

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 371 561**

51 Int. Cl.:  
**C21B 13/10** (2006.01)  
**C21B 11/08** (2006.01)  
**F27D 17/00** (2006.01)  
**C22B 1/16** (2006.01)  
**C21B 13/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07007242 .6**  
96 Fecha de presentación: **09.11.2001**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1813685**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.08.2007**

54 Título: **MÉTODO DE OPERACIÓN DE HORNOS DE CHIMENEA GIRATORIA REDUCTORES.**

30 Prioridad:  
**10.11.2000 JP 2000342800**  
**06.09.2001 JP 2001269797**  
**14.09.2001 JP 2001279055**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**05.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**05.01.2012**

73 Titular/es:  
**Nippon Steel Corporation**  
**6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku**  
**Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:  
**Ibaraki, Tetuharu;**  
**Oda, Hiroshi y**  
**Takahashi, Masaharu**

74 Agente: **de Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 371 561 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

Método de operación de hornos de chimenea giratoria reductores.

La presente invención se refiere a un método de operación que elimina la producción de dioxinas en el gas de combustión en un horno reductor, intercambia calor de manera eficaz y recupera calor a partir del gas de salida de la combustión a alta temperatura y trata de manera adecuada el gas de salida de la combustión cuando se calientan, se queman y se reducen los gránulos reducidos u otros artículos conformados que contienen óxidos de metal en un horno reductor de chimenea giratoria u otro horno reductor y una instalación para el mismo.

Hay diversos tipos de procedimientos para producir hierro o aleación de hierro reducido. Existe el método de secadero Waelz para calentar y reducir materia prima en el interior de un secadero giratorio mientras se voltea con carbono y un agente reductor, el método de la chimenea giratoria de quemar y reducir la materia prima en un horno de chimenea giratoria reductor, etc. Entre estos, como procedimiento con una alta productividad, se está realizando la operación mediante el método de la chimenea giratoria tal como se conoce en la Publicación de Patente No examinada Japonesa (Kokai) N° 2000-54034. El método de la chimenea giratoria es un procedimiento basado en un horno reductor de calor de un tipo que reduce los gránulos u otros artículos conformados de una materia prima en polvo cargada en la chimenea y moviéndose por una zona de calentamiento, una zona de reducción y un eyector por rotación de una chimenea con forma de disco de materiales refractarios con un centro abierto a una velocidad constante en carriles bajo un techo fijo y unas paredes laterales hechas de materiales refractarios (de ahora en adelante denominado un "horno giratorio") y se usa para la reducción de óxidos de metal. El diámetro de la chimenea del horno giratorio es 10 a 50 metros y la anchura de la chimenea de 2 a 6 metros.

Como materia prima, se usan mena fina o polvo de óxido metálico u otros óxidos de metal y carbono que sirven como agente reductor. En la producción de hierro reducido, se usa mena de alimentación de gránulos u otro mineral de hierro en forma de partículas, etc. Se usa carbono (de ahora en adelante este carbono se denomina carbono fijo) como agente reductor, pero es preferible un agente con un alto porcentaje de carbono que no se volatilice hasta aproximadamente 1.100°C, a la que tiene lugar una reacción de reducción. Para dicha fuente de carbono, se prefiere coque fino o antracita.

El polvo que contiene los óxidos de metal de la materia prima se mezcla con una cantidad de agente reductor que contiene el carbono requerido para reducir los óxidos metálicos, después se peletiza para formar gránulos verdes que después se alimentan en capas en la chimenea del horno giratorio. Los gránulos verdes se esparcen en la chimenea del horno giratorio. En un horno giratorio, una chimenea circular con un centro abierto rota bajo un techo y paredes laterales refractarias. Los gránulos en la chimenea se mueven por las diversas partes del horno y se calientan rápidamente. Se queman durante 5 minutos a 20 minutos a una temperatura alta de alrededor de 1.300°C, de ese modo se reducen los óxidos de metal por el carbono en los gránulos y se produce metal. En el horno giratorio, como los gránulos verdes se ponen estacionariamente en la chimenea, existe la ventaja de que los gránulos verdes son resistentes a la disgregación en el horno. Como resultado, existen los puntos fuertes de que no hay problema de fijación de la materia prima pulverizada en los materiales refractarios en el horno giratorio y el rendimiento de gránulos es alto. Además, este procedimiento se está usando en muchos casos recientemente ya que la productividad es alta y es posible usar un agente reductor a base de carbón o materia prima en polvo económica.

Además, el método de chimenea giratoria también es eficaz para el tratamiento para reducir y retirar impurezas del polvo de la fabricación del hierro generado de un alto horno, convertidor u horno eléctrico o escoria o lodo espesante generado del procedimiento de laminación. También se usa como un procedimiento de tratamiento del polvo y es un procedimiento eficaz para reciclado de recursos metálicos. El hecho de que cuando se reduce polvo es posible que el método de chimenea giratoria elimine cinc, plomo, metales alcalinos, halógenos y otras impurezas es también una ventaja del método de chimenea giratoria. Esta es la razón por la que este es un procedimiento particularmente eficaz para el reciclado de polvo, etc., generado en la industria de fabricación del hierro.

La operación en el método de la chimenea giratoria se puede resumir como sigue. Primero, la materia prima, es decir, los óxidos de metal tales como la mena fina o el polvo o lodo se mezcla bien con una cantidad de agente reductor carbonoso requerido para la reducción de los óxidos, después se peletiza. Hay diversos métodos de peletización. Por ejemplo, se producen gránulos verdes de 5 a 20 mm de tamaño mediante un peletizador de tipo cazoleta u otros tipos de peletizador con un contenido de humedad de 8 a 15% en peso. Estos gránulos verdes se alimentan a la chimenea giratoria en capas y se esparcen por la chimenea. Los gránulos crudos esparcidos por la chimenea se calientan rápidamente en el horno y se queman durante 5 a 30 minutos a una temperatura alta de alrededor de 1.300°C. En este momento, se reducen los óxidos de metal por el carbono del agente reductor mezclado con los gránulos verdes, así se produce metal. La cantidad de carbono fijo en el agente reductor se determina sustancialmente por la cantidad de oxígeno unido con los metales que se tienen que reducir. La relación de metalización después de la reducción difiere dependiendo del metal que se tiene que reducir, pero en el caso de hierro, níquel o manganeso, es al menos 90% e incluso con el caso del cromo, que es difícil reducir, es al menos 40%.

Como se explicó anteriormente, el método de la chimenea giratoria es un procedimiento bueno, eficaz, para reducir

los óxidos metálicos en un horno reductor de chimenea giratoria, en particular el polvo, escoria, lodo, etc., generado de las industrias de refinado o tratamiento de metales, para obtener metal reducido. Cuando se usa polvo u otros subproductos de la industria del metal como materia prima, esto es un medio eficaz en el reciclado.

5 La mena fina usada como parte de la materia prima también incluye cloro u otras impurezas. En particular, los subproductos en la industria del metal incluyen aceite de máquinas, materia orgánica en agua, productos químicos con agentes de cloro, polvo de resina y otras impurezas. Por ejemplo, el lodo depositado en una fosa de escorias, que es generado en el procedimiento de laminación de un material de acero, contiene 1 a 5% en masa de aceite de máquinas. Además, el polvo de alto horno contiene 0,1 a 0,3% en masa de cloro.

10 Además, el polvo de horno eléctrico usado para reducción en un horno de chimenea giratoria reductor contiene también cloro y aceite y además, contiene dioxinas. La mayoría de estas impurezas se queman o se vaporizan en el interior del horno giratorio y se descargan del horno. Durante este procedimiento, la materia orgánica se quema y forma dióxido de carbono o vapor de agua. Si la combustión es incompleta, sin embargo, a veces puede estar contenido hollín, carbono, benceno no quemado, etc., en el gas de combustión. Además, el ingrediente cloro forma gas cloro o gas cloruro de hidrógeno o sales tales como cloruro de sodio, cloruro de cinc, etc. Se descarga una gran concentración de cada material del horno junto con el gas de combustión. Estas sustancias orgánicas y el cloro reaccionan en el gas de combustión y generan dioxinas, aunque las cantidades son pequeñas. En particular, la generación de dioxinas aumenta cuando la combustión en el horno es incompleta. Cuando la concentración del monóxido de carbono en el gas de combustión es alta, la cantidad de dioxinas generadas aumenta debido a la reacción del cloro y el benceno o una reacción de síntesis de la fase gas.

20 Con la configuración convencional de la instalación o el método de operación, sin embargo, no había suficiente conocimiento y la operación no se realizó necesariamente desde el punto de vista de la reducción de la generación de dioxinas. En la operación convencional, el principal objetivo fue simplemente suministrar calor a la reacción de reducción. Además, el tratamiento del gas de salida inicialmente fue principalmente para evitar la deposición de polvo en el camino del tratamiento del gas de la combustión o la recuperación de calor desperdiciado. De hecho, los métodos de reducción de dioxinas no se reflejaron suficientemente en el diseño de las instalaciones. En posteriores investigaciones, se encontró que en los hornos giratorios como la temperatura de combustión en el interior del horno es mayor, la cantidad de generación de dioxinas es menor y la carga medioambiental es menor comparado con otros procesos de combustión, pero las dioxinas no se pueden eliminar totalmente en el gas de combustión, es decir, a veces, están presentes en una concentración de tanto como 1 a 5 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>.

30 Es decir, en la operación de un horno reductor tal como un horno reductor del método de la chimenea giratoria según la técnica anterior, aún no se ha descubierto un buen método de operación para controlar eficazmente la producción de dioxinas.

Además, como se explicó anteriormente, un horno giratorio, secadero Waelz u otro horno reductor genera gas de salida de combustión de alta temperatura que contiene una cantidad grande de dióxido de carbono y vapor de agua. Este gas de salida de combustión se descarga a una velocidad de 2.000 a 3.000 Nm<sup>3</sup> por tonelada de materia prima. Este gas de salida contiene polvo generado desde el interior del horno, pasa por el conducto de los gases de salida, se enfría por el método de pulverizar agua o por otros métodos en el aparato de tratamiento de los gases de salida, después se limpia de polvo y se emite a la atmósfera. Como se explicó anteriormente, el método de horno giratorio es un procedimiento con una cantidad relativamente grande de generación de polvo puesto que el cinc, plomo, cloro y otras impurezas se retiran por vaporización durante la reacción de reducción de los óxidos.

40 De esta manera, en la operación de un horno reductor de chimenea giratoria, secadero giratorio u otro horno reductor de metales, se genera una gran cantidad de gas de salida de combustión que contiene una gran cantidad de polvo. El calor sensible mantenido por el gas de salida corresponde a aproximadamente 30% de la energía total de entrada. La recuperación del calor del gas de salida de combustión desempeña un papel importante en la operación con una buena eficiencia del calor.

50 Sin embargo, cuando se intenta recuperar calor desperdiciado del gas de salida de combustión a alta temperatura, hay los problemas de que el polvo se pega fuertemente a las superficies de transmisión de calor de la caldera de calor desperdiciado o intercambiador de calor o se corroe el metal de estas superficies. Como resultado, por ejemplo en el método de tratamiento del gas de salida en un horno reductor, como se muestra en la Publicación de Patente No examinada Japonesa (Kokai) N° 2.000-169906, incluso en la técnica anterior, se adoptó un método para controlar de manera adecuada la temperatura de la caldera o intercambiador de calor para evitar la deposición de polvo. Este método es un medio eficaz para tratar gas de salida, pero dependiendo de los ingredientes del polvo, existe el problema de que el polvo depositado en las superficies interiores del intercambiador de calor y el camino del gas de salida se obstruye en 2 semanas a un mes o así. En particular, si se disminuye el punto de fusión del polvo, el poder de adhesión del polvo llega a ser mayor y el problema llega a ser mayor.

55 El polvo generado de un horno giratorio, etc., incluye no sólo las sustancias conocidas de materia prima tales como óxido de hierro, sino también grandes cantidades de metales alcalinos, cinc, plomo u otros metales volátiles y sustancias catiónicas tales como cloro. En la porción del conducto de salida de los gases de salida de 600 a 1.100°C o así, los ingredientes del polvo están presentes como vapor. Este empieza a depositarse como un líquido junto con

una gota a la temperatura del gas de salida. Los ingredientes del polvo dispersados como sólidos y los líquidos forman una emulsión con una viscosidad alta. Esto se pega al camino del gas de salida, de manera que el camino se hace más estrecho y surge el problema de bloqueo fácil en esa porción. Es decir, cuando se instala un intercambiador de calor de manera que se recupere calor desperdiciado, el camino del gas de salida se hace más estrecho en esa porción y tiene lugar bloqueo fácilmente. Un líquido de una sal de metal alcalino es fuertemente cohesivo y también hubo el problema de corrosión de metal en la porción en que se pegó esta emulsión.

El método de la Publicación de Patente No japonesa (Kokai) N° 2000-169906 es una técnica eficaz para la prevención de la deposición de polvo. En particular, cuando hay una gran cantidad de sales de metal alcalino y compuestos de cinc, la deposición no se podía evitar de modo suficiente. De esta manera, en la técnica anterior, no se ha prestado suficiente atención al control de los ingredientes de polvo en la salida de gases y el problema de obstrucción de un intercambiador de calor para recuperar el calor del gas de salida no se ha resuelto de modo suficiente.

K. -H. Bauer et al, "Aufarbeitung von Hüttenreststoffen nach dem Inmetco-Direktreduktionsverfahren" y K. Grebe et al, "Die Metallurgie der Direktreduktion von Hüttenreststoffen nach dem Inmetco-Verfahren", Stahl und Eisen, 110 (1.990) 13 de julio N° 7, págs. 89-96 y 99-106 describen el reprocesado de desechos metalúrgicos que soportan hierro para su reutilización en procedimientos de elaboración de metal con calor y de acero y estas referencias describen el calentamiento previo del aire para la combustión a una temperatura disponible de 600°C mediante un intercambiador de calor.

Debido a esto, se ha buscado una tecnología que resuelva los problemas ya mencionados y disminuya la generación de dioxinas en el gas de salida de la combustión descargado de un horno giratorio, secadero giratorio u otro horno reductor de metal y recupere de manera eficaz el calor sensible soportado por este gas de salida.

La presente invención se realizó para resolver los problemas anteriores y los problemas anteriores se pueden resolver mediante las características especificadas en las reivindicaciones.

La invención se describe con detalle junto con los dibujos;

la FIG. 1 es una vista de un ejemplo de la configuración de una instalación de horno reductor con chimenea giratoria que tiene un horno reductor con chimenea giratoria y un aparato para tratamiento del gas de salida para realizar la presente invención,

la FIG. 2 es una vista de una sección transversal de un horno reductor de chimenea giratoria,

la FIG. 3 es una vista de un horno reductor de chimenea giratoria puesto en la dirección circunferencial,

la FIG. 4 es una vista de la relación entre el tiempo de mantenimiento de la presión de un estado adecuado del gas de combustión y la concentración de dioxinas en el gas de combustión y

la FIG. 5 es una vista de la relación entre el tiempo para enfriar el gas de salida de la combustión de 800°C a 300°C y la concentración de dioxinas en el gas de salida de la combustión.

La presente invención se explicará con referencia a un horno reductor de un tipo de chimenea giratoria mostrado en la FIG. 1 como un ejemplo de un horno reductor. El procedimiento mostrado en la FIG. 1 está comprendido principalmente por un horno 1 reductor de chimenea giratoria, una caldera 3 de calor desperdiciado, un pulverizador 4 de agua, un intercambiador 5 de calor (precalentador de aire) y un colector 7 de polvo. Las vistas que muestran la estructura del horno giratorio son las FIG. 2 y FIG. 3. Una vista transversal de un horno reductor se muestra en la FIG. 2. Además, una vista de una chimenea con forma de disco con un corte del centro en el interior del horno puesto en la dirección rotacional se muestra en la FIG.3.

La estructura del horno 1 reductor, como se muestra en la sección transversal de la FIG. 2, consiste en una chimenea 12 que se mueve y que rota sobre las ruedas 13 bajo un techo 10 fijo y las paredes 11 fabricadas con materiales refractarios. Las paredes 11 están provistas de los quemadores 14. Estos quemadores generan gas de combustión de alta temperatura mediante las llamas 15. Los gránulos 16 verdes constituidos por polvo de óxido de metal y polvo de carbono se esparcen por la chimenea 12. Los detalles del calentamiento y la reducción de los gránulos 16 verdes y otras operaciones se explicarán mediante la FIG. 3 del horno 1 giratorio puesto en la dirección circunferencial.

Los gránulos verdes como materia prima están formados por mezcla de mena fina o subproductos de fabricación de hierro tal como polvo de gas de convertidor o escoria etc., y polvo de agente reductor que contiene carbono y mediante conformación de la mezcla tal como coque en polvo, etc. Los gránulos verdes de esta materia prima se esparcen por la chimenea 12 desde una entrada 17 de materia prima. Normalmente, el espesor es de una a tres capas. La chimenea 12 se mueve y rota. Junto con esto los gránulos 16 verdes, primero, entran a la zona 18 de calentamiento. El techo de la zona 18 de calentamiento está unido a un conducto 2 de salida de gases de salida. Los gránulos 16 verdes calentados allí entran en la zona 19 reductora con una concentración mayor de monóxido de carbono e hidrógeno y una alta temperatura. Allí, los óxidos metálicos en el interior de los gránulos 16 verdes

reaccionan con el carbono y se reducen a metales. A continuación, los gránulos 16 verdes reducidos se descargan desde el horno mediante un tornillo 21 de descarga del eyector 20 de gránulos reducidos. El gas de combustión fluye en una dirección opuesta a los gránulos, es decir, desde la zona 19 reductora de alta temperatura a la zona 18 de calentamiento de temperatura relativamente baja, donde se descarga por el conducto 2 de salida de gases de salida al exterior del horno. Obsérvese que mientras no se requieran necesariamente, las placas 22 de partición se ponen a veces para dividir las zonas eficazmente.

El gas de combustión en el interior del horno es el resultado de combustión de mezcla del combustible y aire de los quemadores 14 dispuestos en las paredes laterales del horno desde la zona 19 reductora a la zona 18 de calentamiento y la mayoría del monóxido de carbono gas es generado de los gránulos verdes. Este gas de combustión fluye desde la zona 19 reductora hacia la zona 18 de calentamiento. A continuación, el gas se descarga desde el conducto 2 de salida de los gases de salida en el techo de la zona 18 de calentamiento al exterior del horno 1 giratorio.

Primero, en la zona 19 reductora, es necesario mantener una atmósfera reductora suficiente para reducir los gránulos verdes. Los óxidos de metal cubiertos mediante la reducción en el método de la chimenea giratoria incluyen hierro, níquel, cromo, plomo, cinc y manganeso. A partir de la reducibilidad de estos metales, la zona 19 reductora tiene que tener una temperatura de al menos 1.200°C y una relación molar de monóxido de carbono a dióxido de carbono de al menos 0,1. En estas condiciones, la reducción de los gránulos 16 verdes transcurre rápidamente.

Además, si la temperatura es mayor que 1.200°C, incluso la materia orgánica y el cloro mezclados con los gránulos 16 verdes se rompen en monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno y cloruro de hidrógeno y la cantidad de generación de dioxinas se mantiene relativamente baja.

A continuación, el gas de combustión en el interior del horno fluye a la zona 18 de calentamiento. Aquí, los gránulos 16 verdes se calientan a una temperatura de aproximadamente 1.100°C, pero no se reducen. La temperatura del gas de combustión aquí se hace 1.100 a 1.200°C en la porción cerca de la zona 19 reductora y se hace 800 a 1.100°C en la porción cerca del conducto 2 de salida de los gases de salida. Además, la temperatura en la porción del conducto 2 de salida de los gases de salida unido a la caldera 3 de calor desperdiciado se hace 800°C o mayor. Además, como no tiene lugar reducción en la zona 18 de calentamiento, la atmósfera del gas de combustión puede ser baja en reducibilidad.

Por lo tanto, al menos la porción cerca del conducto 2 de salida de los gases de salida contiene oxígeno en exceso y se mantiene preferiblemente una concentración baja de monóxido de carbono.

Obsérvese que en la presente invención, la porción cerca del conducto 2 de salida de los gases de salida de la zona 18 de calentamiento en el horno reductor y la porción del conducto 2 de los gases de salida unida a la caldera 3 de calor desperdiciado se denominan juntas la "región del conducto de salida de los gases de salida".

Como la composición del gas de combustión en la región del conducto de gases de salida y en el conducto 2 de gases de salida, para mantener la concentración de monóxido de carbono no mayor que 200 ppm en relación en volumen, la concentración de oxígeno se hace 0,5% en vol o más en la porción del conducto 2 de salida de los gases de salida unida con la caldera 3 de calor desperdiciado. Parte de la porción correspondiente a las condiciones descritas se incluye en el interior del horno 1 giratorio también, sin embargo desde el punto de vista del control de la composición del gas de combustión es preferible en el medio del conducto 2 de salida de los gases de salida. Además, en el ejemplo de la FIG. 1, una caldera 3 de calor desperdiciado que recupera calor está unida al conducto 2 de salida de los gases de salida, sin embargo si es posible enfriar el gas rápidamente, también es posible conectar otros tipos de refrigerador del gas o recuperador de calor. Además, desde el punto de vista de los problemas en la disposición del gas de combustión en el conducto de humos y la seguridad y la reducción adicional de dioxinas, la concentración de monóxido de carbono se reduce más preferiblemente a no más de 60 ppm en relación en volumen. Además, además de estas condiciones, desde el punto de vista de mejora de mezcla de los gases, si se hace el estado de flujo del gas de salida un estado muy desarrollado de turbulencia, es posible reducir las dioxinas. Obsérvese que el método de desarrollo de turbulencia se explicará más adelante.

Después, se enfría el gas de combustión a no más de 300°C mediante la caldera 3 de calor desperdiciado, pulverizador 4 de agua e intercambiador 5 de calor de precalentamiento de aire. El tiempo requerido para enfriar es preferiblemente no mayor que 6 segundos. El gas de combustión enfriado pasa por el conducto 6 antes de la recogida del polvo, se limpia de polvo en el colector 7 de polvo, se retrae mediante el ventilador 8 de inducción, después se dispersa desde la chimenea 9 a la atmósfera. Obsérvese que el colector 7 de polvo usado es un tipo de filtro de bolsa. Es decir, el gas de combustión del horno giratorio se eleva a 800°C o más y se hace quemar completamente al menos en una del interior del conducto de salida de los gases de salida y la región del conducto de salida de los gases de salida, después se enfría rápidamente y se limpia de polvo de manera que se elimina la generación de dioxinas y se evita la deposición de polvo.

Los autores investigaron las condiciones de operación para eliminar la generación de dioxinas en el gas de combustión basado en las características de operación de un horno giratorio. Para este fin, realizan diversos experimentos y extraen la conclusión de que es suficiente tratar el gas de combustión en la condiciones anteriores

de operación. Obsérvese que el contenido de los experimentos se explicará con detalle más adelante.

Los autores encontraron que para eliminar la generación de dioxinas, es importante el control de la temperatura y las composiciones del gas durante el tratamiento del gas de combustión de la zona 18 de calentamiento del horno giratorio. Se generan dioxinas en grandes cantidades en un estado de combustión incompleta a una temperatura ambiente de 300 a 600°C. Es decir, diversas moléculas orgánicas complicadas en el gas combustionado de manera incompleta reaccionan con cloro para formar dioxinas a 300 a 600°C. Por lo tanto, para eliminar la presencia de moléculas orgánicas complicadas tales como benceno en este intervalo de temperatura, se hace quemar completamente el gas de combustión en la zona 19 reductora que tenía contenidas grandes cantidades de monóxido de carbono a una alta temperatura de 800°C o más en la porción de la zona 18 de calentamiento al conducto 12 de salida de los gases de salida, es decir, en el interior del conducto 2 de gases de salida y la región del conducto de gases de salida.

Además, si se intenta quemar completamente el gas a una alta temperatura, el gas de combustión se mezcla preferiblemente bien en un estado de oxígeno en exceso. Por lo tanto, los autores estudiaron las condiciones de gas de combustión en estado turbulento para evitar la generación de dioxinas puesto que dar turbulencia suficientemente bien desarrollada al gas de combustión sería un medio eficaz para mezclar el gas. La FIG. 4 muestra los resultados de los experimentos. La FIG. 4 muestra las condiciones adecuadas, es decir, la relación entre el tiempo de mantenimiento de la presión en que la temperatura del gas de combustión es 800°C o mayor y la concentración de monóxido de carbono es 200 ppm o menor en relación en volumen en el estado de turbulencia y la concentración de dioxinas en el gas de salida. Como se muestra en la FIG. 4, si el tiempo en que se satisfacen las condiciones para la eliminación de dioxinas, es decir, la temperatura del gas de combustión es mayor que 800°C o mayor y la concentración de monóxido de carbono es 200 ppm o menor en relación en volumen, es 0,9 segundos o mayor, la concentración de dioxinas es una buena de 0,1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> o menor. Es decir, se aprendió que si se desarrollaba de manera suficiente la turbulencia y se continuaba simultáneamente el estado adecuado de gas de combustión durante 0,9 segundos, las moléculas orgánicas complicadas anteriores ya no estaban presentes y se podían satisfacer las condiciones para la eliminación de la generación de dioxinas.

Para crear una turbulencia adecuada para mezclar gas de combustión, es suficiente hacer el indicador para la evaluación del estado de flujo en fluido dinámico, es decir, el número de Reynolds, mayor. En general, cuando el número de Reynolds excede de 2.300, el flujo se convierte en turbulento. Sin embargo, es necesario un buen estado para mezclar el gas de combustión, es decir, turbulencia suficientemente bien desarrollada, así que se requiere un número de Reynolds mayor. En experimentos por los autores, se encontró que en un estado de turbulencia con un número de Reynolds de 30.000 o mayor, se obtenía un estado uniforme de gas de combustión, que se desea. Por lo tanto, una condición es que el gas de combustión tenga una temperatura de 800°C o mayor y tenga un número de Reynolds de 30.000 o mayor en la porción en que la concentración del monóxido de carbono es 200 ppm o menor en relación en volumen.

Además, para reducir las dioxinas más, se buscan una menor concentración de monóxido de carbono y un mayor número de Reynolds. Los autores investigaron y como resultado encontraron que hacer la concentración en dioxinas en el gas de salida un estado mejor de 0,06 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup> o inferior, la concentración de monóxido de carbono se hace preferiblemente una relación en volumen de 60 ppm o menor y un número de Reynolds de 50.000 o mayor. En este estado, el estado de mezcla es extremadamente bueno, de manera que un efecto suficiente se da incluso si el tiempo de continuación de este estado es 0,6 segundos. Si se mantiene esta condición, se obtiene que un resultado extremadamente bueno de la concentración de las dioxinas en el gas de salida es 0,02 a 0,06 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>.

Obsérvese que el número de Reynolds es un número adimensional y se obtiene dividiendo el producto de la densidad del gas, el caudal de gas y la longitud representativa por la viscosidad del gas. El número de Reynolds es un indicador que expresa el estado de flujo. Cuando está por encima de 2.300, cuanto mayor sea el número de Reynolds, más turbulento es el flujo. La longitud representativa en el cálculo del número de Reynolds en la presente invención usada es la anchura de la chimenea 12 o el diámetro del conducto 2 de salida de los gases de salida. A la temperatura del gas de combustión en las condiciones de la presente invención, es decir, 800 a 1.200°C, la densidad del gas de combustión es aproximadamente 0,25 a 0,4 kg/m<sup>3</sup> y la viscosidad es  $4 \times 10^{-5}$  a  $6 \times 10^{-5}$  kg/ms. Por lo tanto, si el producto del diámetro del conducto 2 de salida de los gases de salida o la anchura de la chimenea 12 y el caudal del gas de combustión es 7,2 m<sup>2</sup>/s o más, el número de Reynolds llega a ser 30.000 o mayor. Además, si el producto del diámetro del conducto 2 de salida de los gases de salida o anchura de la chimenea 12 y el caudal del gas de combustión es 12 m<sup>2</sup>/s o más, el número de Reynolds llega a ser mayor que 50.000. Como se explicó anteriormente, para obtener el número de Reynolds requerido, el método de controlar el caudal de gas considerando la anchura de la chimenea y el diámetro del conducto de salida es eficaz.

Obsérvese que es innecesario decir, que después de que se realiza este estado, se mantiene la concentración de monóxido de carbono desde aumento de nuevo.

A continuación, es importante enfriar el gas de combustión de 800°C a 300°C rápidamente. El objetivo es acortar el tiempo en que el gas está en la banda de temperatura de 300 a 600°C en que las dioxinas se vuelven a sintetizar. Por lo tanto, los autores analizaron el tiempo requerido para el enfriamiento. La FIG. 5 muestra los resultados de los experimentos. Si el tiempo de enfriamiento es más de 6 segundos, la concentración de dioxinas llega a ser mayor

que 0,1 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Es decir, es importante que el tiempo de enfriamiento de 800°C a 300°C no se haga mayor que 6 segundos. Por lo tanto, es importante que el volumen interior de la porción de enfriamiento de 800°C a 300°C del aparato de tratamiento del gas de salida no sea mayor que 6 veces la cantidad de flujo de gas de combustión por segundo.

5 Si se mantiene esta velocidad de enfriamiento, el gas de combustión se puede enfriar por cualquier método. En el ejemplo de la FIG. 1, se hizo uso de una combinación de una caldera de calor desperdiciado, pulverizador de agua e intercambiador de calor de precalentamiento de aire (intercambiador de calor entre gas de combustión y aire). Este método es un método óptimo para recuperar calor desperdiciado al máximo y controlar de manera precisa la temperatura del gas de combustión. Si se simplifica la instalación, sin embargo, también es posible omitir la caldera de calor desperdiciado y proporcionar justo una combinación de un pulverizador de agua y precalentador de aire. En este caso, la cantidad de calor desperdiciado recuperado llega a ser aproximadamente la mitad que la de la instalación mostrada en la FIG. 1. Además, cuando no se recupera en absoluto calor desperdiciado, también es posible enfriar el gas de combustión a 300°C o disminuir mediante justo un pulverizador de agua.

15 De esta manera, para un enfriamiento eficaz, es preferible evitar la deposición de polvo sobre el refrigerador o el recuperador de calor (intercambiador de calor) del aparato de tratamiento del gas de salida. Como se explica más adelante con detalle, es importante hacer que el número total de moles A del cinc y plomo, el número total de moles B del sodio y potasio y el número total de moles C del cloro y flúor contenido en el polvo del gas de combustión generado en el horno satisfaga la relación de  $(C - B)/A < 0,36$  de manera que se evite una disminución en las eficacias de intercambio de calor y enfriamiento debido a deposición en el refrigerador o recuperador de calor (intercambiador de calor) y el estrechamiento del paso del gas de salida y la obstrucción de flujo debido a la deposición de polvo en el conducto. Además, es preferible hacer el contenido de los compuestos de metales alcalinos (sodio o potasio) y elementos halógenos (cloro o flúor) contenidos en el polvo del gas generado en el horno 35% en masa o menos de manera que se elimine la deposición de polvo. Además, preferiblemente mediante enfriamiento la temperatura del gas generado en el horno desde más de 800°C o mayor a 550°C o menor en 5 segundos, es posible eliminar la deposición de polvo en el aparato de tratamiento de gases de salida y eliminar eficazmente una disminución en la eficacia del enfriamiento.

Sin embargo, para eliminar la generación de dioxinas, el gas de salida se enfría rápidamente en el aparato de tratamiento del gas de salida y en este momento, son muy importantes el intercambio de calor y la recuperación de calor desde el punto de vista de la mejora de la eficiencia del calor en la operación.

30 Sin embargo, como se explicó anteriormente, debido a los diversos problemas que surgen debido a la gran cantidad de polvo contenido en este gas de salida a alta temperatura pegado a la caldera de almacenamiento de calor, intercambiador de calor de tipo precalentamiento de aire u otro recuperador de calor o refrigerador en el aparato de tratamiento del gas de salida, esto no es eficaz. Estos problemas tienen efecto no sólo en la eficacia de la recuperación del calor, sino también en la eficacia del enfriamiento del gas de salida para eliminar dioxinas. Los autores estudiaron además estos puntos.

40 El gas de salida de la combustión incluye como componentes del polvo materia prima transferida tal como óxido de hierro no reducido, etc., sustancias que se vaporizan fácilmente a una temperatura alta tal como metales alcalinos y elementos halógenos y metales tales como cinc, plomo u otros que se vaporizan después de ser reducidos. Entre estas sustancias, las mismas sales de halógeno alcalinas y cloruro de cinc o cloruro de plomo tienen puntos de fusión de 700 a 900°C. Sin embargo, los autores descubrieron que si la relación de las sales de halógeno alcalinas y cloruro de cinc y cloruro de plomo en el polvo en el gas de salida aumenta, estas sustancias funden juntas y disminuyen el punto de fusión de 550 a 600°C. Además, descubrieron que el polvo con estas condiciones se deposita fácilmente en el camino del gas de salida, es decir, el paso del gas de salida del conducto de los gases de salida del horno por el aparato de tratamiento de los gases de salida a la atmósfera.

45 Se analizaron los pequeños agregados del polvo depositados en el camino del gas de salida. Como resultado, se descubrió que cuando aumenta la cantidad de cloruros y fluoruros, estos componentes en el polvo se pegan a una temperatura de 450 a 600°C o mayor y en particular cuando aumenta la relación de los haluros de cinc y plomo a óxidos de cinc y plomo, la deposición llega a ser intensa. Además, los autores investigaron la deposición de polvo a la temperatura de 550°C donde el intercambiador de calor etc., opera normalmente. Como el resultado de la investigación, se descubrió que si la relación de los haluros de cinc y plomo en el polvo es 18% o menor, convertido a moles, con respecto al total de los óxidos y haluros de cinc y plomo, la adherencia es relativamente débil y el polvo se puede retirar fácilmente. Incluso en estas condiciones, sin embargo, se aprendió que cuando la relación en masa de sales de halógeno alcalinas, es decir, compuestos de metales alcalinos (sodio o potasio) y elementos halógenos (cloro o flúor) excede de 35% de la masa del polvo en total, la deposición aumenta algo. Por lo tanto, el porcentaje de compuestos de metales alcalinos y elementos halógenos contenidos en el polvo no se hizo mayor que 35% en masa.

Debido a esto, en la presente invención, la relación de los elementos en el polvo se controla de manera que los haluros del cinc y plomo en el polvo no llegan a ser más de 22% en relación molar con respecto a los óxidos de cinc y plomo. La relación molar del cloruro y fluoruro de cinc, plomo, sodio, potasio en el polvo está controlada.

## ES 2 371 561 T3

El control de la relación molar es que el número de moles de elementos halógenos que no reaccionan totalmente con alcalino, es decir, (número de moles de cloro + número de moles de flúor) – (número de moles de sodio + número de moles de potasio), no se hace mayor que 18% del número total de moles de cinc y número de moles de plomo. Obsérvese que el cinc y plomo forman aniones bivalentes, así los elementos halógenos, que son cationes monovalentes, se corrigen mediante el valor del ión. Como el indicador para operación, se usa

$$\frac{[(\text{número de moles de cloro} + \text{número de moles de flúor}) - (\text{número de moles de sodio} + \text{número de moles de potasio})]}{(\text{número de moles de cinc} + \text{número de moles de plomo})}$$

(indicador 1). En la operación real, la condición se expresa como indicador  $1 < 0,36$ . Es decir, cuando el número total de moles de cinc y plomo contenidos en el polvo es A, el número total de moles de sodio y potasio es B, y el número total de moles de cloro y flúor es C,  $(C - B)/A < 0,36$ .

Para controlar los ingredientes del polvo con precisión, es necesario controlar los ingredientes de la materia prima. En el método de la chimenea giratoria, la velocidad de transición del cinc y plomo de la materia prima del gas de salida es al menos 90%, la velocidad de transición de los metales alcalinos es aproximadamente 70% y la velocidad de transición de los elementos halógenos es aproximadamente 80%. Las relaciones de los metales cinc, plomo, metales alcalinos y elementos halógenos en la materia prima se determinan considerando estas velocidades de transición. Si se expresa esto mediante una fórmula, el resultado es  $[0,8 (\text{número de moles de cloro} + \text{número de moles de flúor}) - 0,7 (\text{número de moles de sodio} + \text{número de moles de potasio})] / [0,9 \text{ a } 1,0 (\text{número de moles de cinc} + \text{número de moles de plomo})]$ , así se hace operar el horno usando la fórmula simple  $[0,8 (\text{número de moles de cloro} + \text{número de moles de flúor}) - 0,7 (\text{número de moles de sodio} + \text{número de moles de potasio})] / (\text{número de moles de cinc} + \text{número de moles de plomo})$ ; (indicador 2) como un indicador de control de mezcla de la materia prima. En operación real, la condición se expresa como indicador  $2 < 0,36$ . Es decir, cuando el número total de moles de cinc y plomo contenidos en la materia prima es A', el número total de moles de sodio y potasio es B' y el número total de moles de cloro y flúor es C',  $(0,8C' - 0,7B')/A' < 0,36$ .

El gas de salida que contiene polvo ajustado en estas condiciones se introduce en el aparato de tratamiento de los gases de salida desde el conducto 2 de salida de los gases de salida. La temperatura del gas de salida en esta porción se hace 800°C o mayor. Si es menor que 800°C, los cloruros y fluoruros que entran en el conducto 2 de salida de los gases de salida se precipitan inmediatamente y ocasionan la obstrucción cerca de la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida. Además, como se explicó anteriormente, la temperatura se hace 800°C o mayor desde el punto de vista de la eliminación de la generación de dioxinas.

A continuación, se introduce el gas de salida en la caldera 3 de calor desperdiciado donde se recupera el calor, después se enfría rápidamente el gas de salida a 550°C o menor. Si la temperatura del gas de salida a la salida de la caldera 3 de calor desperdiciado llega a ser mayor que 550°C, el gas de salida se enfría además mediante el refrigerador 4 de pulverización de agua para bajar la temperatura del gas a 550°C o menor. Es importante enfriar rápidamente el gas de salida de la caldera 3 de calor desperdiciado al refrigerador 4 de pulverización de agua y acortar el tiempo que los cloruros y fluoruros están en el estado fundido. Los autores encontraron que con el polvo mostrado en la presente invención, no tenía lugar una deposición importante de polvo en la porción de enfriamiento rápido si se reduce la temperatura a 550°C o menor en 5 segundos. Por lo tanto, también es eficaz realizar el tratamiento de enfriamiento como un todo mediante un refrigerador de gas de tipo pulverizador de agua etc.

El gas de salida se somete a intercambio de calor además con aire para recuperar el calor y se enfría a no más de 300°C, preferiblemente aproximadamente 200°C. Obsérvese que como se mencionó anteriormente, desde el punto de vista de la eliminación de la síntesis de nuevo de dióxidos, el enfriamiento desde 800°C a no más de 300°C se realiza preferiblemente en 6 segundos. La temperatura del gas en la parte de la entrada del intercambiador 5 de calor es un factor importante en la operación. Es decir, incluso con la composición del polvo del alcance de la presente invención, si la temperatura del gas de salida en el intercambiador de calor es demasiado alta, el cloruro de sodio, cloruro de cinc, etc., que no acabaron de solidificar depósitos en las superficies metálicas del intercambiador de calor en un estado líquido y ocasionan el problema del bloqueo o corrosión del metal. Para evitar el ensuciamiento de las superficies de transmisión del calor debido a deposición de polvo de manera que se recupere el calor desperdiciado eficazmente y para evitar la deposición del polvo, es preferible instalar un eliminador de polvo en el intercambiador 5 de calor. Hay diversos tipos de eliminadores de polvo. Entre ellos, se usan en general un tipo de soplador de hollín que sopla gas a alta presión o vapor y el tipo de impacto. El tipo del intercambiador de calor es también un requerimiento importante para la prevención de la deposición de polvo. Un intercambiador de calor resistente a la deposición de polvo es de un tipo que hace pasar aire al interior de las tuberías y gas de salida fuera de las tuberías para eliminar el polvo mediante soplado de hollín fuera de las tuberías o un tipo provisto de un gran número de placas paralelas a través de las cuales fluyen alternativamente aire y gas de salida y se retira el polvo depositado mediante una cuchara de arrastre.

El aire calentado mediante el intercambiador de calor en este momento se usa como aire para combustión en el horno 1 giratorio o aire caliente para secar previamente los gránulos.

El calor así intercambiado y el gas de salida de la combustión enfriado se hace pasar después por un conducto 6 antes del colector de polvo y se limpia el polvo mediante el colector 7 de polvo.



El colector 7 de polvo es preferiblemente de un tipo de filtro de bolsa que no vuelve a sintetizar dioxinas en su interior. Un "filtro de bolsa" es un dispositivo con un gran número de telas de filtro constituido por telas con intervalos finos entre fibras formadas en forma de bolsa y elimina el polvo haciendo pasar el gas que contiene polvo por las telas de filtro. La temperatura de operación del filtro de bolsa es preferiblemente al menos 150°C. La razón es que si está por debajo de 150°C, la temperatura cae por debajo de la temperatura de condensación ácida y la instalación se corroe fácilmente. Además, a la vista del problema de la resistencia al calor de las telas de filtro, es preferible una temperatura no mayor que 250°C. Con una chimenea giratoria, cuando se reduce el óxido de metal, se agotan los óxidos o cloruros de cinc, plomo, metales alcalinos, etc., en el gas de combustión. Hay polvos del tamaño del submicrómetro. Con un ciclón, etc., no es posible la recogida de polvo suficiente. Además, un colector de polvo eléctrico tiene una capacidad de recogida de polvo insuficiente e induce a la reacción de síntesis de nuevo de dioxinas en su interior, así no es adecuado para este procedimiento. Lo mejor es un colector de polvo de tipo filtro de bolsa.

Sin embargo, cuando se enfría una gran parte del calor sensible del gas de combustión mediante pulverización de agua, la concentración del vapor de agua en el gas de combustión llega a ser demasiado alta y surge una humectación en el filtro de bolsa, así que es preferible un colector de polvo de tipo húmedo. En particular, cuando la humedad en el gas de combustión excede de 30% en masa, el filtro de bolsa llega a estar extremadamente húmedo. Debido a esto, tiene lugar obstrucción y corrosión del filtro. Para mantener la humedad en el gas de combustión que no exceda de 30% en masa, es necesario hacer que la cantidad de agua añadida durante la pulverización no sea mayor que 400 kg por 1 Nm<sup>3</sup> de gas de combustión. Cuando se pulveriza más de esta cantidad, se usa un lavador de polvos venturi u otro colector de polvo de tipo húmedo.

Finalmente, el gas de salida de la combustión después de la eliminación del polvo se descargó a la atmósfera desde la chimenea 9 por la fuerza de conducción de un ventilador 8 de inducción.

Como se explicó anteriormente, haciendo operar el horno reductor de un método de chimenea giratoria por el método de la presente invención, es posible mantener la producción de dioxinas en un mínimo y operar de una manera que no cause mucha contaminación medioambiental, es posible eliminar la deposición de polvo en el aparato de tratamiento del gas de salida e intercambiar eficazmente el calor y el frío y es posible realizar una operación con una eficiencia de calor alta, incluso cuando se reduce metal usando subproductos en la industria de los metales como materia prima.

### Ejemplos

(Ejemplo de Referencia 1 a Ejemplo de Referencia 3 y Ejemplo Comparativo 1)

Usar el horno reductor del método de la chimenea giratoria descrito en la FIG. 1, se mezcló coque en polvo en mineral de hierro fino, polvo de horno de arco eléctrico y escoria de laminación de material en forma de partículas para producir gránulos verdes de 10 a 20 mm. Se redujeron en el horno giratorio. El horno giratorio tenía un diámetro central de la chimenea de 17 m y una anchura de chimenea de 4 m y tenía la capacidad para producir 15 toneladas/h de hierro reducido. La longitud de la zona 19 reductora de este horno giratorio fue 35 m, mientras la longitud de la zona 18 de calentamiento fue 18 m. Los resultados de la operación mediante esta instalación se muestran en la Tabla 1. Además, el gas de combustión se generó a una velocidad de 27.000 a 30.000 Nm<sup>3</sup>/h en los Ejemplos de Referencia 1 y 2 y en el ejemplo comparativo, mientras que fue 17.000 Nm<sup>3</sup>/h en el Ejemplo 3.

En el Ejemplo de Referencia 1, la temperatura de la zona reductora del horno giratorio se hizo 1.270°C y la relación molar de monóxido de carbono a dióxido de carbono se hizo 0,55. Se redujeron los gránulos verdes en la zona 19 reductora durante 8 minutos. Este gas de combustión fluyó a la zona 18 de calentamiento donde se enfrió gradualmente. Cuando se alcanzó el punto de 7 m para el conducto de salida del gas de salida, el gas de combustión tenía 1.030°C, la concentración de monóxido de carbono era 88 ppm en relación en volumen y la concentración de oxígeno era 1,1% en volumen. La temperatura del gas de combustión en el interior del conducto 2 de salida de los gases de combustión era 980°C, la concentración de monóxido de carbono era 69 ppm en relación en volumen y la concentración de oxígeno era 1,3% en volumen.

El caudal del gas de combustión en el interior del horno en una porción 5 m al conducto 2 de salida de los gases de salida fue 5,5 m/s y en el interior del conducto 2 de salida de los gases de salida de una longitud de 6 m fue 6,1 m/s. La anchura de la chimenea 12 en la zona de calentamiento en el interior del horno fue 4m, el producto de la anchura de la chimenea y el caudal de gas de combustión fue 22 m<sup>2</sup>/s y el número de Reynolds fue 100.000. El diámetro del conducto 2 de salida de los gases de salida fue 2,4 m, el producto del diámetro del conducto y el caudal del gas de combustión fue 14,6 m<sup>2</sup>/s y el número de Reynolds fue 70.000. Por lo tanto, el tiempo durante el cual se satisficieron las condiciones de la temperatura y los ingredientes del gas de combustión de la presente invención fue 0,9 segundos en el interior de la zona de calentamiento en el horno y fue 1,0 segundo en el interior del conducto 2 de salida de los gases de salida. El total fue 1,9 segundos.

Además, el gas de combustión se enfrió desde 980°C a 210°C durante 5,7 segundos en el intervalo desde la caldera 3 de calor desperdiciado al precalentador 5 de aire. A continuación, se limpió del polvo el gas de salida de la combustión mediante el colector 7 de tipo filtro de bolsa y se descargó a la atmósfera. La concentración de dioxinas

en el gas de salida de la combustión en ese momento fue 0,05 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>, es decir, una carga pequeña al medio ambiente.

5 El Ejemplo de Referencia 2 muestra los resultados de operación bajo condiciones incluso mejores. La temperatura del gas de combustión del conducto 2 de salida de los gases de salida fue 1.105°C, mientras que la concentración de monóxido de carbono fue 45 ppm en relación en volumen. El número de Reynolds del conducto 2 de salida de los gases de salida fue 72.000. El tiempo mientras el gas de combustión tenía 800°C o mayor fue 0,8 segundos o dentro de las condiciones de la presente invención. Además, el tiempo para enfriar desde 800°C a 300°C fue 4,7 segundos. Como resultado, la concentración de las dioxinas en el gas de combustión fue una extremadamente buena, 0,02 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>.

10 El Ejemplo de Referencia 3 muestra los resultados de operación bajo condiciones con un número de Reynolds más pequeño. En esta operación, las condiciones fueron las de una velocidad reductora reducida de los gránulos y bajo caudal del gas de combustión. En el horno, la concentración de monóxido de carbono del gas de combustión no fue mayor que 300 ppm en relación en volumen y el gas de combustión se trató como para proporcionar 130 ppm de concentración de monóxido de carbono en la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida. En esta  
15 operación, el número de Reynolds del conducto 2 de salida de los gases de salida fue 42.000. La temperatura de este gas de combustión fue 910°C y el tiempo para que estuviera por encima de 800°C fue 1,4 segundos o estaba dentro de las condiciones de la presente invención. Además, el tiempo para enfriar desde 800°C a 300°C fue 4,9 segundos. Como resultado, la concentración de dioxinas en el gas de combustión fue algo alta, pero una buena 0,101 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>. La velocidad de reducción de los gránulos en las operaciones de estos ejemplos fue un buen  
20 85% o así.

Por otra parte, en el ejemplo comparativo, aunque se redujeron los gránulos verdes de la misma materia prima que los ejemplos mediante el horno 1 giratorio anterior la concentración de dioxinas en el gas de combustión fue alta puesto que no se realizaron las condiciones de operación de la presente invención. En el ejemplo comparativo, la  
25 temperatura de la zona reductora y los ingredientes del gas de combustión fueron similares a los del Ejemplo de Referencia 1, pero la temperatura de la zona de calentamiento y los ingredientes del gas de combustión fueron diferentes. Entre las condiciones, sólo el número de Reynolds fue un alto 60.000. En la zona de calentamiento, sin embargo, la temperatura del gas de combustión fue 760°C como mínimo. Además, la atmósfera era deficiente en oxígeno, la concentración de oxígeno fue aproximadamente 0% en volumen y la concentración de monóxido de carbono fue 800 ppm en relación en volumen. La concentración de monóxido de carbono fue 500 ppm incluso en el  
30 interior del conducto 2 de salida de los gases de salida.

Como resultado, la concentración de dioxinas en el gas de combustión en la chimenea 9 fue un relativamente alto 0,52 ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>. Es decir, en el ejemplo comparativo, no era posible controlar de manera adecuada la temperatura y los ingredientes del gas de combustión así que no era posible reducir la generación de dioxinas.

Tabla 1

	Ejemplo de Referencia 1	Ejemplo de Referencia 2	Ejemplo de Referencia 3	Ej. Comp. 1
Zona reductora	1.270°C	1.300°C	1.280°C	1.270°C
Temperatura	0,55	0,41	0,45	0,55
Relación CO/CO <sub>2</sub> (relación molar)	980°C o mayor	1.150°C	910°C	780°C
Región del conducto de salida de los gases de salida	69 a 89 ppm	45 ppm	135 ppm	500 ppm
Temperatura	70.000 o mayor	72.000	42.000	60.000
Concentración CO (% vol)	1,9 s	0,8 s	1,5 s	-
Número de Reynolds	5,7 s o menor	4,7 s o menor	4,9 s	-
Tiempo de mantenimiento de la presión	85%	84%	87%	83%
Tiempo de enfriamiento posterior (800°C → 300°C)	0,05	0,02	0,101	0,52
Velocidad de reducción de los granulos				
concentración de dioxinas en gas de salida (ng-TEQ/Nm <sup>3</sup> )				

(Ejemplo de la Invención 4 a Ejemplo de la Invención 6 y Ejemplo Comparativo 2)

5 La FIG. 1 muestra una instalación de tratamiento de gases de salida de un horno reductor usando una chimenea giratoria usada en el Ejemplo de la Invención 4 a Ejemplo de la Invención 6 y Ejemplo Comparativo 2 del método de operación de la presente invención. Este horno reductor reduce los gránulos verdes de la materia prima a una velocidad de 18 toneladas por hora. Se genera un gas de salida a 1.100°C a una velocidad de 45.000 Nrn<sup>3</sup>/h. La Tabla 2 muestra las condiciones de operación y los resultados de los ejemplos y un ejemplo comparativo.

10 El Ejemplo de la Invención 4 es un ejemplo de una operación que usa mineral de hierro y convertidor de polvo como fuentes de hierro y coque fino como agente reductor. Esta materia prima tiene relativamente pocas impurezas. El indicador 2 del ingrediente de la materia prima fue 0,18, es decir, dentro del intervalo de la presente invención. Como resultado, el indicador 1 del ingrediente del polvo fue también 0,17 y la relación de las sales de halógeno alcalinas fue un bajo 20% en masa. Las condiciones de tratamiento de los gases de salida fueron que una temperatura de los gases de salida en la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida fue de un alto de 970°C y la temperatura de la entrada del intercambiador 5 de calor fue una baja de 480°C. Como resultado, no hubo deposición de polvo en el aparato de tratamiento de los gases de salida en absoluto.

20 A continuación, el Ejemplo de la Invención 5 es un ejemplo de operación que usa polvo de gas de alto horno con una cantidad relativamente grande de impurezas. Mientras la cantidad de impurezas fue grande, el indicador 2 de los ingredientes de la materia prima fue 0,16 o sustancialmente lo mismo que en el Ejemplo de la Invención 4. Como resultado, el indicador 1 de los ingredientes del polvo fue 0,13. Comparado con el Ejemplo de Referencia 1, como la materia prima contenía cal, las condiciones llegaron a ser unas en las que los halógenos permanecían fácilmente en el producto reducido. Comparado con el indicador 2, se cree que el indicador 1 llegó a ser más pequeño. La relación de las sales de halógeno alcalinas fue también un bajo 21% en masa. En esta operación también, las condiciones de tratamiento de los gases de salida fueron que una temperatura de los gases de salida a la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida fue de unos altos 1.000°C y una temperatura de los gases de salida en la entrada del intercambiador 5 de calor fue de una baja, 460°C. Como resultado no hubo deposición de polvo en el sistema de tratamiento de gases de salida en absoluto.

30 Un Ejemplo de la Invención 6 presenta ingredientes de la materia prima y polvo en el intervalo de la presente invención. Mientras esto sigue un método de la presente invención, esto es el resultado de operación bajo condiciones en que la temperatura de los gases de combustión del aparato de tratamiento de los gases de salida no es buena. Obsérvese que la materia prima usada fue la misma que en el Ejemplo de la Invención 5. El indicador 1 y el indicador 2 fueron los mismos que en el Ejemplo de la Invención 5. Sin embargo, la temperatura de los gases de salida a la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida fue una baja de 760°C, mientras la temperatura de los gases de salida a la entrada del intercambiador de calor fue una alta de 570°C. Como resultado, surge el problema de la ligera deposición del polvo en el aparato de tratamiento de los gases de salida. Cuando se inspeccionó después de la operación durante tres meses, se observó un depósito en la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida. Además, la entrada del intercambiador 5 de calor llegó a obstruirse gradualmente. Así se requería limpieza a los dos meses.

45 Los resultados de la operación en ajuste de la materia prima, temperatura de los gases de salida y control del polvo se muestran en el Ejemplo Comparativo 2. En el Ejemplo Comparativo 1, como se usaron grandes cantidades de cloro y otra materia prima, el indicador 2 de los ingredientes fue 0,48. Como resultado, el indicador 1 del polvo fue 0,51. Además, la relación de sales de halógeno alcalinas fue también un alto 30% en masa. Como resultado, mientras la condición de la temperatura del gas de salida era bueno, hubo un depósito de la entrada del conducto 2 de salida de los gases de salida que requirió limpieza después de un mes. Además, la entrada del intercambiador 5 de calor llegó a estar obstruida rápidamente y la operación ya no era posible después de 2 semanas. De esta manera, cuando se está fuera de las condiciones de la presente invención, una operación estable, a largo plazo, no podía continuar.

55 Por otra parte, usando la presente invención, fue posible continuar la operación estable durante un periodo prolongado e intercambiar calor bien. Por lo tanto, fue posible reducir óxidos metálicos a una eficiencia de energía alta y es posible reducir el coste de la producción de metales enormemente.

Tabla 2

	Ej. Invención 4	Ej. Invención 5	Ej. Invención 6	Ej. Comp. 2
Ingrediente	Mineral de hierro convertidor polvo coque fino	Poivo de gas de alto horno Convertidor polvo coque fino	Poivo de gas de alto horno Convertidor polvo coque fino	Lodo de decapado Convertidor polvo coque fino
<u>Materia prima</u>				
Cinc (% en masa)	0,44	1,11	1,11	0,88
Plomo (% en masa)	0,08	0,07	0,07	0,09
Sodio (% en masa)	0,11	0,09	0,09	0,19
Potasio (% en masa)	0,09	0,14	0,14	0,11
Cloro (% en masa)	0,11	0,19	0,19	0,47
Flúor (% en masa)	0,09	0,09	0,09	0,09
Indicador 2	0,18	0,16	0,16	0,48
<u>Poivo</u>				
Cinc (% en masa)	39	53	53	37
Plomo (% en masa)	3	4	4	4
Sodio (% en masa)	4	4	4	6
Potasio (% en masa)	5	5	5	4
Cloro (% en masa)	7	9	9	16
Flúor (% en masa)	4	3	3	4
Indicador 1	0,17	0,13	0,13	0,51
Sales de halógeno alcalinas (% en masa)	20	21	21	30
<u>Temperatura del gas de salida</u>				
Conducto introducción de gases de salida (°C)	970	1.000	760	1.000
Entrada intercambiador de calor (°C)	480	460	570	460
Obstrucción conducto de introducción de gases de salida	Ninguna	Ninguna	Algo de deposición	Deposición grande
Obstrucción de entrada de intercambiador de calor	Ninguna	Ninguna	Limpio después de 2 meses	Obstruido a las 2 semanas

5 Según la presente invención, en la operación de un horno reductor de chimenea giratoria u otro horno reductor de combustión, es posible eliminar la producción de dioxinas en el gas de salida de la combustión a 1/2 a 1/10 la del pasado. Además, es posible eliminar el bloqueo del camino del gas de salida en el aparato de tratamiento del gas de salida debido a deposición del polvo, para recuperar calor desperdiciado del gas de salida a alta temperatura eficazmente y aumentar la eficiencia del calor del horno reductor de combustión. Debido a esto, es posible reducir el polvo, lodo, escoria y otros subproductos producidos a partir de la industria del metal eficazmente, es posible para realizar la operación a una velocidad de operación alta y es posible reducir los costes de operación del metal reducido.

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método de operación de un horno giratorio reductor en el que un gas de salida de la combustión se enfría en un aparato de tratamiento de gases provisto de al menos un intercambiador de calor de tipo precalentamiento que precalienta aire por intercambio de calor y una materia prima obtenida por conformación de un polvo que contiene un óxido de metal y carbono se quema y se reduce en dicho horno reductor y que está caracterizado dicho método por que el número total de moles A de cinc y plomo, el número total de moles B de sodio y potasio y el número total de moles de C de cloro y flúor contenidos en el polvo del gas de combustión generado en el interior satisface la relación de  $(C - B)/A < 0,36$  y que la relación de  $(0,8C' - 0,7B')/A' < 0,36$  está entre el número total de moles de A' de cinc y plomo, el número total de moles B' de sodio y potasio y el número total de moles C' de cloro y flúor en la materia prima y que la temperatura del gas de salida en la entrada del conducto de salida de los gases de salida de dicho horno reductor es 800°C o mayor y la temperatura del gas de salida en la entrada del intercambiador de calor de precalentamiento del aire de dicho aparato de tratamiento de gases de salida es 550°C o menor.
- 10
- 15 2. Un método de operación de un horno reductor de chimenea giratoria como se explica en la reivindicación 1, caracterizado por que la relación del contenido de compuestos de sodio o potasio y cloro o flúor contenido en el polvo del gas de combustión generado en el interior no es mayor que 35% en masa.
3. Un método de operación de un horno reductor de chimenea giratoria como se explica en la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por enfriar la temperatura de dicho gas de salida desde 800°C o mayor a 550°C o menor dentro de 5 segundos.
- 20 4. Un método de operación de un horno reductor de chimenea giratoria como se explica en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el gas de combustión enfriado generado en el interior del horno se limpia de polvo mediante un filtro de bolsa de un aparato de tratamiento de los gases de salida.

Fig.1

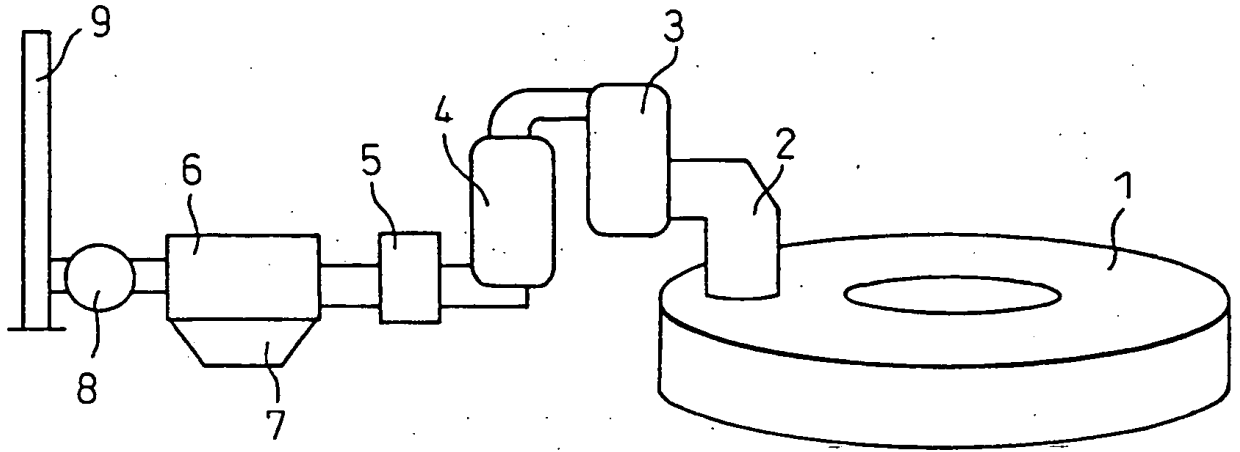


Fig.2

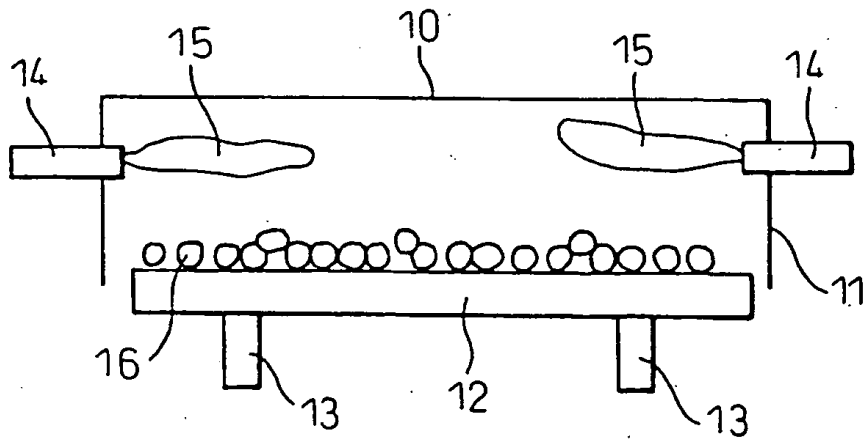




Fig.3

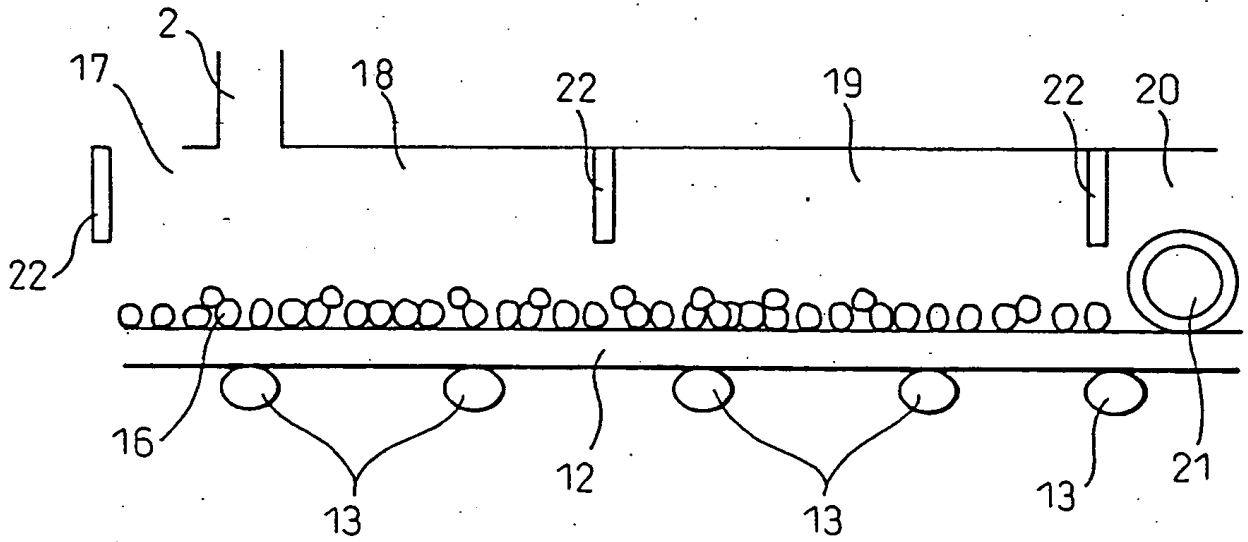


Fig.4

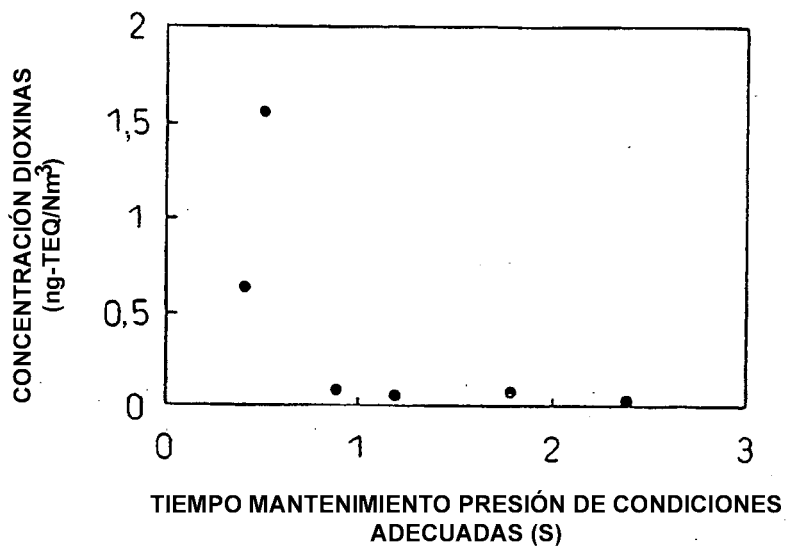


Fig.5

