente formada como se describe aquí en la corriente de gas de salida dentro del aparato en el que el gas de salida precalienta el material de suministro, o corriente abajo del aparato en el que el gas de salida precalienta el material de suministro, tiene el beneficio adicional de eliminar incluso completamente componentes químicos (orgánicos) convirtiéndolos en dióxido de carbono y agua.

25 Para lograr la conversión más satisfactoria de CO en dióxido de carbono, así como la eliminación parcial o total de sustancias químicas potencialmente peligrosas que se incorporan en el gas de salida del material de suministro que es precalentado por el gas de salida, son importantes los tres criterios siguientes: (1) conseguir una buena mezcla entre la corriente de oxígeno caliente y el gas de salida; (2) la temperatura de la mezcla que se forma de la corriente de oxígeno caliente y gas de salida ha de estar en el intervalo apropiado, y (3) la mezcla ha de tener el tiempo de permanencia suficiente para que el CO se quemara a CO₂. Operando en las condiciones descritas, se satisfacen estos criterios,

30 En comparación con la introducción de oxígeno con lanzas a temperatura ambiente o baja, o instalando y usando quemadores poscombustión en el conducto del gas de salida a medida que el gas de salida sale del horno, el uso de la corriente de oxígeno caliente como se describe aquí tiene las ventajas siguientes:

- La corriente de oxígeno caliente proporciona al gas de salida el calor necesario en los puntos en que las temperaturas locales del gas de salida pueden ser demasiado bajas para una destrucción eficaz del CO.
- El generador de oxígeno caliente descrito aquí proporciona el oxígeno caliente con un impulso de chorro alto para una mejor mezcla para destruir incluso niveles bajos de concentración de CO.
- 40 - La inyección del oxígeno caliente tiene poco impacto sobre el tiempo de permanencia global en el conducto del gas de salida, dado que el volumen del oxígeno inyectado generalmente es pequeño (1%-3% en vol.) en comparación con el volumen del gas de salida.
- El generador de oxígeno caliente tiene un diseño muy compacto, lo que proporciona flexibilidad en instalaciones de campo cuando el espacio del conducto o la instalación está marcadamente limitado.
- 45 - La generación de oxígeno caliente descrita aquí destruye CO sin aumentar el contenido de NO_x del gas de salida.

El uso del generador de oxígeno caliente y la corriente de oxígeno caliente conforme a lo descrito aquí para destruir CO de la corriente de gas de salida proporciona las siguientes ventajas de proceso:

- Una capacidad (esto es, velocidad de producción) acrecentada del horno de producción de acero.

50 Esta invención permite intensificar la capacidad de un horno existente si la velocidad de producción de ese horno está limitada por las elevadas emisiones de CO del gas de salida. Si un horno de EAF aumenta su velocidad de producción, se generará más volumen de gas de salida. Debido a este aumento de volumen del gas de salida, medios de combustión del CO por aire, instalados corriente arriba de los conductos, pueden no ser capaces de

quemar CO a un nivel que satisfaga los límites de emisión en el saco filtrante. La otra cuestión en cuanto a la velocidad de producción acrecentada es que los conductos del EAF pueden llegar a estar limitados por la capacidad del ventilador, lo que significa que hay una cantidad máxima de aire que puede procesar un ventilador existente para la combustión de CO. Con esta invención, un operador puede dejar que el sistema existente de combustión de CO basado en aire funcione a su capacidad máxima de destrucción de CO. Luego puede usar un generador de oxígeno caliente instalado corriente debajo de los sistemas de aire para la combustión final del CO cuando los sistemas basados en aire ya no son capaces de destruir CO.

- Eficacia mejorada del horno (esto es, consumo de electricidad por tonelada de acero producido).

Muchos operadores de hornos controlan sus hornos de maneras muy conservadoras para tratar de asegurar que todo el CO y los otros combustibles del efluente de la planta satisfagan los límites reglamentados. Por ejemplo, un operador puede aumentar la presión en la sección del conducto para introducir cantidades excesivas de aire en el conducto para posterior combustión de CO, H₂ y otros combustibles. Suministrando porcentajes altos de aire en exceso para combustión, el horno puede satisfacer los límites de emisión de CO, pero a expensas de su eficacia térmica. Esto es debido a que una infiltración alta de aire aumenta el volumen de gas de salida y su contenido térmico total. Sin recirculación externa de gas de tiro, el calor disponible contenido en el gas de salida es un calor perdido. Un volumen más alto de gas de salida también aumenta los costes operativos en los equipos de limpieza del gas de salida corriente abajo.

- Evitación de sanciones reglamentarias.

Esta invención proporciona un método simple y eficaz para que los operadores de hornos satisfagan sus objetivos específicos de emisiones de CO. El generador de oxígeno caliente es un dispositivo asegurador del horno cuando el medio operativo es dinámico y de naturaleza transitoria. Con esta invención, los operadores pueden hacer funcionar sus hornos con mayor flexibilidad para satisfacer las necesidades de proceso cambiantes, sabiendo que cualquier introducción de CO en los conductos corriente abajo será destruida por la corriente de oxígeno caliente si la corriente se suministra continuamente o periódicamente cuando surge la necesidad.

25

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para tratar una corriente de gas de salida de un horno de acerería, que comprende:

(A) proporcionar una corriente de gas de salida (52) que tiene una temperatura inferior a 1093,3°C obteniendo gas de salida (10) de la atmósfera por encima de la superficie de acero fundido (22) en un horno (20), gas de salida obtenido que contiene monóxido de carbono en una cantidad mayor que 500 ppm, admitiendo aire en el mencionado gas de salida obtenido (10) y enfriando el mencionado gas de salida obtenido en la cuantía necesaria para que esté a una temperatura inferior a 1093,3°C; caracterizado por:

(B) mezclar combustible (204) y oxígeno y quemar con una porción del oxígeno de la mezcla con el mencionado combustible en una cámara (54) formando una corriente de oxígeno caliente (56) que sale de la salida de la mencionada cámara (54) que contiene oxígeno, siendo el tiempo de permanencia en combustión en la mencionada cámara (54) lo suficientemente largo para que la mencionada corriente de oxígeno caliente tenga una temperatura superior a la temperatura de la corriente de gas de salida a la que se añade en la etapa (C) y el mencionado tiempo de residencia lo suficientemente corto para que la mencionada corriente de oxígeno caliente contenga productos de la mencionada combustión, incluidos radicales seleccionados entre el grupo constituido por radicales que corresponden a las fórmulas O, H, OH, C₂H, CH₂, C_jH_{2j+1}, o C_jH_{2j-1}, siendo j 1-4, y mezclas de dos o más de los mencionados radicales.

(C) suministrar la corriente de oxígeno caliente (56) formada en la etapa (B) a la corriente de gas de salida (52) proporcionada en la etapa (A) para elevar la temperatura del gas de salida de la mencionada corriente proporcionada a una temperatura superior a 593,3°C que sea más alta que la temperatura del gas de salida a la que se añade la mencionada corriente de oxígeno caliente, añadiéndose la corriente de oxígeno caliente (56) a una velocidad suficiente para convertir en dióxido de carbono el monóxido de carbono del gas de salida a la que se añade, con lo que se rebaja el contenido de monóxido de carbono del mencionado gas de salida.

2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que además comprende calentar material de suministro (442, 535) por transferencia directa de calor del mencionado gas de salida obtenido (436), antes de suministrar la mencionada corriente de oxígeno caliente (56) a la mencionada corriente de gas de salida, y suministrar el mencionado material de suministro calentado al mencionado acero fundido.

3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la corriente de gas de salida (52) a la que se suministra la mencionada corriente de oxidante caliente (56) tiene una temperatura de hasta 982,2°C.

4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la corriente de oxígeno caliente (56) formada en la etapa (B) se suministra a la corriente de salida (52) en la etapa (C) a una velocidad de como mínimo 152,4 m/s.

5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la corriente de oxígeno caliente (56) formada en la etapa (B) se suministra a la corriente de salida (52) en la etapa (C) a una velocidad de 340,3 m/s.

6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que en la etapa (C) el contenido de monóxido de carbono del mencionado gas de salida se rebaja a menos de 500 ppm.

7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el mencionado material de suministro comprende materia orgánica, y el gas de salida al que se suministra la mencionada corriente de oxígeno caliente (56) contiene emisiones orgánicas gaseosas formadas por el mencionado calentamiento del mencionado material de suministro, y la mencionada corriente de oxígeno caliente suministrada al mencionado gas de salida convierte las mencionadas emisiones orgánicas gaseosas en productos que comprenden dióxido de carbono y agua.

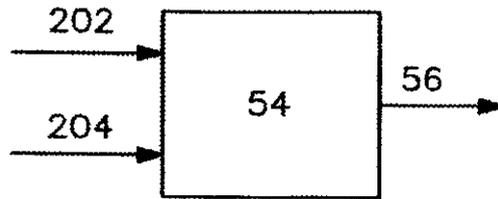


FIG. 2

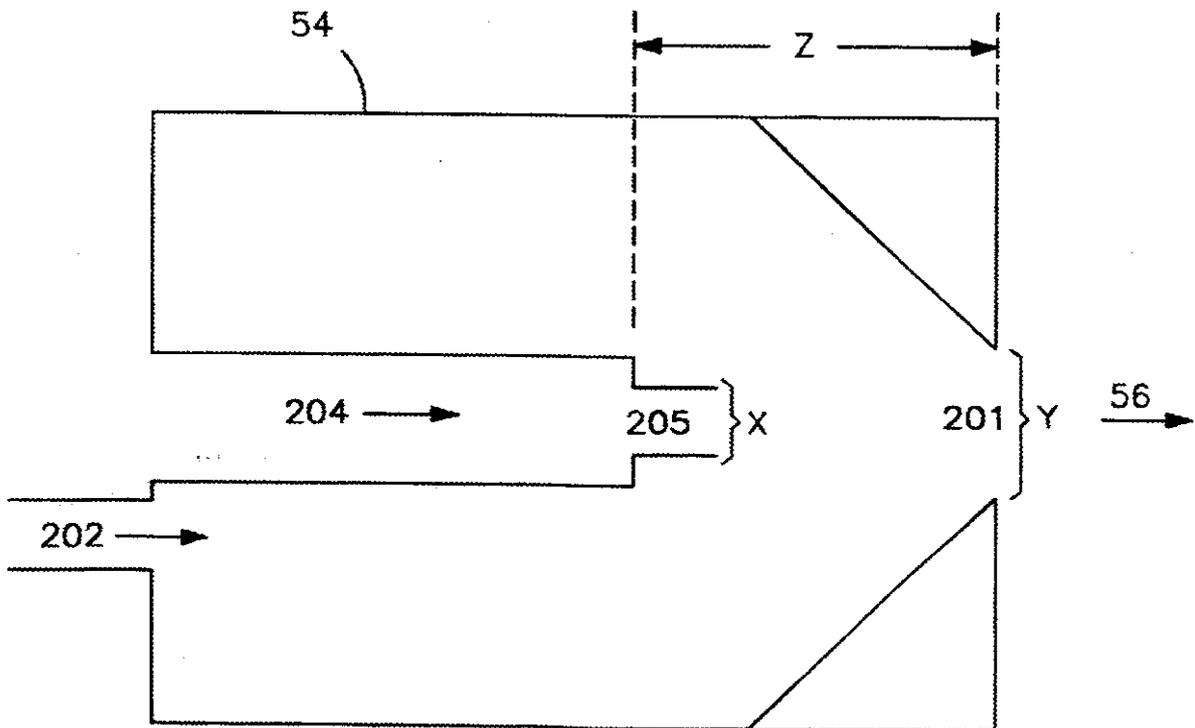


FIG. 3

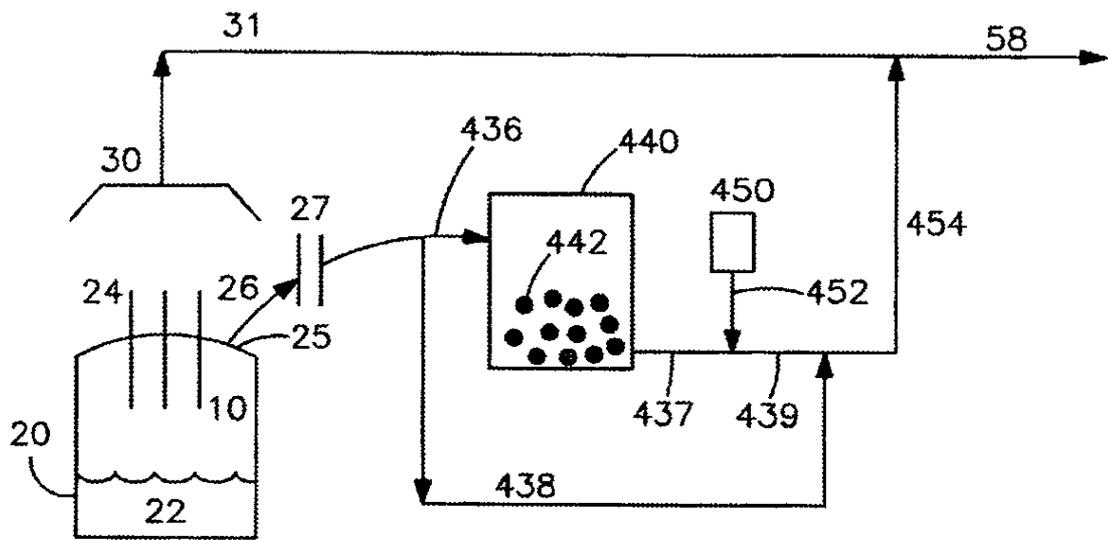


FIG. 4

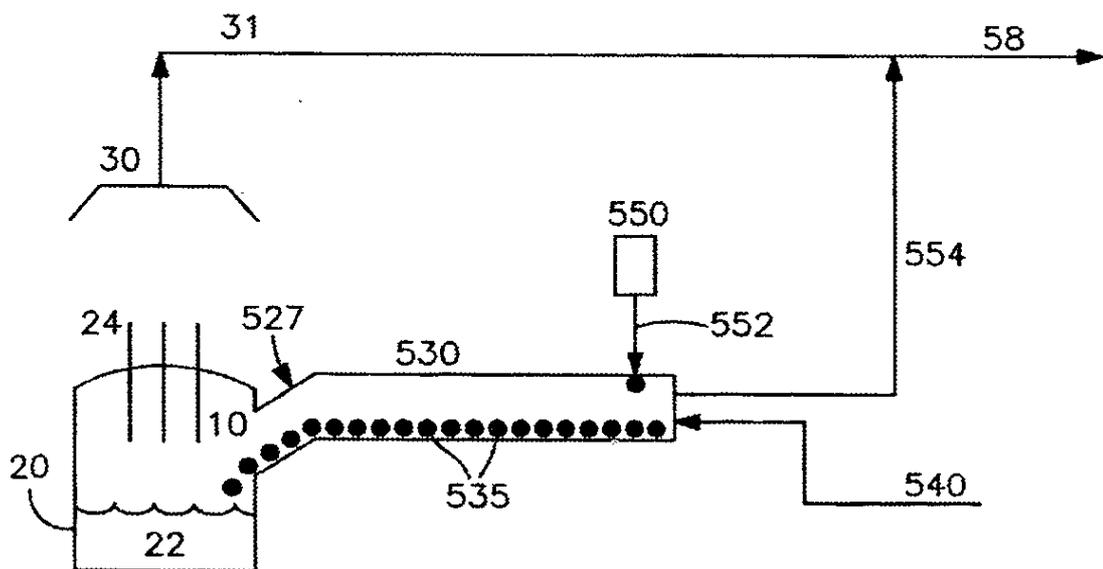


FIG. 5

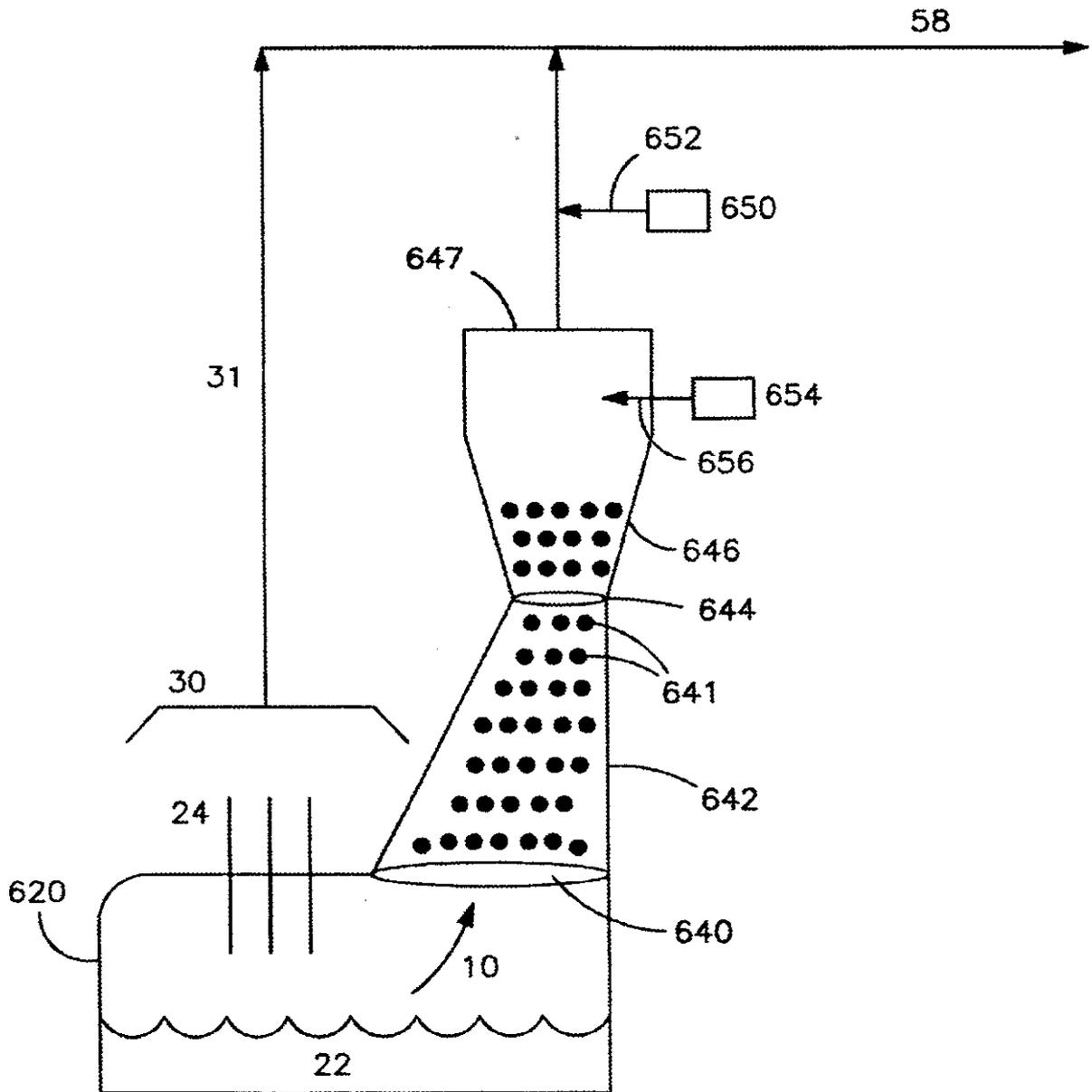


FIG. 6