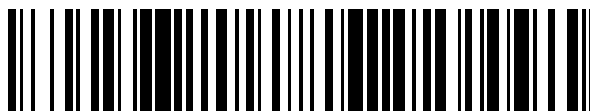


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 045**

51 Int. Cl.:

B01D 53/56

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2007 PCT/US2007/025834**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.07.2008 WO08082521**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2007 E 07853420 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2102458**

54 Título: **Control dinámico de sistema de reducción no catalítica selectiva para combustión de desechos sólidos urbanos basada en cargador alimentado de forma semi-continua**

30 Prioridad:

22.12.2006 US 876559 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

05.04.2017

73 Titular/es:

**COVANTA ENERGY, LLC (100.0%)
1209 Orange Street
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**WHITE, MARK y
DEDUCK, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 608 045 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

Control dinámico de sistema de reducción no catalítica selectiva para combustión de desechos sólidos urbanos basada en cargador alimentado de forma semi-continua

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un sistema de control mejorado para un sistema de reducción no catalítica selectiva (SNGR) que utiliza un reactivo tal como amoníaco o urea para reducir las emisiones de óxido de nitrógeno (NOx) de una caldera de conversión de residuos a energía. Específicamente, el sistema de control mejorado permite que el sistema de SNCR logre reducciones de NOx deseables mientras también minimiza mejor la aplicación en exceso no deseada del reactivo, reduciendo así las emisiones de amoníaco de la chimenea.

Antecedentes de la invención

La combustión de desechos sólidos en un combustor de desechos urbanos (MWC) genera cierta cantidad de óxidos de nitrógeno (NOx). NOx es el nombre genérico para un grupo de gases incoloros e inodoros pero altamente reactivos que contienen cantidades variadas de NO y NO₂. La cantidad de NOx generada por los MWCs varía algo según el diseño de la rejilla y del horno, pero típicamente varía entre 250 y 350 ppm (valor seco de O₂ al 7 % en el gas de combustión).

La química de formación de NOx está ligada directamente a las reacciones entre el nitrógeno y el oxígeno. Para entender la formación de NOx en un MWC, es útil un entendimiento básico del diseño del combustor y del funcionamiento. Los sistemas de aire de combustión en MWC típicamente incluyen tanto aire primario (también denominado de subenrejado) como aire secundario (también dominado de sobreenrejado o de caldeo por la parte superior). El aire primario se suministra a través de cámaras de aire situadas bajo la rejilla de encendido y se fuerza a través de la rejilla para secar secuencialmente (desprender agua), desvolatilizar (desprender hidrocarburos volátiles), y fundir (oxidar hidrocarburos no volátiles) el lecho de desechos. La cantidad de aire primario típicamente se ajusta para reducir al mínimo el aire en exceso durante la combustión inicial del desecho mientras se maximiza el fundido de materiales carbonosos en el lecho de desechos. El aire secundario se inyecta a través de puertos de aire ubicados por encima de la rejilla y se utiliza para proporcionar un mezclado turbulento y destrucción de hidrocarburos desarrollados a partir del lecho de desechos. Los niveles de aire en exceso totales para un MWC típico son de aproximadamente 60 al 100 % (160 - 200 % de requisitos de aire estequiométrico (es decir, teórico)), representando el aire primario típicamente el 50-70 % del aire total.

Además de la destrucción de compuestos orgánicos, uno de los objetivos de este enfoque de combustión es minimizar la formación de NOx. El NOx se forma durante la combustión a través de dos mecanismos primarios: el NOx de combustible de la oxidación de nitrógeno elemental ligando orgánicamente (N) presente en la corriente de desechos sólidos urbanos (MSW), y NOx térmico a partir de la oxidación a alta temperatura de N₂ atmosférico.

Más específicamente, el NOx de combustible se forma dentro de la zona de llama a través de la reacción de N ligando orgánicamente en materiales de MSW y O₂. Las variables clave que determinan la velocidad de formación de NOx de combustible son la disponibilidad de O₂ dentro de la zona de llama, la cantidad de N ligado a combustible y la estructura química del material que contiene N. Las reacciones de NOx de combustible pueden producirse a temperaturas relativamente bajas (<1.100 °C (<2.000 °F)). Dependiendo de la disponibilidad de O₂ en la llama, los compuestos que contienen N reaccionarán para formar N₂ o NOx. Cuando la disponibilidad de O₂ es baja, N₂ es el producto de reacción predominante. Si está disponible O₂ sustancial, una fracción aumentada de N ligado a combustible se convierte en NOx.

Por el contrario, el NOx térmico se forma en zonas de llama a altas temperaturas a través de reacciones entre radicales N₂ y O₂. Las variables clave que determinan la velocidad de la formación de NOx térmico son la temperatura, la disponibilidad de O₂ y N₂, y el tiempo de residencia. Debido a la alta energía de activación requerida, la formación de NOx térmico no se vuelve significativa hasta que las temperaturas de llama alcanzan 1.100 °C (2.000 °F).

Sin embargo, las emisiones de NOx generalmente son indeseables y son de importancia ambiental debido a su papel como un contaminante sujeto a los criterios, gas ácido y precursor de ozono. Las preocupaciones directas del NOx sobre la salud se centran en los efectos de los gases en el sistema respiratorio ya que NOx reacciona con la humedad, el amoníaco, y otros compuestos para formar ácido nítrico y partículas relacionadas que pueden dañar el tejido pulmonar. Estas y otras partículas producidas a partir de NOx penetran profundamente en las partes sensibles de los pulmones y pueden provocar o empeorar enfermedades respiratorias potencialmente mortales, tales como enfisema y bronquitis.

Además, las emisiones de NOx poseen otras preocupaciones ambientales. Por ejemplo, el ozono a nivel del suelo se forma cuando el NOx y los compuestos orgánicos volátiles (VOC) reaccionan con el calor y la luz solar. Los niños, las personas asmáticas y las personas que trabajan o hacen ejercicio en exteriores son susceptibles a los efectos

adversos del ozono, y estos efectos incluyen daño al tejido pulmonar y descenso de la función pulmonar. El ozono también daña la vegetación y reduce la producción de cosechas.

Además, la reacción de NOx y el óxido de azufre con otras sustancias en el aire forman ácidos, que caen a la tierra con la lluvia, la niebla, la nieve o partículas secas como lluvia ácida. La lluvia ácida daña o deteriora los automóviles, edificios y monumentos, así como también hace que los lagos y arroyos se vuelvan inadecuados para los peces.

Además, NOx son gases de efecto invernadero indirectos que afectan las cantidades atmosféricas de radicales hidroxilo (OH). Específicamente, la descomposición de gases de NOx da lugar a una abundancia aumentada de OH.

Como consecuencia, se han aprobado varias leyes y reglamentos para limitar las emisiones de NOx de MWCs y otras fuentes. Por ejemplo, la Agencia Ambiental de Estados Unidos está autorizada en 40 C.F.R. Parte 60 a controlar y limitar los NOx de MWCs. Existen reglas y reglamentos similares para limitar las emisiones de NOx de igual manera internacionalmente, tal como en Europa, Canadá y Japón. Debe apreciarse que una comprensión y entendimiento completos de las diversas reglas y leyes sobre las emisiones de NOx están fuera del alcance del análisis actual.

Las tecnologías de control de NOx pueden dividirse en dos subgrupos: controles de combustión y controles de post-combustión. Los controles de combustión limitan la formación de NOx durante el proceso de combustión reduciendo la disponibilidad de O₂ dentro de la llama y bajando las temperaturas de la zona de combustión. Estas tecnologías incluyen combustión en fase, bajo exceso de aire, y recirculación de gas de combustión (FGR). La combustión en fases y el bajo exceso de aire reducen el flujo de aire de subenrejado con el fin de reducir la disponibilidad de O₂ en la zona de combustión, que promueve la reducción química de algunos NOx formados durante la combustión primaria. En FGR, una porción del escape del combustor se devuelve al suministro de aire de combustión tanto para reducir el O₂ de la zona de combustión como para suprimir las temperaturas de llama reduciendo la relación de O₂ a inertes (N₂ y dióxido de carbono (CO₂)) en el sistema de aire de combustión.

Los controles de post-combustión se refieren a la eliminación de emisiones de NOx producidas durante el proceso de combustión en calderas de quemado de desechos sólidos, y los controles de NOx de post-combustión más comúnmente utilizados incluyen sistemas de reducción no catalítica selectiva (SNCR), que típicamente reducen el NOx significativamente, o sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR), que típicamente reducen el NOx incluso más eficazmente que los sistemas de SNCR. Como se describe con mayor detalle a continuación, los sistemas de SCR muchas veces pueden ser más costosos de construir, operar y mantener que los sistemas de SNCR y, como consecuencia, no son viables económicamente para su uso en plantas de conversión de materia orgánica sobrante en energía (WTE) en muchas partes del mundo.

La SCR es una tecnología de control complementario que promueve catalíticamente la reacción entre NH₃ y NOx. Los sistemas de SCR pueden usar un reactivo NH₃ acuoso o anhidro, siendo las diferencias primarias el tamaño del sistema de vaporización de NH₃ y los requisitos de seguridad. En el sistema de SCR, se mide una cantidad precisa de un reactivo en la corriente de escape. El reactivo se descompone en amoníaco y reacciona con NOx a través de un catalizador ubicado aguas abajo del punto de inyección. Esta reacción reduce el NOx a nitrógeno elemental y vapor de agua. Los sistemas de SCR típicamente operan a una temperatura de aproximadamente 260-370 °C (500 - 700 °F). En cuanto al impacto en la tarifa de la eliminación de desechos y la rentabilidad, el SCR generalmente tiene costes más altos resultantes de los elevados costes de capital, así como el coste del reemplazo y la eliminación del catalizador.

Por el contrario, la SNCR reduce el NOx a N₂ sin el uso de catalizadores. Igual al sistema de SCR, el sistema de SNCR inyecta uno o más agentes de reducción (o "reactivos") en el horno superior del MWC para reaccionar con NOx y formar N₂. Sin la ayuda de un catalizador, estas reacciones se producen a temperaturas de aproximadamente 870-980 °C (1600 - 1800 °F). Cuando el reactivo se introduce en bajas cantidades, prácticamente todo el reactivo se consume, y el aumento de la cantidad de reactivo en los sistemas de SNCR puede dar como resultado reducciones adicionales de NOx. Cuando se operan los sistemas de SNCR cerca del extremo superior de su escala de rendimiento, sin embargo, el reactivo en exceso puede ser agregado a la cámara del reactor, y el reactivo en exceso pasa a través del MWC y por último escapa en la atmósfera, un fenómeno no deseable conocido como desprendimiento de amoníaco.

Los sistemas de SNCR se conocen bien y se desvelan, por ejemplo, por Lyon en la patente US 3.900.554 y por Arand y col. en las patentes US 4.208.386 y 4.325.924. En resumen, estas patentes desvelan que el amoníaco (Lyon) y la urea (Arand y col.) pueden inyectarse en gases de combustión calientes dentro de ventanas de temperatura específicas para reaccionar selectivamente con NOx y reducirlo a nitrógeno diatómico y agua. Aunque se describe en el presente documento en relación con los sistemas de MWC, la SNCR también se utiliza para reducir las emisiones de NOx de otras instalaciones de combustión, tal como hornos de carbono y aceite y motores diesel.

Los controles de SNCR actuales típicamente utilizan un controlador de acción lenta para ajustar el flujo de amoníaco en base a las emisiones de NOx de la chimenea. En otras palabras, la cantidad de amoníaco que se introduce en un periodo actual generalmente depende de la cantidad promedio de NOx medido en las emisiones de MWC durante

uno o más periodos. Este enfoque funciona bien con procesos que tienen poca variación en las emisiones de NOx, tal como calderas de carbón o quemadas con aceite. Incluso cuando las emisiones de NOx varían significativamente en una base de minuto a minuto, este enfoque conocido funciona bien para cumplir los límites reguladores actuales, ya que los límites reguladores se basan en niveles de NOx promedio a largo plazo, tal como un promedio diario, y se fijan en niveles que son fácilmente alcanzables con enfoques de control actuales. Sin embargo, si se requieren límites de NOx más ajustados o periodos promediados más cortos, este enfoque conocido que usa niveles de emisiones de NOx medidos para controlar los niveles de reactivo, da como resultado una reducción de NOx potencialmente disminuida y un desprendimiento de amoníaco más alto.

En particular, simplemente la aceleración de la respuesta del flujo de amoníaco con respecto a la señal de NOx de la chimenea no es eficaz debido al retraso temporal entre la generación de NOx en el horno y la medición de NOx en el sistema de control de emisiones continuas (CEM) que controla las emisiones de la chimenea del MWC. Un sistema de control que simplemente utiliza un criterio de respuesta más rápido dirigirá el sistema de SNCR para responder a un aumento temporal en la emisión de NOx aumentando el flujo de amoníaco, incluso si los niveles de NOx altos medidos ya han dejado el área del horno con el sistema de SNCR. Cuando el reactivo adicional se aplica durante periodos posteriores de niveles más bajos de NOx, el aumento del flujo de amoníaco puede ser excesivo, provocando un aumento del desprendimiento de amoníaco. Asimismo, el sistema de SNCR responde a una disminución temporal en las emisiones de la chimenea de NOx disminuyendo el flujo del reactivo, y los niveles disminuidos del flujo del reactivo pueden ser inadecuados para dirigir óptimamente los niveles del horno de NOx relativamente superiores. En resumen, los niveles pasados de NOx son un buen indicador de los niveles de NOx actuales para procesos con poca variación, o cuando se controlan los límites fácilmente alcanzables durante periodos relativamente prolongados. Cuando se controlan los límites más estrictos en procesos con emisiones de NOx altamente variables, los niveles de NOx pasados ya no son una buena indicación de los niveles de NOx actuales.

De forma similar, los niveles de reactivos actuales pueden depender de otras mediciones. Por ejemplo, en otro control del sistema de SNCR conocido, el sistema de CEM mide el desprendimiento de amoníaco para determinar la cantidad de reactivos sin reaccionar contenidos en las emisiones de la chimenea. Los niveles detectados de desprendimiento de amoníaco actuales se usan después para modificar la cantidad de reactivos que se aplican en el sistema de SNCR. Sin embargo, los niveles de desprendimiento de amoníaco, en sí mismos, pueden tener poca relevancia para los niveles de NOx, ajustando así el nivel de reactivo para reducir al mínimo el desprendimiento de amoníaco que puede proporcionar un rendimiento de reducción de NOx relativamente deficiente. Además, los criterios del desprendimiento de amoníaco para controlar el sistema de SNCR tienen una deficiencia similar con respecto a los sistemas de control basados en NOx ya que los niveles medidos de desprendimiento de amoníaco actuales en la emisiones, por sí mismos, proporcionan una pauta limitada sobre el flujo del reactivo necesario para dirigir las condiciones del horno futuras actuales y los niveles de NOx resultantes en el horno.

El documento US 6.415.602 B1 se refiere a un vehículo con motor diésel con un sistema SCE que usa un reactivo reductor externo para convertir las emisiones de NOx de una manera que tiene en cuenta los efectos de las emisiones transitorias en el catalizador de reducción.

Sumario de la invención

En respuesta a estas y otras necesidades, las realizaciones de la presente invención proporcionan un método para controlar una cantidad de un agente reductor de NOx y un sistema para reducir las emisiones de NOx de los hornos, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

Un entendimiento más completo de la presente invención y ventajas de la misma pueden ser adquiridos haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto con los dibujos adjuntos, en los que los números de referencia similares indican características similares, y en los que:

la figura 1 (TÉCNICA ANTERIOR) es un diagrama de flujo que muestra un método conocido para controlar los niveles de reactivo en un sistema de reducción no catalítica selectiva (SNCR);

las figuras 2A-2C son diagramas que representan los problemas causados por el método conocido presentado en la figura 1 para controlar los niveles de reactivo del sistema SNCR;

las figuras 3-6 son diagramas de flujo que representan un método mejorado para controlar los niveles de reactivo en un sistema de SNCR de acuerdo con los modos de realización de la presente invención,

la figura 7 es un diagrama esquemático de alto nivel de un combustor de desechos urbanos que implementa un sistema de control de SNCR mejorado de la figura 8 de acuerdo con los modos de realización de la presente invención;

la figura 8 es un diagrama esquemático de alto nivel de un sistema de control de SNCR mejorado de acuerdo con los modos de realización de la presente invención;

la figura 9 es un gráfico que ilustra las relaciones entre la temperatura del horno, las emisiones de NOx y el desprendimiento de amoníaco con técnicas de control de NOx convencionales; y

la figura 10 es un gráfico que ilustra las relaciones entre la temperatura del horno, las emisiones de NOx, el flujo de reactivo, y el desprendimiento de amoníaco con métodos de control mejorados de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Como se representa en las figuras y como se describe en el presente documento, la presente invención proporciona un método y un sistema mejorados para controlar los sistemas de reducción no catalítica selectiva (SNCR) en combustores de desechos urbanos (MWC) para reducir tanto las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx) como el desprendimiento de amoníaco.

Volviendo ahora a la figura 1, se describe un método 100 conocido para controlar los sistemas de SNCR. En el método de control de SNCR 100 conocido, una instalación de MWC se opera en la etapa 110. Las emisiones de NOx de la chimenea de MWC durante uno o más períodos se miden después en la etapa 120. En la etapa 130, se usa un controlador proporcional-integral-derivativo (PID) para identificar el error entre el nivel de emisiones de NOx medido y un punto de referencia deseado. Como se conoce en la técnica, el cálculo del controlador PID implica tres parámetros separados: los valores proporcionales, los integrales y los derivados. La suma ponderada de estos parámetros se usa para ajustar el proceso a través de un elemento de control. Después, en la etapa 140, se calcula un nivel de reactivo correctivo (es decir, amoníaco) y se emite para ajustar asimismo el proceso. El proceso puede entonces repetirse, iniciado en la etapa 110, estando el MWC operado con el sistema de SNCR aplicando los niveles de reactivo en el nivel relacionado con los niveles de NOx medidos.

Las limitaciones del método conocido de control de SNCR 100 se resumen en la figura 2A, que contiene un diagrama 200 que representa los niveles de NOx de la chimenea 210, 220 durante dos períodos de tiempo, T1 y T2. Los dos niveles de NOx de la chimenea medidos 210, 220 pueden usarse para determinar un nivel de NOx promedio 230, y el NOx promedio 230 puede utilizarse para determinar un nivel de reactivo de SNCR correspondiente. Puede observarse que el nivel de NOx promedio 230 es menor al nivel de NOx de T1 210 y mayor al nivel de NOx de T2 220. En consecuencia, el nivel del reactivo diseñado para dirigir el NOx medido promedio 230 no es suficiente para el nivel de NOx 210 durante el período T1 y es excesivo para el nivel de NOx 220 durante el período T2. El área 240 entre el nivel de NOx de T1 210 y el nivel NOx promedio 230 representa las emisiones de NOx en exceso que podrían de otra manera reducirse por el sistema de SNCR a través de altos niveles de reactivos. De forma similar, el área 250 entre el nivel de NOx de T2 220 y el nivel de NOx promedio 230 indica que el reactivo en exceso se aplica por el sistema de SNCR, parte de lo cual puede emitirse como desprendimiento de amoníaco.

La aceleración de la respuesta del flujo del reactivo con respecto a la señal de NOx de la chimenea no es eficaz debido al retardo de tiempo entre la generación de NOx en el horno y la medición de NOx de la chimenea en el sistema de control de emisiones continuas (CEM) que controla las emisiones de la chimenea del MWC. Un sistema de control que simplemente utiliza un criterio de respuesta más rápido dirigirá el sistema de SNCR para responder a un aumento temporal en la emisión de NOx aumentando el flujo del reactivo, incluso aunque los niveles de NOx altos medidos ya se hayan dejado en el horno del MWC. Cuando se aplica el reactivo adicional durante períodos posteriores de niveles de NOx relativamente inferiores, el flujo aumentado causará el desprendimiento de amoníaco incrementado debido al reactivo sin reaccionar. Asimismo, el sistema de SNCR responde a una disminución temporal en la emisión de NOx disminuyendo el flujo del reactivo durante períodos posteriores, y los niveles disminuidos del flujo del reactivo pueden ser inadecuados para dirigir óptimamente niveles de NOx relativamente superiores durante períodos posteriores.

Volviendo ahora al diagrama 200' de la figura 2B, se describirán las implicaciones de basar los niveles de reactivo en niveles de NOx de la chimenea medidos acelerados. Por los motivos que se han descrito anteriormente, existe una demora importante entre la producción del horno y la medición de la chimenea de NOx. La figura 2B, representa una situación en el nivel de NOx de T1 210 se utiliza para definir los niveles del reactivo para T2. En este ejemplo, el nivel de reactivo relacionado con el nivel de NOx de T1 210 puede incluso ser más excesivo durante un período T2, como se indica por el área relativamente mayor 250'. El área 250' representa un reactivo incluso más en exceso aplicado por el sistema de SNCR que de igual manera se emitirá como un desprendimiento de amoníaco aumentado. Por lo tanto, basar los niveles del reactivo en una medición de NOx pico producirá de igual manera un desprendimiento de amoníaco aumentado. De igual manera, basar los niveles del reactivo aplicados en un bajo nivel de NOx medido (tal como el nivel NOx de T2 220) puede dar como resultado emisiones de NOx en exceso (área 240) que pueden de otra manera reducirse a través del sistema de SNCR.

Además de las limitaciones que se han indicado anteriormente, los niveles de NOx también pueden variar en gran medida dentro de cualquier período particular. Específicamente, las emisiones de NOx de un sistema de combustión

de MSW son muy dinámicas y se unen directamente a un ciclo de combustión con un sistema de alimentación de desechos no continuo. En consecuencia, el nivel de NOx varía significativamente de minuto a minuto a medida que se alimenta, se quema o se incendia el MWC. El método de control de SCNR 100 conocido divulgado en la figura 1 mantiene la velocidad de flujo de amoníaco relativamente constante, y no intenta perseguir estas elevaciones y disminuciones del NOx. La razón para este enfoque es el retardo entre el tiempo de generación de NOx máximo en el horno, y el tiempo que se muestra el analizador de chimenea, que comúnmente es de 1 a 3 minutos. Dado que un ciclo de combustión típico puede ser de dos a tres minutos, esto significa que la generación de NOx máxima puede producirse en aproximadamente el tiempo de NOx mínimo indicado y viceversa. Por lo tanto, el seguimiento de los picos de NOx con amoníaco puede dar como resultado simplemente velocidades de amoníaco superiores cuando los niveles de NOx son bajos y las velocidades de amoníaco inferiores cuando los niveles de NOx son altos, lo opuesto del resultado deseado de un sistema de control de SNCR. Las causas de las variaciones de temperatura en el MWC se describen con mayor detalle a continuación.

Volviendo ahora al diagrama 200" de la figura 2C, se describen las implicaciones del cambio rápido de los niveles de NOx. En particular, puede observarse que el nivel de NOx actual 260 varía continuamente durante los periodos T1 y T2. El nivel de NOx de T1 210 y el nivel de NOx de T2 220 representa entonces valores promedio durante los periodos T1 y T2. Por lo tanto, incluso si el reactivo puede aplicarse con precisión en el nivel de NOx de T1 210 y el nivel de NOx de T2 220, el nivel de reactivo puede ser insuficiente o excesivo en cualquier tiempo particular. Además, como se ha descrito anteriormente, los cambios medidos en los niveles de NOx de chimenea 260 se producen bien después de la producción de NOx en el horno. Por lo tanto, incluso con mediciones rápidas de niveles de NOx actuales 260, la aplicación de los reactivos no se producirá hasta después de la creación de NOx.

Para abordar esta y otra limitación, la presente invención proporciona un nuevo enfoque que utiliza un flujo del reactivo que responde rápidamente para aumentar el reactivo durante periodos de NOx elevados y reducirlo durante periodos de NOx bajos que dependen de una medición en tiempo real o casi en tiempo real en el horno como una alternativa para niveles de emisiones de NOx. Esta configuración ayuda a eliminar el retardo inherente en el dispositivo de medición de NOx. Como resultado, el flujo del reactivo incrementa durante la porción de temperatura elevada del ciclo de alimentación cuando la generación de NOx es superior, y se reduce durante los intervalos de generación de NOx inferiores, reduciendo así el desprendimiento de amoníaco.

Haciendo referencia ahora a la figura 3, un método de control de SNCR 300 comprende las etapas de medir la temperatura del horno en una ubicación especificada previamente en la etapa 310, y relacionar la temperatura del horno medida con el nivel de NOx del horno predicho en la etapa 320. Un nivel del reactivo que corresponde con el NOx del horno predicho se determina entonces y se aplica en la etapa 330. La medición de las temperaturas del horno en la etapa 310 puede realizarse utilizando una sonda de temperatura conocida como se describe a continuación.

Se sabe que los cambios de temperatura corresponden a cambios en la producción de NOx. Específicamente, un cambio en la temperatura indica un cambio en el ciclo del quemado de desechos. Por ejemplo, después de la introducción del nuevo desecho en un horno, la temperatura disminuirá inicialmente a medida que el nuevo desecho se calienta y se vaporiza su agua. Los niveles de NOx en el horno son bajos en este punto debido a que no mucho del combustible que porta el nitrógeno se quema. A medida que la porción volátil del desecho recientemente alimentado inicia la combustión y libera energía caliente, tanto la temperatura del horno como los niveles de NOx aumentan. A medida que la fracción volátil del desecho completa la combustión, la generación de NOx en el horno disminuirá y el horno comenzará a enfriarse.

La figura 9 ilustra las relaciones entre la temperatura del horno, las emisiones de NOx, y el desprendimiento de amoníaco con técnicas de control de NOx convencionales. Comenzando a aproximadamente 13:50 en el eje del tiempo, existe una reducción rápida en la temperatura del horno, acompañada por una reducción fuerte en las emisiones de NOx y un aumento en el desprendimiento de amoníaco en la chimenea. Este gráfico también muestra un acuerdo general entre la temperatura del horno y NOx, aumentando el nivel de NOx cuando la temperatura del horno aumenta y viceversa. También es evidente que la señal de emisiones de NOx se queda detrás de la señal de temperatura durante varios minutos. Esto se debe al retardo en el tiempo entre el tiempo en que se genera NOx en el horno, y se mide en el sistema de CEM.

El MWC puede tener varios diseños, operando así a diferentes temperaturas y produciendo diferentes niveles de NOx dependiendo, por ejemplo, de la capacidad de desechos, el proceso de combustión y el diseño de MWC. El MWC puede evaluarse para determinar los niveles de emisiones de NOx después de que cambie la temperatura del horno. Con estos datos, cualquier cambio en la temperatura medida en la etapa 310 puede relacionarse exactamente con cambios en los niveles de NOx en la etapa 320. Aunque el presente análisis puede enfocarse en la temperatura absoluta para predecir los niveles de NOx, el método de control de SNGR 300 puede de igual manera utilizar cambios relativos en la temperatura, con los cambios de temperatura utilizados para calcular cambios en las emisiones de NOx.

Una vez que los niveles de NOx se predicen en la etapa 320, la cantidad de niveles del reactivo necesarios para dirigir mejor los niveles de NOx en el horno predicho se calcula en la etapa 330. De nuevo, esta cantidad de reactivo

5 dependerá en gran medida del diseño del MWC y puede determinarse empíricamente a través de un ensayo y error a partir de aplicaciones previas del reactivo. Asimismo, el tiempo de aplicación del reactivo puede determinarse empíricamente a través de un análisis de combustión de desechos anterior para determinar un retardo esperado entre los cambios de temperatura cerca de la rejilla, y la llegada posterior de los niveles de NOx cambiados aguas abajo del sistema de SNCR.

10 Otras realizaciones de la presente invención desvelan métodos de control de SNCR que incorporan mediciones de temperaturas con otros datos recolectados para controlar mejor el sistema de SNCR. Por ejemplo, haciendo referencia ahora a la figura 4, un segundo método de control de SNCR 400 utiliza mediciones de temperatura y NOx para controlar la aplicación del reactivo por medio del sistema de SNCR. El método de control de SNCR 400 generalmente incluye las etapas de medir la temperatura en la etapa 410 y medir los niveles de NOx en la etapa 420, que corresponde a los pasos anteriormente descritos 120 y 310. A continuación, en la etapa 430, la temperatura y las mediciones de NOx se usan para predecir los niveles de NOx en el horno cerca del sistema de SNCR donde se aplica en reactivo. Por ejemplo, los niveles de NOx medidos pueden utilizarse para determinar los niveles de NOx anteriores en el sistema de SNCR (ya que existe un retardo importante en el tiempo entre los gases de combustión que pasan por el sistema de SNCR y los gases de combustión que alcanzan un sistema de CEM aguas abajo que mide los valores de NOx). Los niveles de NOx anteriores en el sistema de SNCR pueden utilizarse para formar una predicción inicial de niveles de NOx actuales en el sistema de SNCR en la etapa 430, usándose los cambios de temperatura para modificar los niveles de NOx anteriores. Por ejemplo, los niveles de NOx de probablemente aumentan si las temperaturas aumentan, los niveles de NOx probablemente disminuyen si las temperaturas disminuyen, y los niveles de NOx de igual manera permanecen estables si las temperaturas del horno son estables. La relación particular de la temperatura y niveles de NOx con respecto a los niveles de NOx actuales en el sistema de SNCR pueden determinarse empíricamente a través de ensayo y error. Después, en la etapa 440, una cantidad apropiada del reactivo puede aplicarse por medio del sistema de SNCR para dirigir los niveles de NOx predichos determinados en la etapa 430. De nuevo, los niveles del reactivo dependerán del diseño y funcionamiento del MWC y el SNCR, y la cantidad específica del reactivo, y la temporización de los cambios en la velocidad del reactivo, pueden determinarse probablemente a partir de datos recolectados históricos de operaciones pasadas del MWC.

30 Haciendo referencia ahora a la figura 5, en otro modo de realización de la presente invención, se proporciona un tercer método de control de SNCR 500. En este modo de realización, los datos del controlador de combustión se recopilan en la etapa 510. Los datos del controlador de combustión generalmente se refieren a la cantidad y tiempo en el que se introducen los desechos y el aire de combustión en el horno de MWC. Los datos del controlador de combustión pueden además proporcionar información, por ejemplo, sobre la naturaleza del desecho, tal como su contenido de humedad, composición general, y tamaño de partícula; o información adicional sobre el aire de combustión, tal como su distribución entre diversos puntos de inyección, su temperatura, o su contenido de oxígeno en un sistema que emplea gas de combustión recirculado o enriquecimiento de oxígeno. Estos datos del controlador de combustión de la etapa 510 pueden utilizarse en la etapa 530 para predecir los niveles de NOx en el horno después de la combustión del desecho. Adicionalmente, también puede usarse otra información sobre la condición actual del horno, tal como sus eficiencias de operación actuales, condiciones externas de clima, etc. Como anteriormente, la predicción de NOx en la etapa 530 generalmente depende de los datos históricamente recopilados de uno o más MWC, donde las condiciones de emisiones actuales se correlacionan con condiciones anteriores similares, y después las emisiones de NOx medidas durante estos periodos de condiciones similares pueden utilizarse para calcular los niveles de NOx en el horno. Una vez que se predicen los niveles de NOx, entonces el nivel de reactivo apropiado puede definirse en la etapa 540, típicamente basándose en los datos históricos. Los datos históricos pueden estar en forma de datos recientes, recopilados y analizados continuamente, de la unidad de MWC que se controla, proporcionando así un ajuste casi en tiempo real para la correlación entre las condiciones del horno y los niveles de NOx.

50 Debe apreciarse que similar al método de control de SNCR 400, las conclusiones de NOx de los datos de control de combustión en el método 500 pueden adaptarse de acuerdo con otros datos medidos, incluyendo los datos de las emisiones de NOx medidas recolectadas en el método de control de SNCR conocido 100 y los datos de temperatura recopilados en el primer método de control de SNCR 300. Por lo tanto, el controlador puede también recibir datos adicionales del horno en la etapa adicional 520, y la predicción de niveles de NOx en el sistema de SNCR en la etapa 530 puede incorporar datos adicionales. Los datos del controlador de combustión de la etapa 510 pueden combinarse con los datos de temperatura en la etapa 520 para modificar los niveles de NOx medidos corriente abajo para predecir el NOx actual en el horno. Por ejemplo, los datos del controlador de combustión de la etapa 510 pueden proporcionar información de cuando se añadieron los desechos urbanos al MWC, y las lecturas de temperatura correspondientes de la etapa 520 pueden proporcionar información útil sobre el efecto del desecho adicional en los niveles de NOx.

60 Los datos del controlador de combustión de la etapa 510 dirigirán el flujo del reactivo para aumentar cuando o justo después de que se introduzca un nuevo combustible a la zona de combustión pero antes de que se produzca un aumento en la temperatura. Esto eliminará cualquier retardo en la reacción y asegurar que el reactivo aumentado esté disponible tan pronto como sea necesario. Los mismos datos del controlador de combustión permitirán que el flujo del reactivo se reduzca cuando o poco después de la alimentación de las nuevas pausas del combustible, asegurando así que no está presente un reactivo excesivo cuando no sea necesario.

Haciendo referencia ahora a la figura 6, en otra realización, un cuarto método de control de SNCR 600, después de una operación anterior del horno y los sistemas de SNCR en la etapa 610 (por ejemplo, la operación de acuerdo con el método de control de SNCR 300 usando los datos de temperatura), puede además incluir recopilar datos en los niveles de desprendimiento de amoníaco del MWC en la etapa 620. El desprendimiento de amoníaco se mide típicamente en combustión aguas abajo del horno. Los niveles del desprendimiento de amoníaco de la etapa 620, aunque no son directamente relevantes con respecto a los niveles de NOx en el horno o en las emisiones de MWC, pueden utilizarse para determinar si los niveles en exceso del reactivo se proporcionan por el sistema de SNCR. Por ejemplo, los niveles de reactivo en exceso pueden aplicarse debido a las condiciones del horno que evitan la operación apropiada del reactivo de SNCR tal como un bloqueo que evita el mezclado apropiado y la distribución del reactivo. La disminución de los niveles del reactivo reducirá momentáneamente el desprendimiento de amoníaco no deseado. Por el contrario, las condiciones óptimas del horno pueden permitir niveles de reactivo más elevados sin desprendimiento de amoníaco en exceso. De esta forma, los datos del desprendimiento de amoníaco pueden utilizarse en la etapa 630 para modificar los niveles de reactivo, establecidos de otra manera como se ha descrito anteriormente en los métodos de control de SNCR, 100, 300, 400 y 500. De esta manera, la concentración del desprendimiento de amoníaco en tiempo real en el gas de combustión aguas abajo de la zona de combustión puede usarse para reducir inmediatamente el flujo del reactivo cuando se produce un desprendimiento de amoníaco en exceso, y proporcionar una habilitación para aumentar el flujo del reactivo cuando se producen valores aceptables de desprendimiento de amoníaco.

Haciendo referencia ahora a la figura 7, un horno de MWC 700 de acuerdo con las realizaciones de la presente invención incluye un sistema de SNCR 710. Como se ha descrito anteriormente, el sistema de SNCR 710 se conoce bien en el campo de control de emisiones para reducir las emisiones de NOx. El sistema de SNCR 710 generalmente depende de la adición de un reactivo tal como amoníaco o urea para reducir las emisiones de NOx. Específicamente, el sistema de SNCR 710 aplica el reactivo a una o más ubicaciones del horno que tiene una escala de temperatura específica necesaria para la reacción de NOx con el reactivo. Aunque el SNCR se representa teniendo una válvula de entrada individual en el interior del horno 700, debe apreciarse que las entradas del sistema de SNCR típicamente se sitúan alrededor de la periferia del horno 700, a lo largo de tres superficies exteriores, siendo la cuarta superficie una pared compartida en común con el sistema de combustión. Las elevaciones múltiples pueden utilizarse para acomodar variaciones en la temperatura de gas dentro del horno. Las entradas de SNCR se configuran para distribuir el reactivo uniformemente en los gases de combustión para homogeneizar mejor el NOx en los contenidos del reactivo. Las ubicaciones de entrada de SNCR pueden colocarse en una región de alta turbulencia para mezclar además el reactivo con los gases de combustión, que incitan las reacciones reductoras de NOx.

El sistema de SNCR generalmente incluye un controlador de SNCR 715 para dirigir el tiempo, cantidad y ubicación del reactivo aplicado al horno 700. El controlador de SNCR 715 incluye generalmente una lógica programable diseñada para ajustar el flujo del reactivo en respuesta a varias entradas de datos, como se ha descrito anteriormente en los métodos de control de SNCR 100, 300, 400, 500 y 600. El controlador de SNCR 715 se conecta a varios componentes, según se desee, para recibir las señales de datos. El controlador de SNCR 715 se describe con mayor detalle a continuación en la figura 8.

Continuando con la figura 7, el MWC incluye típicamente un sistema de CEM 720. Aunque el sistema de CEM 720 se representa colocado en el horno 700 cerca del sistema de SNCR, debe apreciarse que el sistema de CEM 720 generalmente se coloca aguas abajo en la combustión, siguiendo varios tratamientos de emisiones. Debido a la distancia entre la rejilla 750 y CEM, así como el tiempo de respuesta de los analizadores de gas típicos, puede haber un retardo de tiempo importante entre las emisiones de NOx aumentadas a partir de la combustión del desecho 701, y la detección de este aumento por el CEM 720.

Las agencias gubernamentales, tal como la agencia de protección ambiental (EPA) pueden requerir MWC, junto con otras plantas generadoras de energía e instalaciones industriales para notificar las emisiones de contaminantes. Convencionalmente, el sistema de CEM 720 se usa para analizar y corregir datos recibidos desde una sonda ubicada en o adyacente a una chimenea o conductos para determinar los contenidos de gas que son emitidos desde el MWC. El sistema de CEM 720 utiliza comúnmente una sonda que se inserta en la chimenea o conductos para obtener emisiones muestra del gas de combustión. El gas muestreado que contiene contaminantes y/u otros subproductos de combustión típicamente se denomina como gas de combustión, una gas de chimenea de muestra o gas de emisión y también puede considerarse material emitido. La sonda puede ubicarse en cualquier lugar en la canalización, el equipo de contaminación de aire o chimenea, donde puede obtenerse el volumen representativo de gas de combustión. El gas de muestra se suministra a un analizador a través de la línea de gas de muestra, y el analizador determina la concentración de contaminantes emitidos en el gas de muestra.

En funcionamiento, los operadores pueden usar el sistema de CEM 720 para controlar el estado del horno 700. El CEM puede proporcionar información en cantidades medidas de contaminantes, por ejemplo, niveles de NOx y reactivos sin reaccionar contenidos en las emisiones de MWC (es decir, desprendimiento de amoníaco). Esta y otra información a partir de CEM puede proporcionarse al controlador de SNCR 715, que utiliza estos datos para modificar el flujo del reactivo según sea necesario.

El horno 700 además comprende una sonda de temperatura 730 situada en una ubicación deseada dentro del horno 700. La ubicación particular de la sonda de temperatura 730 en el horno puede depender de las características de rendimiento y las necesidades de la sonda de temperatura. La colocación de la sonda de temperatura 730 puede

5 afectar al tiempo de la aplicación del reactivo del sistema de SNCR 710. Específicamente, los gases en el horno requieren una cierta cantidad de tiempo de recorrido entre la rejilla 715 y la sonda de temperatura 730, y el gas de combustión puede tardar un cierto tiempo adicional en alcanzar el sistema de SNCR. Por lo tanto, puede ser ventajoso colocar la sonda de temperatura 730 antes del sistema de SNCR 710.

10 La figura 10 ilustra las relaciones entre la temperatura del horno, las emisiones de NO_x, flujo del reactivo, y el desprendimiento de amoníaco en la chimenea mientras opera con el método de control mejorado como se describe por esta invención. Comenzando a aproximadamente 20:50 en el eje de tiempo, hay un aumento en la temperatura del horno. De acuerdo con esta invención, el flujo del reactivo aumenta, alcanzando un valor casi el 50 % mayor a su valor inicial, que mantiene las emisiones de NO_x bajas y no aumenta el escape en la chimenea. Comenzando a

15 aproximadamente 21:00, existe una reducción en la temperatura del horno. El sistema de control reduce automáticamente la velocidad de alimentación del reactivo. Justo después de 21:10, la temperatura alcanza un mínimo, después aumenta rápidamente. El flujo del reactivo también aumenta rápidamente para controlar el NO_x. En el punto de temperatura mínima, el flujo del reactivo es de aproximadamente el 50 % de su flujo inicial y únicamente se mide un aumento trivial en el desprendimiento de amoníaco.

20 De esta forma, el flujo del reactivo del sistema de SNCR 710 puede ajustarse dinámicamente basándose en el proceso de combustión. De manera presumible, la mejor señal disponible proviene de un sensor de temperatura de respuesta rápida 730, tal como un IR o pirómetro óptico. Esta señal está relacionada directamente con la intensidad de la combustión, y por lo tanto, la velocidad de generación de NO_x, y puede utilizarse mediante el controlador de

25 SNCR 715 para ajustar dinámicamente el flujo del reactivo para seguir mejor el proceso de combustión.

Continuando con la figura 7, un controlador de combustión 740 controla y/o monitoriza la cantidad de desecho 701 introducido en el horno 700. Por ejemplo, el controlador de combustión 740 puede usarse para dirigir un horno basado en cargador alimentado de forma semicontinua. La unión del sistema de control de combustión en el sistema

30 de SNCR, proporcionando así una señal de alimentación directa al controlador de SNCR 715, puede además mejorar el proceso de reducción de NO_x. Esta entrada a partir del controlador de combustión 740 puede permitir al controlador de SNCR 715 ajustar el flujo del reactivo por adelantado de los niveles de NO_x cambiados. En otras palabras, el controlador de SNCR puede adaptar los niveles del reactivo de acuerdo con el controlador de combustión 740. Por ejemplo, el controlador de combustión 740 puede proporcionar información al controlador de

35 SNCR 715 sobre la cantidad y tiempo de desecho 701 introducidos en el horno 700 en la rejilla 750, o cambios en los flujos de aire de combustión. Utilizando esta información, el controlador de SNCR 715 puede predecir cualquier cambio en los niveles de NO_x. El tiempo de desplazamiento de NO_x entre el área de alta temperatura del producto de NO_x cerca de la rejilla 750, y el área más fría cerca del sistema de SNCR 710 también se conoce, y esta información puede utilizarse mediante el controlador de SNCR 715 para aplicar una cantidad apropiada del reactivo

40 en un tiempo apropiado.

En un modo de realización preferido de la presente invención representado en la figura 8, la configuración de control incluye dos controladores 810 y 820. El primer controlador 810 es de acción lenta, básicamente de forma similar al controlador de corriente utilizado en los sistemas conocidos de SNCR. El primer controlador 810 se basa en los

45 niveles de NO_x medidos en la emisión de MWC y un punto de referencia de NO_x deseado 811. El primer controlador 810 típicamente es un controlador PI de acción lenta que ajusta un punto de referencia de flujo de amoníaco o una posición de válvula en respuesta a los datos de nivel de NO_x adquiridos desde el analizador de NO_x 812, tal como el sistema de CEM 720

50 El segundo controlador 820 típicamente es un controlador de PD (proporcional-derivativo) de acción rápida que reacciona a la diferencia entre la temperatura actual 821 y alguna temperatura de referencia 822. El controlador PD puede, por ejemplo, ser un controlador PID convencional configurado para responder principalmente o exclusivamente a las mediciones de proporción y derivados. Opcionalmente, la entrada al segundo controlador 820 puede ser una temperatura de referencia en forma de una temperatura promedio de laminación 822 durante un

55 periodo de suficiente duración (es decir, 10 a 60 minutos) para suavizar las fluctuaciones de combustión. El segundo controlador dinámico 820 puede generar una señal de emisión que representa un cambio para el flujo del reactivo o posición de válvula con una escala dependiente de la emisión actual del controlador principal 810. Por ejemplo, puede variar de -50 % de la emisión actual a +50 %. Las señales de los dos controladores 810 y 820 pueden añadirse entonces juntas por medio de un sumador 830 para generar el punto de referencia de flujo del reactivo real

60 o posición de la válvula 840.

Continuando con la figura 8, otro modo de realización de la presente invención incluye dos señales opcionales adicionales que pueden añadirse individualmente o juntas para aumentar al máximo el control de NO_x mientras reduce al mínimo el desprendimiento. Las dos señales son señales de alimentación continua 823 desde el

65 controlador de combustión y una señal de retroalimentación 824 desde un analizador de amoníaco aguas abajo de la zona de combustión. La señal del controlador de combustión 823 puede hacer que el flujo del reactivo aumente

cuando, o poco antes, de que el nuevo combustible o aire adicional se introduzca en la zona de combustión pero antes de un aumento en la temperatura. Esta configuración de control elimina de esta manera cualquier retardo en la reacción y asegura que los niveles de reactivo aumentados estén disponibles tan pronto como sea necesario. De forma similar, la señal del controlador de combustión 823 permite que el flujo del reactivo se reduzca cuando, o poco antes, de la alimentación de las nuevas pausas de combustible (es decir, desechos) o el aire de combustión se reduzca, asegurando así que amoniaco en exceso no esté presente cuando sea necesario.

La concentración de amoniaco en tiempo real 824 en el gas de combustión aguas abajo de la zona de combustión puede utilizarse para reducir inmediatamente el flujo del reactivo cuando se produce un desprendimiento de amoniaco excesivo, y proporciona una señal de permiso para aumentar el flujo del reactivo en respuesta a una medición de los valores aceptables del desprendimiento de amoniaco.

En resumen, puede observarse que los modos de realización de la presente invención proporcionan un sistema de control de SCNR y un método que reduce significativamente las emisiones de NOx y el desprendimiento de amoniaco con un coste mínimo, permitiendo límites permisibles inferiores y una venta posible de créditos de NOx.

REIVINDICACIONES

1. Un método de SNCR (300; 400; 500; 600) para controlar una cantidad de un reactivo reductor de NOx en combustores de residuos urbanos, comprendiendo el método (300; 400; 500; 600) las etapas de:
5 proporcionar un horno (700) que tiene una rejilla (750) para los residuos (710);
medir en tiempo real (310; 410) los cambios de temperatura del horno;
10 usar (320; 420) los cambios de temperatura del horno medidos para predecir cambios en los niveles de NOx del horno en tiempo real; y
usar (330; 430) los cambios predichos en los niveles de NOx del horno para ajustar dinámicamente la cantidad del reactivo reductor de NOx.
15 2. El método (400) de la reivindicación 1 para controlar una cantidad de un agente reductor de NOx, en el que el método (400) comprende adicionalmente la etapa de medir (420) las emisiones de NOx del horno, en el que la emisión de NOx del horno medida forma un nivel inicial para la etapa de usar (430) los cambios de temperatura del horno medidos para predecir cambios en los niveles de NOx del horno.
20 3. El método (500) de la reivindicación 1 para controlar una cantidad de reactivo reductor de NOx, en el que el método (500) comprende adicionalmente las etapas de: recopilar (510) datos de control de combustión; y utilizar (530) los datos de control de combustión recopilados para modificar los cambios predichos en los niveles de NOx, y en el que la etapa de usar los cambios predichos en los niveles de NOx del horno para definir la cantidad de reactivo reductor de NOx comprende utilizar (540) los cambios predichos modificados en niveles de NOx del horno.
25 4. El método (600) de la reivindicación 1 para controlar una cantidad de reactivo reductor de NOx, en el que el método (600) comprende adicionalmente las etapas de: aplicar (610) la cantidad definida del reactivo reductor de NOx del horno; medir (620) los niveles de desprendimiento de amoníaco en emisiones del horno; y modificar (630) la cantidad de reactivo reductor de NOx en respuesta a los niveles de desprendimiento de amoníaco medidos en las emisiones del horno.
30 5. Un sistema de SNCR para reducir emisiones de NOx de hornos en combustores de residuos urbanos, comprendiendo el sistema:
35 un horno (700) que tiene una rejilla (750) para los residuos (701);
un sensor de temperatura (730) que produce datos de temperatura del horno en tiempo real;
40 medios (710) para aplicar una cantidad de un reactivo para reducir las emisiones de NOx del horno, estando dichos medios de aplicación (710) situados aguas debajo de dicho sensor de temperatura (730); y
un controlador de cantidad de reactivo (715) conectado a los medios de aplicación de reactivo (710), caracterizado por que el controlador de cantidad de reactivo (715) está adaptado para realizar el método de la reivindicación 1.
45 6. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 5, en el que el sistema comprende adicionalmente un sistema de control de emisiones continuas (CEM) (720) situado aguas abajo del medio aplicador de reactivo (710), proporcionando dicho sistema de CEM (720) datos de emisiones a dicho controlador de cantidad de reactivo (715), ajustando dicho controlador de reactivo (715) la cantidad de reactivo en respuesta a los datos de emisiones recibidas.
50 7. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 6, en el que dichos datos de emisiones comprenden niveles de desprendimiento de amoníaco.
55 8. El sistema para reducir las emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 6, en el que dichos datos de emisiones comprenden niveles de NOx de hornos.
9. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 5, en el que el sistema comprende adicionalmente un controlador de combustión (740) conectado para proporcionar datos de combustión a dicho controlador de cantidad de reactivo (715), dichos datos de combustión relacionados con condiciones aguas arriba de dichos medios aplicadores de reactivo (710), y dicho controlador de reactivo (715) que ajusta la cantidad de reactivo en respuesta a la recepción de dichos datos de combustión.
60 10. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 5, en el que el controlador de cantidad de reactivo (715) comprende un primer controlador (810) adaptado para recibir dichos datos de temperatura.
65

11. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 10, en el que dicho primer controlador (810) es un controlador proporcional-integral-derivativo configurado para responder al menos principalmente a las mediciones proporcionales y derivadas.
- 5 12. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 10, en el que el sistema comprende adicionalmente un sistema de control de emisiones continuas (CEM) (720) situado aguas abajo del medio aplicador de reactivo (710), proporcionando dicho sistema de CEM (720) datos de emisiones a dicho controlador de cantidad de reactivo (715), ajustando controlador de reactivo (715) la cantidad de reactivo en respuesta a dichos datos de emisiones recibidas, y en el que el primer controlador (810) se adapta para recibir dichos datos de emisiones.
- 10 13. El sistema para reducir emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 12, en el que dichos datos de emisiones comprenden niveles de desprendimiento de amoníaco.
- 15 14. El sistema para reducir las emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 12, en el que el controlador de cantidad de reactivo (715) comprende un segundo controlador (820) adaptado para recibir dichos datos de emisiones.
- 20 15. El sistema para reducir las emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 14, en el que dichos datos de emisiones comprenden niveles de NOx del horno.
- 25 16. El sistema para reducir las emisiones de NOx de hornos de la reivindicación 10, en el que el sistema comprende adicionalmente un controlador de combustión (740) conectado para proporcionar datos de combustión a dicho controlador de cantidad de reactivo (715), dichos datos de combustión relacionados con condiciones aguas arriba del medio aplicador de reactivo (710), y dicho controlador de reactivo (715) que ajusta la cantidad del reactivo en respuesta a la recepción de dichos datos de combustión, y en el que el primer controlador (810) se adapta para recibir dichos datos de combustión.

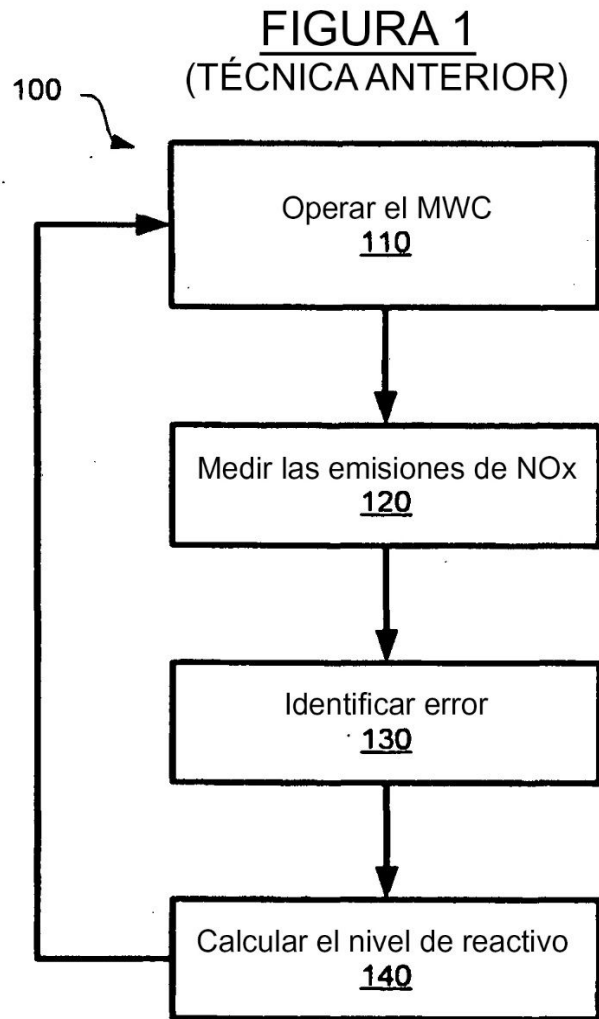


FIGURA 2A

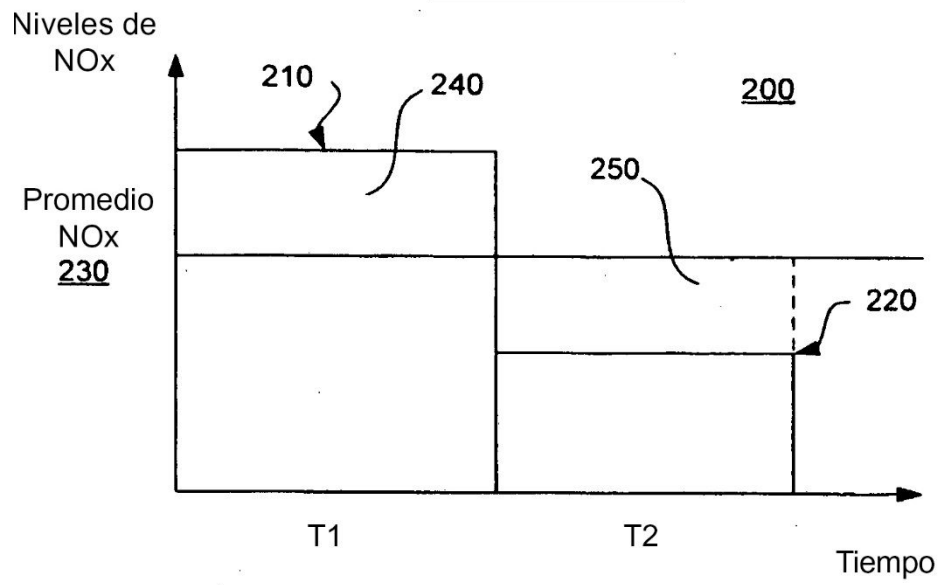


FIGURA 2B

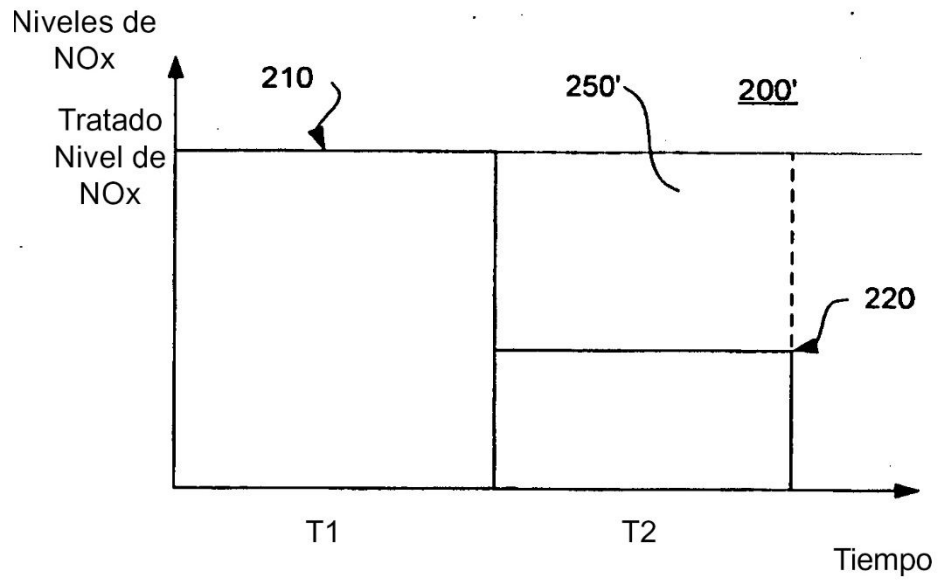


FIGURA 2C

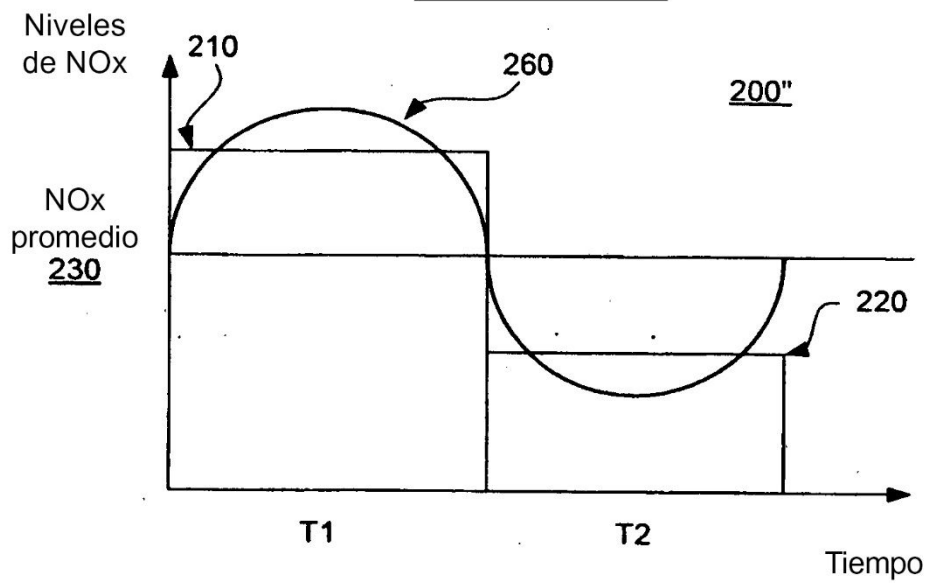


FIGURA 3

300

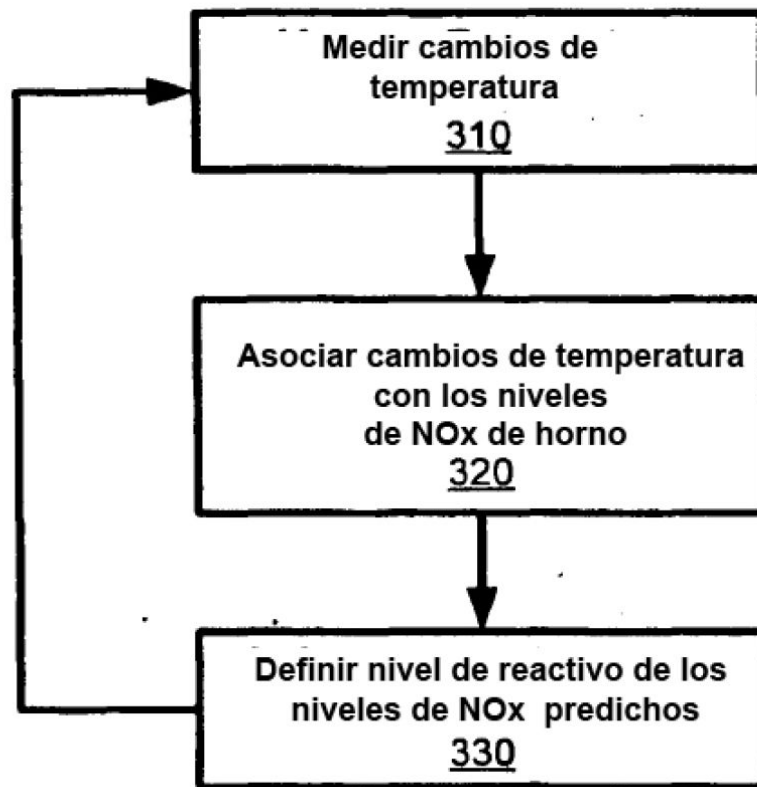


FIGURA 4

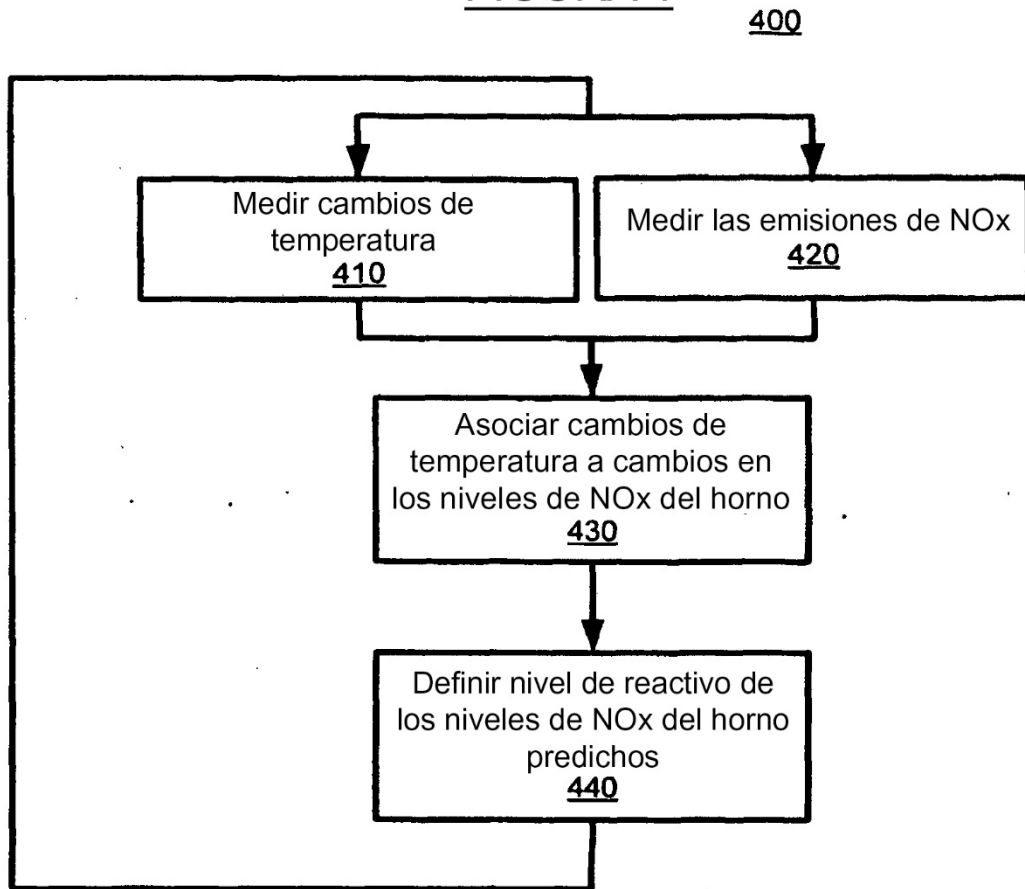


FIGURA 5

500

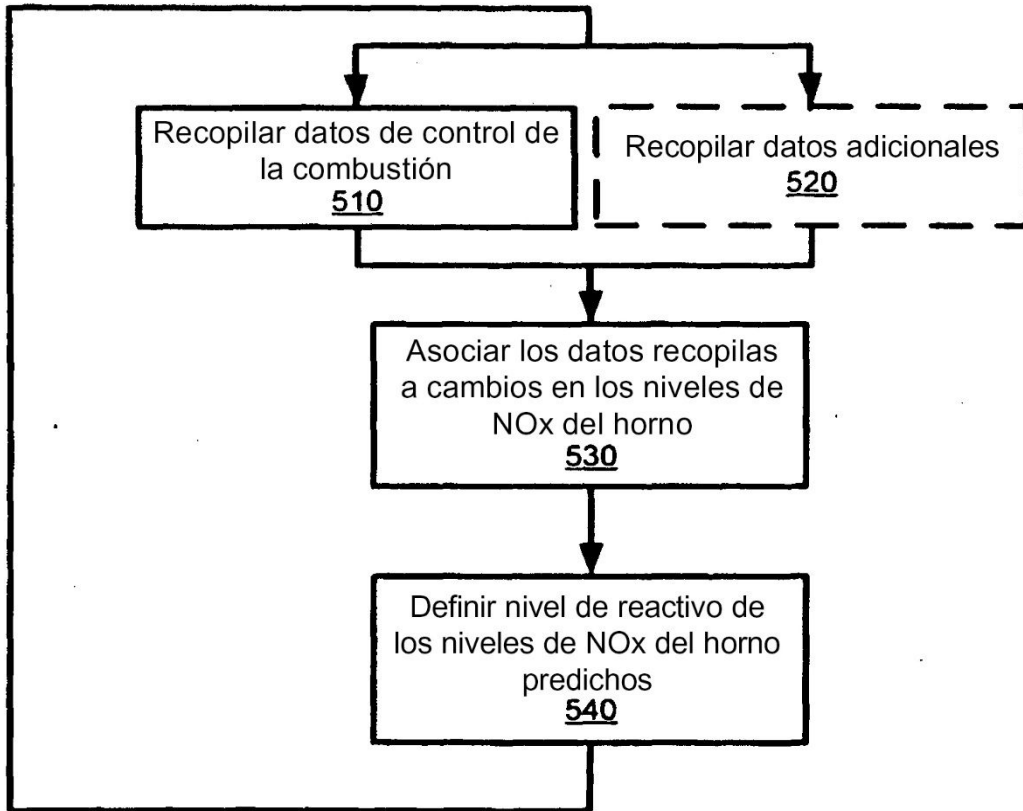


FIGURA 6

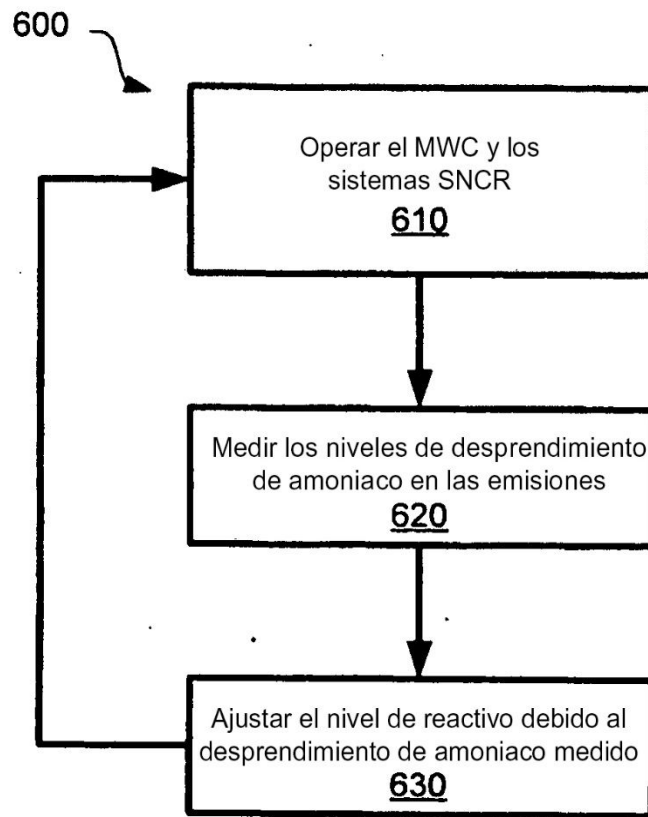


FIGURA 7

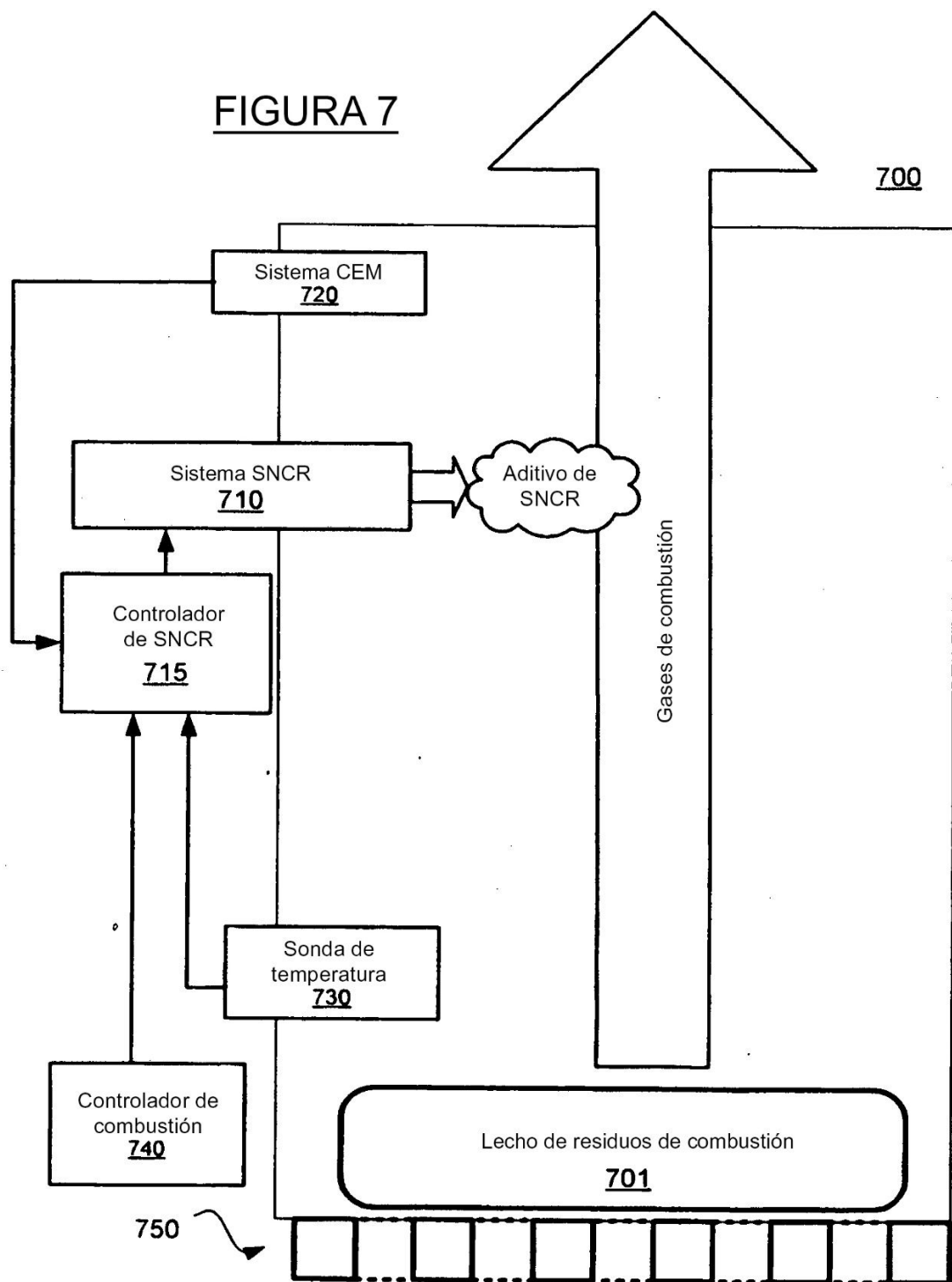


FIGURA 8

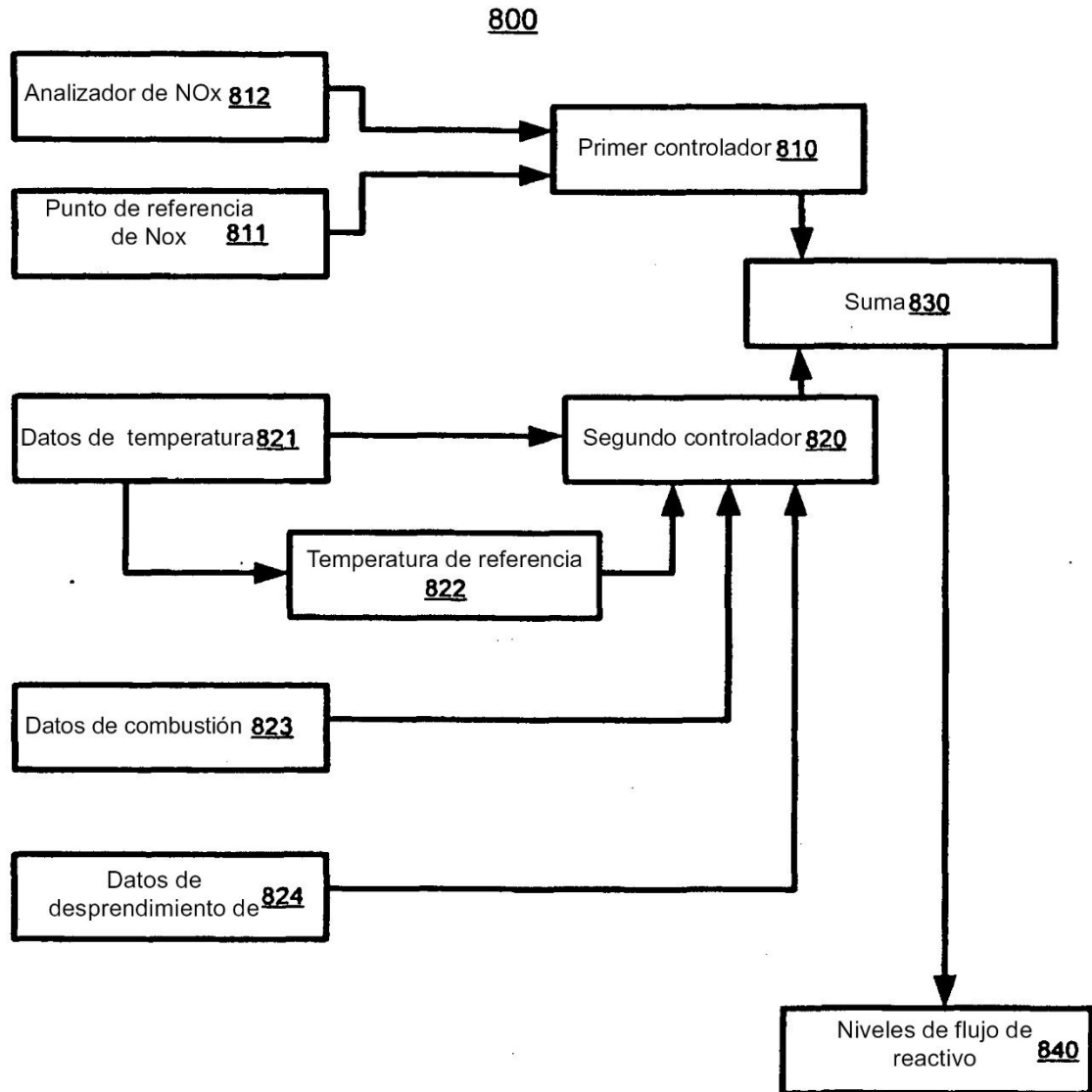


FIGURA 9

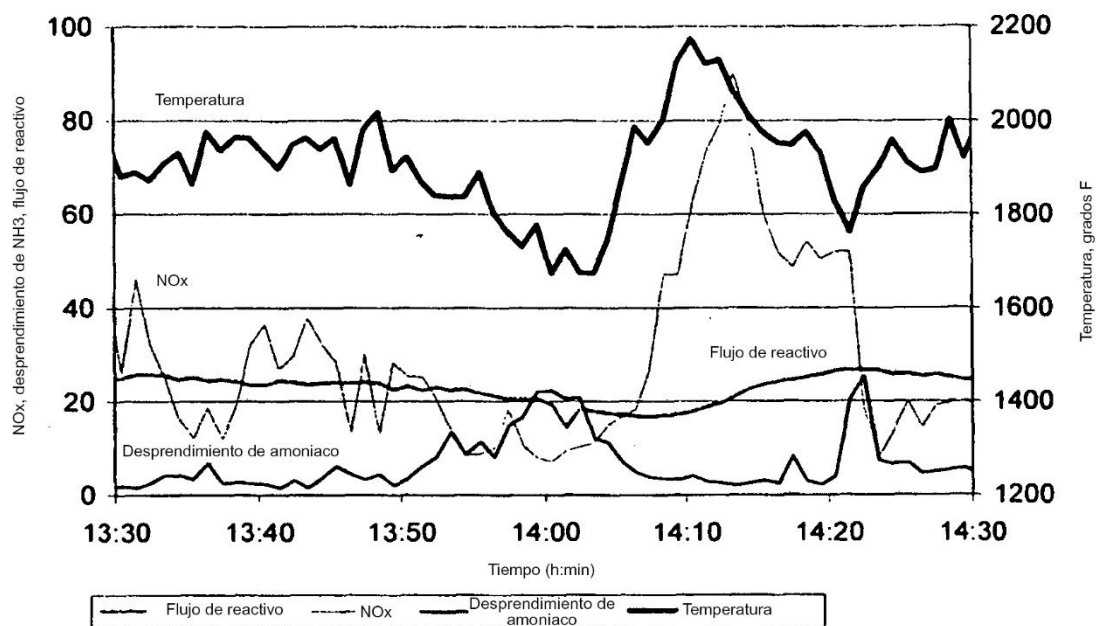


FIGURA 10

