



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 291 823**

(51) Int. Cl.:

B05B 12/08 (2006.01)

B05B 15/02 (2006.01)

B05B 7/24 (2006.01)

F23J 15/06 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04253483 .4**

(86) Fecha de presentación : **10.06.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1491261**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **29.12.2004**

(54)

Título: **Procedimiento y aparato para supervisar la integridad de sistemas en aplicaciones de acondicionamiento de gas.**

(30)

Prioridad: **25.06.2003 US 603836**

(73)

Titular/es: **SPRAYING SYSTEMS Co.**
North Avenue at Schmale Road, P.O. Box 7900
Wheaton, Illinois 60189-7900, US

(45)

Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.03.2008

(72)

Inventor/es: **Wulteputte, Lieven**

(45)

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.03.2008

(74)

Agente: **Carpintero López, Francisco**

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

Procedimiento y aparato para supervisar la integridad de sistemas en aplicaciones de acondicionamiento de gas.

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere en general a sistemas de control de pulverización, y más particularmente, a sistemas de control usados para controlar las condiciones y características de pulverización en aplicaciones industriales de acondicionamiento de gas.

10 Antecedentes de la invención

Las plantas de producción industrial normalmente incluyen un sistema de filtración, por ejemplo, un precipitador de polvos y otros componentes, que funcionan para generar gases calientes o de combustión. Dichos gases de combustión normalmente deben refrigerarse para el funcionamiento apropiado de la planta de producción. En estas aplicaciones, los gases de combustión a menudo se hacen pasar a través de diversas partes de la planta de producción proporcionando un efecto de refrigeración. En otros casos, sin embargo, deben utilizarse sistemas de refrigeración y acondicionamiento adicionales para producir la temperatura apropiada. El gas de combustión en ocasiones se refrigera inyectando una corriente de líquido atomizado en la corriente de gas, tal como pulverizando agua con gotas muy finas en la corriente de gas. Esto funciona para reducir la temperatura de la corriente de gas.

Se conocen también en la técnica diversos requisitos de refrigeración para una planta de producción del tipo general descrito anteriormente. Por ejemplo, la temperatura de salida típicamente se mantiene a un nivel de temperatura particular o punto preestablecido de temperatura para permitir el funcionamiento apropiado de la planta. En tanto que los gases de combustión típicamente elevan la temperatura de salida por encima del valor preestablecido, el sistema de pulverización debe reducir la temperatura de salida a niveles deseables. Además, la pulverización líquida aplicada a los gases de combustión debe evaporarse completamente en una distancia dada de desplazamiento de los gases de combustión (distancia de residencia). Es decir, todo o sustancialmente todo el líquido debe evaporarse en una distancia dada desde la localización de la boquilla o boquillas de pulverización para evitar el humedecimiento y desgaste excesivo de los diversos componentes de la planta.

Para proporcionar una pulverización líquida, dichos sistemas emplean en ocasiones una o más boquillas bi-fluido. Las boquillas usan aire comprimido como soporte energético para atomizar un líquido, tal como agua, en gotas finas. En la mayoría de sistemas actuales, la presión de aire usada para las boquillas de pulverización de este tipo se mantiene constante durante el intervalo de refrigeración operativo. La cantidad de presión de aire constante requerida normalmente se calcula basándose en el tamaño de gota máximo permitido para obtener la evaporación total, un parámetro conocido por los especialistas en la técnica como Dmax (es decir, el tamaño de gota máximo), en una distancia dada en las peores condiciones de refrigeración (normalmente a la temperatura de entrada de gas máxima y caudal de entrada de gas máximo).

Por supuesto, se requiere menos pulverización líquida para refrigerar el gas a la temperatura deseada cuando el caudal de entrada de gas o la temperatura de entrada disminuyen. El mantenimiento de una presión de aire constante en estas circunstancias provoca que aumente el caudal de aire. Esto da como resultado un aumento del consumo de aire y un aumento del coste energético del aire comprimido. Para mantener los requisitos de refrigeración del sistema, a menudo no es necesario mantener la presión de aire constante a menores condiciones de refrigeración. De esta manera, sería deseable controlar más de cerca estos parámetros del sistema para permitir la detección apropiada de desviaciones en los componentes operativos del sistema. De esta manera, puede efectuarse el ajuste de ciertas características operativas y/o la sustitución de los componentes desgastados o que fallan.

Los procedimientos para controlar sistemas operativos de boquilla son conocidos. Por ejemplo, el documento US 5 950 441 describe un procedimiento y aparato para controlar un sistema de acondicionamiento evaporativo de gas que utiliza un controlador para controlar la velocidad a la que el líquido se introduce en una cámara de acondicionamiento, para controlar de cerca la velocidad a la que la temperatura dentro de la cámara de acondicionamiento se ajusta a la temperatura deseada. El documento US 5 950 441 describe un aparato de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento EP 1 243 341 describe una pistola de pulverización automática en la que los transductores de presión, localizados en pasajes que suministran aire comprimido y una sustancia a pulverizar, se disponen para ajustar automáticamente la presión del aire y/o la presión de la sustancia a pulverizar.

El documento US 5 193 406 describe un procedimiento en línea para detectar la erosión u obturación para sistemas de boquilla de suministro con colector que llevan un flujo bifásico líquido/gas tal como el usado en la industria de petróleo/petroquímica determinando un parámetro de flujo líquido relacionado con el flujo líquido. El sistema permite cuantificar la cantidad de erosión u obturación.

Sumario de la invención

Por consiguiente, un objeto general de la invención es superar los problemas de la técnica anterior.

Un objeto más específico de la invención proporciona un procedimiento y sistema para controlar las condiciones operativas de la boquilla en aplicaciones de acondicionamiento de gas.

Otro objeto adicional de la invención proporciona un procedimiento y sistema para producir una señal de detección y/o tomar otra acción cuando ciertas condiciones de operación superan un error máximo admisible.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un sistema de control para controlar las características de una o más boquillas de pulverización usadas en un sistema de refrigeración de gas de combustión en el que la una o más boquillas son del tipo que funcionan para recibir líquido presurizado y aire presurizado y proporcionan un líquido atomizado orientado hacia el gas de combustión para, de esta manera, refrigerarlo, que comprende: una tubería de suministro de líquido acoplada con la una o más boquillas de pulverización que incluye un medidor de flujo dispuesto en su interior para detectar un caudal de líquido suministrado a la una o más boquillas de pulverización; una tubería de suministro de aire comprimido que incluye una sección de regulación de aire dispuesta para proporcionar una cantidad de aire comprimido suministrada a la una o más boquillas de pulverización; un detector de presión dispuesto en la tubería de suministro de líquido y un medidor de presión dispuesto en la tubería de suministro de aire; y un controlador de pulverización acoplado con el medidor de flujo y la sección de regulación de aire, caracterizado porque el controlador se dispone proporcionando una señal de salida para indicar una característica de funcionamiento de las boquillas de pulverización comparando un caudal líquido medido con un caudal calculado, estando basado dicho caudal calculado en la presión medida del líquido y la presión medida de aire.

Esta invención controla las condiciones de operación de las boquillas de pulverización del tipo usado en aplicaciones de refrigeración con gas. En particular, estas boquillas reciben tanto un suministro de aire presurizado como de líquido. Los caudales y presiones de líquido y aire suministrados a la boquilla o boquillas se controlan de cerca. Después se comparan con los caudales y presiones de líquido y aire calculados. De esta manera, el sistema de control detecta desviaciones de estos caudales basadas en una comparación de los caudales medidos o detectados que se hacen pasar realmente a través de la boquilla y un caudal conocido o calculado para la boquilla que se está utilizando. De esta manera, puede controlarse el funcionamiento de la boquilla o boquillas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención un procedimiento para controlar las condiciones de operación de una o más boquillas de pulverización del tipo usado en la refrigeración de gases de combustión y que puede funcionar para recibir líquido presurizado y aire presurizado y para suministrar una pulverización líquida atomizada, comprende las etapas de medir el caudal y presión reales que se aplican a la una o más boquillas de pulverización, medir la presión de aire aplicada a la una o más boquillas, calcular un caudal de líquido requerido en función de la presión de líquido y aire medida, comparar el caudal real con el caudal calculado y proporcionar una señal indicativa de un fallo cuando el flujo de líquido medido es mayor que un porcentaje de error máximo admisible.

Otras ventajas y característica de la invención resultarán evidentes tras la consideración de la siguiente descripción detallada y reivindicaciones.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama de bloques esquemático de una planta industrial y un sistema de pulverización de control para controlar la presión de aire aplicada a una boquilla o boquillas de acuerdo con la invención; y

La Figura 2 es una representación de un diagrama de bloques más detallado de un sistema de pulverización de control mostrado en la Figura 1.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se refiere en general a un sistema de control que controla diversos parámetros operativos de un sistema de control de pulverización para aplicaciones de acondicionamiento de gas. El sistema de control controla el caudal de líquido y aire que pasa a través de los orificios respectivos de una boquilla de pulverización. El sistema procesa después los flujos detectados y compara los mismos con los caudales calculados. Cuando la comparación supera un error máximo, el sistema proporciona una señal indicativa de la característica y/o toma otra acción apropiada.

La invención tiene aplicabilidad particular para aplicaciones industriales tales como en la industria de pulpa y papel, reciclado de residuos, fabricación de acero, control medioambiental y generación de energía. Diversas aplicaciones de pulverización específicas dentro de estas áreas generales incluyen rociadores de lubricación, rociadores doctor, rociadores de limpieza a alta presión y rociadores limpiadores de tamiz o correa. La invención, sin embargo, puede usarse también para otras aplicaciones. La invención tiene aplicabilidad particular para aplicaciones industriales tales como en producción química, cemento, acero, pulpa y papel, incineración de residuos y generación de energía. Diversas aplicaciones dentro de estas áreas incluyen refrigeración con gas antes de la introducción de los gases a un precipitador de polvos, sistemas de control de óxido nítrico tales como en el consumo de combustible fósil y para motores diesel, y para la retirada de dióxido de azufre en procedimientos industriales en húmedo o en seco.

La Figura 1 ilustra un entorno para implementar la presente invención. Como se muestra allí, una planta industrial incluye un sistema de acondicionamiento de gas que comprende una o más torres de acondicionamiento tales como la torre de acondicionamiento 12 mostrada en la Figura 1. En su sección de entrada 14 generalmente cilíndrica, la torre de acondicionamiento 12 está dispuesta para recibir los gases de combustión calientes creados como parte del procedimiento de producción. La torre de acondicionamiento 12 incluye una sección de mezcla 16 generalmente cilíndrica, dispuesta corriente abajo de la sección de entrada 14. Los gases de combustión recibidos en la entrada 14

ES 2 291 823 T3

están orientados en la dirección general denotada por la flecha 18 mostrada en la Figura 1. Una o más boquillas de pulverización de líquido tal como la boquilla 20 se disponen en localizaciones circunferenciales alrededor de la parte de mezcla 16 de la torre de acondicionamiento 12. En la realización ilustrada, la boquilla de pulverización de líquido 18 se proporciona en forma de lanceta y proporciona una pulverización líquida orientada en un patrón de pulverización líquida generalmente dirigido hacia abajo para refrigerar los gases de combustión a una temperatura deseada.

La torre de acondicionamiento 12 también incluye una salida cilíndrica o sección de purga 22. Esta sección 22 está conectada con la parte de mezcla 16 corriente abajo de las lancetas espaciadas 20 y orientadas a un ángulo con respecto a la parte de mezcla 16. Para medir la temperatura de la corriente de salida del gas de combustión, uno o más detectores de temperatura 24 se disponen próximos al extremo distal de la sección de salida 22. En la mayoría de los casos, las gotas líquidas tienen que evaporarse antes de alcanzar la sección de salida 22 de la torre de acondicionamiento 12.

Para proporcionar líquido a las boquillas de pulverización de líquido 20, un suministro de líquido comprende una bomba 30 acoplada con un doble sistema de filtración 32. El sistema de filtración 32 recibe un suministro de líquido presurizado desde la bomba 30 y proporciona líquido filtrado a una sección de regulación de líquido 34. La sección de regulación 34 suministra un líquido a una presión deseada y a un caudal deseado a las boquillas de pulverización 20, como se muestra esquemáticamente en la Figura 1.

Al mismo tiempo, se proporciona también un suministro de aire controlado a las boquillas de pulverización. Como se muestra en la Figura 1, un compresor de aire 40 proporciona aire comprimido a una sección de regulación de aire 42. La sección de regulación de aire 42, a su vez, suministra una cantidad regulada de aire comprimido a la boquilla de pulverización 20. Como se ha analizado anteriormente, los sistemas de la técnica anterior proporcionaban una cantidad estática de aire comprimido. Esta cantidad se aplicaba independientemente de la temperatura de operación de los gases de combustión de salida.

La Figura 2 ilustra ciertos componentes de las secciones de suministro de líquido y aire en una realización ilustrada. Como se muestra allí, un recipiente 44 que contiene un líquido tal como agua suministra el líquido a la sección de bomba 30 del suministro de líquido. La sección de bomba 30 puede incluir una válvula de entrada 46. En la realización ilustrada, el líquido pasa a través de un filtro de líquido 48 a una bomba 50. La bomba funciona proporcionando un líquido presurizado en su salida.

Desde la sección de bomba 30, se proporciona un líquido presurizado mediante una tubería de suministro a la sección de regulación de líquido. En este caso, el líquido presurizado se suministra a una válvula reguladora proporcional 52. La válvula reguladora proporcional 52 controla el líquido suministrado a la boquilla de pulverización. La válvula reguladora, a su vez, suministra el líquido al medidor de flujo de líquido 54 para determinar el caudal de líquido. Se dispone también un detector de presión en la tubería de suministro de líquido, como parte de la sección de regulación, para controlar la presión del líquido suministrado a las boquillas de pulverización 20.

Los detalles de la sección de suministro de aire se muestran también en la Figura 2. La tubería de suministro de aire incluye un compresor 58 para proporcionar aire comprimido a un recipiente a presión 60. Una válvula de control de flujo 62 está dispuesta en la salida del recipiente a presión 60 para permitir que el aire comprimido salga del recipiente. Un filtro de aire 64 se dispone preferiblemente en la tubería de suministro de aire para reducir las impurezas en la tubería de aire comprimido.

La Figura 2 muestra también la sección de regulación de aire comprimido 42 con mayor detalle. Como se muestra allí, una válvula reguladora proporcional 66 regula el aire comprimido suministrado a la boquilla de pulverización 20. Además, un medidor de flujo de aire 68 mide el consumo de la boquilla de pulverización 20. Finalmente, un medidor de presión 70 controla continuamente la presión de aire comprimido suministrado a la boquilla de pulverización 20.

Para controlar la pulverización de líquido de las boquillas de pulverización 20, un sistema de control se acopla con una sección de regulación de líquido y la sección de regulación de aire comprimido. En la realización ilustrada, un controlador de pulverización 80 realiza diversas funciones de control proporcionando señales de control de salida en respuesta a la recepción de señales de control de entrada. Específicamente, el controlador 80 está dispuesto para recibir una señal sensible del detector de temperatura 24, indicativa de la temperatura medida en la salida de la torre de acondicionamiento 22. El controlador 80 recibe también señales de entrada de la sección de líquido. Estas incluyen una señal de flujo de líquido desde el medidor de flujo de líquido 54 indicativa del caudal de líquido aplicado a la boquilla de pulverización. El controlador 80 recibe también una señal que indica presión del detector de presión 56.

Además, el controlador 80 recibe diversas señales de entrada de la tubería de aire comprimido. Específicamente, el controlador 80 recibe una señal del caudal de aire desde el medidor de flujo de aire 68. Análogamente, el controlador 80 recibe una señal sensible del detector de presión 70 asociado con la tubería de flujo de aire.

Como se explica mejor a continuación, el controlador 80 funciona de una forma lógica para procesar estas señales. El controlador 80 proporciona después señales de salida a la sección de regulación de líquido 34 como se denota mediante la línea 82. Esta señal se aplica a la válvula reguladora proporcional 52 mostrada en la Figura 2 para controlar el flujo de líquido a la boquilla de pulverización 20. Además, el controlador 80 proporciona una señal de salida para controlar el suministro de aire comprimido. Esto es, el controlador 80 suministra una señal de control a la válvula reguladora proporcional 66 para controlar la cantidad de aire comprimido proporcionada a la boquilla 20. La regulación

de los sistemas de líquido y aire de esta manera mantiene la temperatura de salida deseada así como la evaporación total de las gotas de líquido. Además, controlar el funcionamiento en línea de la boquilla de pulverización de esta manera permite la detección de desgaste y/o bloqueo parcial de la boquilla de pulverización. Esto permite evitar el humedecimiento excesivo del sistema de filtro, el aumento del consumo de aire, el aumento del consumo de agua y/o la refrigeración insuficiente del sistema.

De acuerdo con la invención, el sistema de control determina el funcionamiento de una o más boquillas de pulverización controlando diversas condiciones de operación de la boquilla. En una realización, el sistema compara un caudal de líquido medido con un caudal calculado para el sistema a una cierta presión de operación. Además, el sistema compara un caudal de aire medido con un caudal de aire calculado para el sistema a una cierta presión de operación. Cuando los caudales medidos superan un cierto porcentaje de desviación respecto a los caudales calculados, el sistema proporciona una señal sensible indicativa de la desviación o inicia otra acción apropiada. De esta manera, el sistema determina el funcionamiento operativo de las boquillas.

Para controlar el funcionamiento de la boquilla o boquillas de pulverización, el controlador de pulverización deriva cuatro variables: (1) Q_L : caudal de líquido total suministrado a la boquilla o boquillas de pulverización; (2) P_L : presión del líquido suministrado a la boquilla o boquillas de pulverización (que en la realización preferida es la misma en tanto que las boquillas reciben líquido mediante un colector de suministro); (3) Q_A : caudal de aire total suministrado a la boquilla o boquillas de pulverización; y (4) P_A : presión del aire suministrado a la boquilla o boquillas de pulverización (que en la realización preferida es la misma en tanto que todas las boquillas reciben aire mediante un colector de suministro).

En la realización ilustrada, se muestra una boquilla 20. Sin embargo, los especialistas en la técnica entenderán que puede utilizarse una pluralidad de boquillas. En este caso, la presión del líquido es típicamente la misma para todas las boquillas ya que dependen de un colector de suministro de líquido común. Por otro lado, cuando las boquillas se originan a partir de diferentes colectores o aparatos, el sistema determina múltiples caudales líquidos a las diversas presiones de operación.

Para el funcionamiento apropiado de la boquilla o boquillas de pulverización, existe una relación conocida entre las variables anteriores. Esto es, el caudal de líquido Q_L y el caudal de aire Q_A se fijan a una presión de líquido dada P_L y una presión de aire P_A de acuerdo con las siguientes funciones:

$$Q_L = f_1(P_L, P_A)$$

$$Q_A = f_2(P_L, P_A)$$

Las funciones f_1 y f_2 están relacionadas con el tipo de boquilla que se está utilizando. En la realización preferida, estas funciones se determinan para una boquilla de pulverización de un tipo particular midiendo los caudales de líquido y aire para diferentes valores de presión de aire y líquido. De esta manera, estas funciones describen el comportamiento de funcionamiento apropiado de una boquilla de pulverización (o una pluralidad de boquillas) en el sistema.

En el sistema de control de boquilla 10 mostrado en las Figuras 1 y 2, las variables Q_L , Q_A , P_L y P_A se miden y se comparan con las características de comportamiento de funcionamiento teóricas o predeterminadas. En particular, el sistema de control usa la siguiente declaración de variables:

- Q_{Lc} : caudal de líquido total calculado
- Q_{Ac} : caudal de aire total calculado
- P_{Lm} : presión de líquido medida
- P_{Am} : presión de aire medida
- Q_{Lm} : caudal de líquido total medido
- Q_{Am} : caudal de aire total medido.

Además, los flujos de aire y presión calculados se describen como funciones de la presión de líquido y aire medida, como se muestra en las Ecuaciones 3 y 4 a continuación:

$$Q_{Lc} = f_1(P_{Lm}, P_{Am})$$

$$Q_{Ac} = f_2(P_{Lm}, P_{Am})$$

ES 2 291 823 T3

Basado en las relaciones anteriores, el sistema determina si las boquillas están funcionando de una manera satisfactoria o no satisfactoria. En particular, el sistema determina las siguientes relaciones:

$$\frac{|Q_{Lc} - Q_{Lm}|}{Q_{Lc}} \geq \varepsilon \text{ o } \frac{|Q_{Ac} - Q_{Am}|}{Q_{Ac}} \geq \varepsilon$$

con ε = porcentaje de error máximo permitido.

De esta manera, el sistema determina que la boquilla o boquillas operativas no están funcionando satisfactoriamente cuando el caudal medido difiere demasiado del caudal calculado a la presión de líquido dada.

La relación entre los caudales medido y calculado proporciona también una indicación de problemas de funcionamiento. En una realización preferida, el sistema detecta cuándo ciertas condiciones de la boquilla están presentes basado en las siguientes relaciones:

$$Q_{Lm} > Q_{Lc}: \text{orificio u orificios de líquido desgastados}$$

En este caso, la boquilla usa más líquido en las condiciones de presión dadas ya que la boquilla o boquillas del sistema están desgastadas.

$$Q_{Lm} < Q_{Lc}: \text{orificio u orificios de líquido parcialmente bloqueados}$$

Por otro lado, esta condición es indicativa de que los orificios para la boquilla están parcialmente bloqueados porque la boquilla usa menos líquido en las condiciones de presión dadas.

Además, las siguientes condiciones son indicativas también de un problema de funcionamiento:

$$Q_{Am} > Q_{Ac}: \text{orificio de aire desgastado}$$

En la condición anterior, la boquilla o boquillas utilizan más aire en las condiciones de presión dadas. Esto da como resultado mayores ineficacias del sistema cuando no está corregido.

$$Q_{Am} < Q_{Ac}: \text{orificio de aire parcialmente bloqueado}$$

En esta situación, la boquilla utiliza menos aire que en las condiciones de presión dadas.

De acuerdo con una realización de la invención, puede utilizarse una boquilla FloMax de tipo FM1, que funciona a 3,45 bar de presión de aire y 3 bar de presión de líquido. En esta realización, la boquilla usa teóricamente 5 litros/minuto de flujo de líquido y 55 Nm³/hora de aire. Cuando el controlador de pulverización 80 mide 6 litros/minuto de flujo de líquido en las condiciones de presión dadas, se suministra una señal que indica que la boquilla está desgastada. Como alternativa, cuando el controlador de pulverización mide 65 Nm³/hora de consumo de aire en las mismas condiciones de presión, entonces el controlador de pulverización 80 suministra una señal que indica que los orificios de aire están desgastados.

En la práctica, la invención puede implementarse por referencia a una tabla de consulta mantenida por el controlador 50. Esta tabla incluye preferiblemente entradas correspondientes a diversas relaciones presión/flujo y los valores calculados de presión y caudal. De esta manera, el sistema usa una relación tabulada para un cierto número de puntos de calibrado. Estos puntos preferiblemente están dentro del intervalo de trabajo normal de la boquilla o boquillas que se están empleando. De esta manera, para una boquilla que tiene un intervalo operativo normal de 1,0 bar a 5,0 bar de presión de líquido, una tabla puede incluir entradas correspondientes a un caudal de líquido calculado correspondiente a 1,0, 2,0, 3,0, 4,0 y 5,0 bar de presión de líquido. El controlador 50 usa entonces interpolación basada en las entradas de la tabla para calcular el caudal deseado a una presión de líquido dada. El caudal calculado se compara con el caudal medido como se ha explicado anteriormente, y se proporciona la acción correctiva apropiada cuando la diferencia supera un valor particular.

Siguiendo con la invención, el sistema puede alterar también diversas condiciones de operación para mantener el funcionamiento apropiado del sistema. Por ejemplo, el sistema puede proporcionar también señales para cambiar la presión de aire de acuerdo con condiciones de refrigeración de gas cambiantes. Esto puede ser el resultado de cambiar la temperatura de entrada del gas o el caudal del gas de combustión. De esta manera, el sistema consume únicamente la cantidad de aire requerida necesaria para las circunstancias dadas. Las diferentes condiciones de proceso posibles son conocidas por el sistema con anticipación. Esta información se usa para calcular una relación tabulada entre la presión de aire requerida y el caudal de líquido.

ES 2 291 823 T3

La cantidad de disminución de aire comprimido es dependiente de la relación de temperatura de entrada y caudal del gas de combustión. Por ejemplo, cuando la temperatura de entrada permanece constante, y el caudal de gas real sólo se reduce cuando el procedimiento funciona en condiciones reducidas, entonces la velocidad del gas en la torre de procesado 12 se reduce. Cuando la velocidad del gas se reduce, las gotas de líquido tienen más tiempo para evaporarse.

5 Si la temperatura de entrada permanece constante, el tamaño de gota de la pulverización líquida puede aumentarse para obtener una evaporación total respecto a la misma distancia de residencia. Esto da como resultado que el sistema tenga un consumo sustancialmente menor de aire comprimido.

Para implementar el sistema de control de la invención, pueden emplearse diversas variaciones. Por ejemplo, el esquema de control puede hacerse más fiable con el uso de múltiples bombas en lugar de una única bomba 50. Además, pueden emplearse múltiples filtros en lugar de un único filtro de líquido y de aire 48 y 64. Además, pueden añadirse desviaciones de seguridad para garantizar un suministro seguro de líquido y aire a la boquilla cuando fallan los detectores o válvulas reguladoras en las tuberías de flujo ilustradas.

15 Para la realización práctica de la invención, pueden usarse diversos algoritmos de control. De acuerdo con una realización preferida, los algoritmos de control para controlar las válvulas reguladoras 52 y 66 son los siguientes:

- La posición de la válvula de la válvula reguladora proporcional 52 para el suministro de líquido se controla de acuerdo con un algoritmo de control PID basado en la temperatura de salida medida por el detector de temperatura 24 y la temperatura establecida requerida. La temperatura establecida es normalmente un valor constante.

$$m = K_p \cdot (e + \frac{1}{K_i} \cdot \int e dt + K_d \cdot \frac{de}{dt})$$

Con

- m: la posición de la válvula de la válvula reguladora 52 (0 .. 100%),
- e: la diferencia de temperatura entre la temperatura medida y la temperatura establecida, y
- K_p, K_i y K_d los factores proporcional, integral y diferencial.

Un algoritmo de control PID controla la posición de la válvula de la válvula reguladora de aire comprimido 66. Aunque pueden usarse diversos algoritmos, los parámetros de entrada se basan en la presión de aire medida por el detector de presión 70 y la presión de aire establecida requerida. La propia presión de aire establecida depende del caudal de líquido actual medido por el medidor de flujo de líquido 54.

La relación entre la presión de aire requerida y el caudal líquido medido depende del procedimiento. De acuerdo con una realización de la invención, la presión de aire requerida puede calcularse basada en las diferentes condiciones de entrada de gas. Para implementar la invención, la presión de aire requerida se calcula a diversas condiciones de entrada de gas diferentes. Normalmente se denotan al menos por lo siguiente:

- las condiciones *mínimas* de entrada de gas (que típicamente requieren un caudal de líquido mínimo);
- las condiciones *normales* de entrada de gas (que típicamente requieren un caudal de líquido normal); y
- las condiciones *máximas* de entrada de gas (que típicamente requieren un caudal de líquido máximo).

El cálculo de la presión de aire depende del tamaño de gota D_{max} requerido en las condiciones dadas para que tenga lugar la evaporación completa. Como resultado de estos cálculos, el controlador 80 crea una tabla con tres (o más) valores de caudal de líquido y sus valores de presión de aire correspondientes. El sistema de control usa esta tabla para calcular la presión de aire requerida (usando interpolación entre los puntos de la tabla).

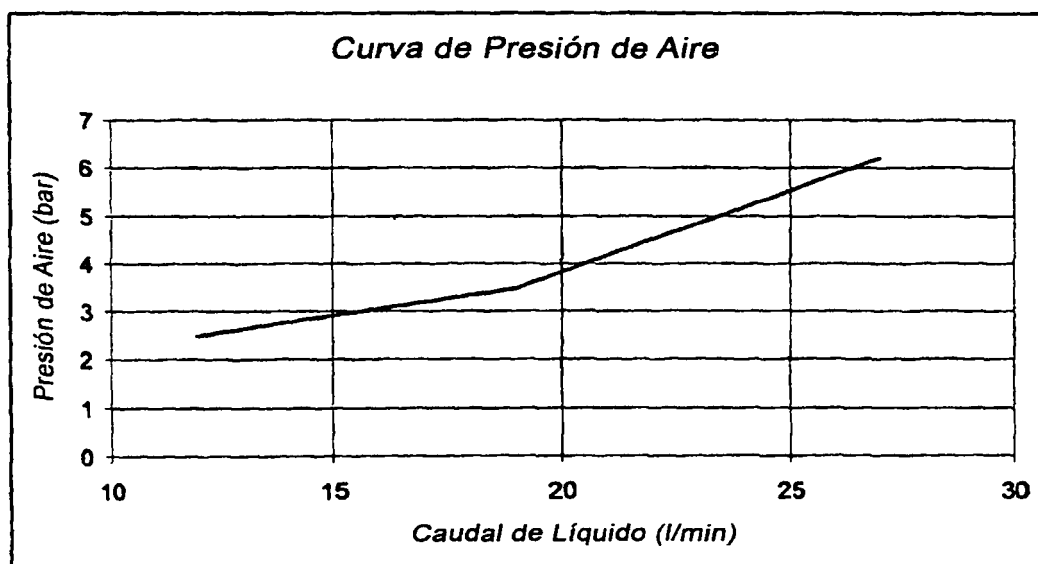
De acuerdo con una realización práctica preferida de la invención, se construye la siguiente Tabla I de acuerdo con los diversos cálculos empleados por el sistema de control:

TABLA I

	Caudal de Entrada de Gas (Nm ³ /h)	Temperatura de Entrada de Gas (°C)	Dmax Requerido (μm)	Caudal de Líquido (l/min)	Presión del Aire (bar)
Mínimo	20.000	280	120	12	2,5
Normal	25.000	300	110	19	3,5
Máximo	30.000	320	100	27	6,2

En este ejemplo ilustrativo, el controlador 80 utiliza el área sombreada en la Tabla I anterior para calcular la presión de aire deseada que se proporcionará a la boquilla de pulverización 20. De esta manera, la relación entre el caudal de líquido y la presión de aire aplicada a la boquilla puede trazarse de acuerdo con Tabla II a continuación de la siguiente manera:

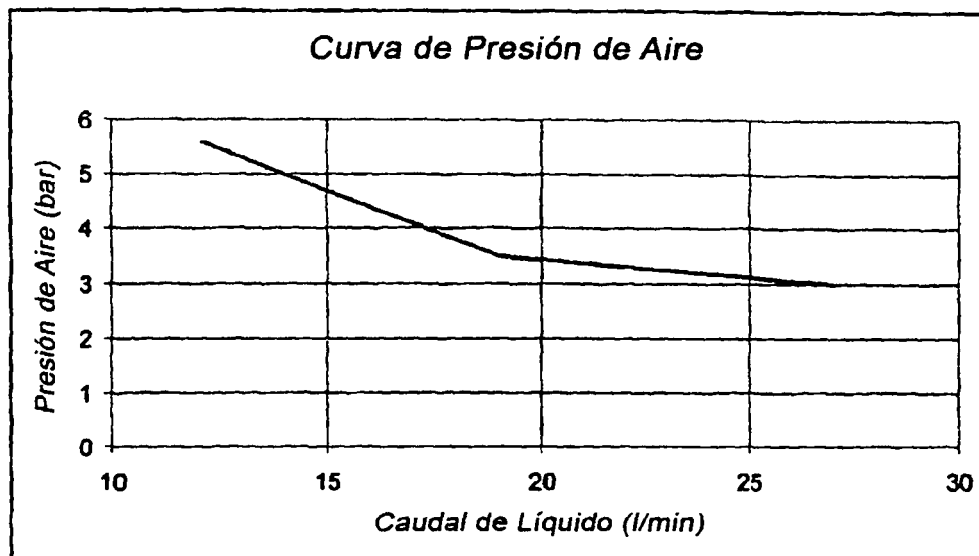
TABLA II



Como se muestra, la condición de operación en el peor de los casos con respecto al aire comprimido requerido se localiza en el caudal de líquido máximo en tanto que la presión de aire máxima se requiere en esta localización. De esta manera, en sistemas de la técnica anterior en los que la presión de aire se mantiene a un valor relativamente constante, es necesario ajustar la presión de aire para satisfacer la condición en el peor de los casos. En el ejemplo descrito anteriormente, se requería que la presión de aire se mantuviera a aproximadamente 6,2 bar.

En ciertos casos, la condición en el peor de los casos para los requisitos de aire comprimido puede localizarse en un caudal de líquido reducido, como se muestra en la Tabla III a continuación:

TABLA III



En este ejemplo, puede ahorrarse una cantidad sustancial de aire comprimido que se aplica al sistema en comparación con los sistemas de control de la técnica anterior que emplean esquemas de presión de aire constante. Esto es, según aumenta el caudal de líquido, tal como a un caudal de 25 litros por minuto, la presión de aire requerida puede reducirse a ligeramente más de 3 bar. Por otro lado, cuando se detecta un caudal de líquido reducido, tal como de aproximadamente 12 litros por minuto, la cantidad de aire comprimido puede aumentarse, en este ejemplo a aproximadamente 5,5 bar.

Por consiguiente, se ha descrito un sistema de control para controlar la cantidad de líquido y aire que se hace pasar a través de una o más boquillas de pulverización que satisface los objetivos anteriores. Debe entenderse, sin embargo, que la descripción anterior se ha limitado al mejor modo contemplado actualmente para realizar la invención. Resultará evidente que pueden realizarse diversas modificaciones a la invención, y que pueden obtenerse algunas o todas las ventajas de la invención. También, la invención no pretende requerir cada una de las características y aspectos descritos anteriormente o combinaciones de los mismos, ya que en muchos casos, ciertas características y aspectos no son esenciales para la realización práctica de otras características y aspectos. Por consiguiente, la invención debe estar limitada únicamente por las reivindicaciones adjuntas y equivalentes de las mismas, pretendiendo cubrir dichas reivindicaciones dichas otras variaciones y modificaciones que se incluyen en el verdadero espíritu y alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de control para controlar las características de una o más boquillas de pulverización (20) usado en un sistema (12) de refrigeración de gas de combustión en el que la una o más boquillas (20) son del tipo que funciona para recibir líquido presurizado y aire presurizado y proporcionar un líquido atomizado orientado hacia el gas de combustión para, de esta manera, refrigerarlo, que comprende:

una tubería de suministro de líquido acoplada con la una o más boquillas de pulverización que incluye un medidor de flujo (54) dispuesto en su interior para detectar un caudal de líquido suministrado a la una o más boquillas de pulverización (20)

una tubería de suministro de aire comprimido que incluye una sección (42) de regulación de aire dispuesta proporcionando una cantidad de aire comprimido suministrado a la una o más boquillas de pulverización (20);

un detector de presión (56) dispuesto en la tubería de suministro de líquido y un medidor de presión (70) dispuesto en la tubería de suministro de aire; y un controlador de pulverización (80) acoplado con el medidor de flujo y la sección (42) de regulación de aire, **caracterizado** porque el controlador (80) está dispuesto para proporcionar una señal de salida para indicar una característica de funcionamiento de las boquillas de pulverización comparando un caudal líquido medido con un caudal calculado, estando basado dicho caudal calculado en la presión medida del líquido y la presión medida del aire.

2. La invención de la reivindicación 1 que comprende adicionalmente:

una válvula (52) de flujo de líquido ajustable dispuesta en la tubería de suministro de pulverización líquida dispuesta para recibir una señal de control desde el controlador para ajustar la cantidad de líquido suministrado a la una o más boquillas de pulverización; y un detector de temperatura (24) localizado en relación próxima a los gases de combustión y dispuesto proporcionando una señal sensible de temperatura al controlador, en el que el controlador en respuesta a la recepción de la señal sensible de temperatura, ajusta la señal de control suministrada a la válvula de flujo de líquido.

3. La invención como en la reivindicación 1 en la que el controlador (80) proporciona una señal indicativa de una boquilla gastada cuando el flujo de líquido detectado supera un umbral seleccionado para unas condiciones de presión dadas.

4. La invención como en la reivindicación 1 en la que el controlador (80) proporciona una señal indicativa de un orificio de la boquilla de líquido bloqueado cuando el flujo de líquido detectado es menor que un umbral seleccionado para unas condiciones de presión dadas.

5. La invención como en la reivindicación 1 en la que el controlador (80) proporciona una señal indicativa de un orificio de aire gastado cuando el caudal de aire detectado es mayor que un umbral seleccionado para unas condiciones de presión dadas.

6. La invención como en la reivindicación 1 en la que el controlador (80) proporciona una señal indicativa de un orificio de la boquilla de líquido bloqueado cuando el flujo de líquido detectado es menor que un umbral seleccionado para unas condiciones de presión dadas.

7. Un procedimiento para controlar las condiciones de operación de una o más boquillas de pulverización (20) del tipo usado en la refrigeración de gases de combustión y que funciona para recibir líquido presurizado y aire presurizado y suministrar una pulverización líquida atomizada que comprende las etapas de:

medir el caudal y presión de líquido real que se está aplicando a la una o más boquillas de pulverización;

medir la presión de aire aplicada a la una o más boquillas;

calcular un caudal de líquido requerido como una función de la presión de líquido y de aire medida;

comparar el caudal de líquido real con el caudal calculado; y

proporcionar una señal indicativa de un fallo cuando el flujo de líquido medido es mayor de un porcentaje de error máximo admisible.

8. La invención como en la reivindicación 7 que comprende adicionalmente las etapas de:

calcular un caudal de aire requerido como función de la presión de líquido y de aire medida; medir el caudal de aire en curso que se está aplicando a la una o más boquillas de pulverización; comparar el caudal de aire medido con el caudal de aire calculado para esta presión de flujo de líquido; y proporcionar una señal indicativa de un fallo cuando el flujo de aire medido es mayor que un porcentaje de error máximo admisible.

