(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 812 298**

(51) Int. CI.:

G01N 21/65 (2006.01)
C07C 273/04 (2006.01)
G01N 1/10 (2006.01)
G01N 1/22 (2006.01)
G01N 21/01 (2006.01)
G01N 21/15 (2006.01)
G01N 21/85 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2017 PCT/IB2017/055658**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **22.03.2018 WO18051313**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2017 E 17785004 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.07.2020 EP 3516375**

(54) Título: **Un sistema y un método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea**

(30) Prioridad:

19.09.2016 IT 201600093986

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.03.2021

(73) Titular/es:

SAIPEM S.P.A. (100.0%)
Via Martiri di Cefalonia, 67
20097 San Donato Milanese (MI), IT

(72) Inventor/es:

CERRONE, CRISTINA;
CARLESSI, LINO;
SERRAFERO, ALBERTO y
VIOLA, FRANCESCO

(74) Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

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

Un sistema y un método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea

Campo técnico

La presente invención se refiere a un sistema y un método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea, así como a una planta de urea equipada con un sistema para análisis de gas de ventilación.

Antecedentes de la invención

Como es conocido, se produce urea a escala industrial mediante procesos basados en la reacción, en condiciones de alta temperatura y alta presión, entre dióxido de carbono y amoníaco para formar carbamato de amonio, y la posterior reacción de descomposición del carbamato de amonio para obtener urea y agua.

Estos procesos se realizan en plantas (plantas de urea) que comprenden generalmente: un reactor de síntesis, en el que tiene lugar la reacción entre dióxido de carbono y amoníaco; secciones de purificación y recuperación, en las que la solución acuosa de urea producida en el reactor es concentrada progresivamente, con la recuperación y el reciclado de reactivos no convertidos; y una sección de acabado, donde la urea es solidificada (por ejemplo, en un granulador o torre de prilado).

No obstante la forma en que esté configurada, una planta de urea genera gas de ventilación continuo, conteniendo sustancias inertes no convertidas y también pequeñas cantidades de amoníaco sin reaccionar. Dependiendo del proceso usado en la planta de urea, este gas de ventilación también puede contener oxígeno, introducido para pasivación en particular.

Por ejemplo, una planta de urea que adopta la tecnología conocida como "Snamprogetti" descarga, más específicamente desde una denominada sección de recuperación de presión media, una corriente continua de gas conteniendo generalmente nitrógeno, oxígeno, argón, metano, amoníaco, hidrógeno y agua.

Surge la necesidad de supervisar el gas de ventilación de la planta de urea, especialmente cuando este gas de ventilación contiene hidrógeno y oxígeno, en particular para cumplir los requisitos de seguridad y, específicamente, para permanecer fuera de los límites de ignición.

Si se detecta una situación de riesgo, se actúa en la corriente de gas de ventilación, por ejemplo, añadiendo vapor u otro fluido de control (gas inerte, gas natural o análogos) con el fin de evitar la formación de una mezcla explosiva.

También hay que comprobar cuándo ha pasado la situación de riesgo, con el fin de interrumpir la inyección del fluido de control (vapor o análogos) en condiciones seguras.

Se ha propuesto el uso de un cromatógrafo de gas para el análisis, con la planta en funcionamiento, de una corriente de gas de ventilación procedente de una planta de urea y conteniendo amoníaco.

El análisis cromatográfico de gases se usa a menudo para supervisar procesos puesto que permite identificar y cuantificar gran número de componentes simultáneamente. Los componentes de muestra individuales pasan a través de una columna a diferentes velocidades y son registrados en sucesión por un detector. El tiempo que transcurre entre la introducción de la muestra y el registro de una sustancia por el detector (tiempo de retención) es característico de la sustancia y se usa para identificarla. La magnitud de la señal de detector es una medición de la concentración volumétrica del componente en el fluido analizado.

Sin embargo, el uso de un cromatógrafo de gas tiene algunos inconvenientes en la aplicación específica de análisis del gas de ventilación de plantas de urea.

Ante todo, la presencia de vapor de condensación u otro fluido de control en la corriente de gas a analizar (una situación que tiene lugar después de la inyección de vapor u otro fluido para salir de los límites de ignición) deteriora la medición de cromatografía de gases de los componentes de la mezcla de gases, especialmente el análisis cuantitativo de amoníaco.

Además, los fenómenos asociados con la condensación-evaporación de vapor (o cualesquiera otros fluidos) en el cromatógrafo de gas pueden poner en peligro la integridad mecánica del instrumento.

Además, un cromatógrafo de gas es un instrumento voluminoso, también porque debe ser acondicionado, y así, en general, no puede colocarse directamente en el tubo principal en el que circula la corriente de gas a analizar, sino que debe colocarse en una estructura adecuada en una posición remota y conectarse al tubo principal por una línea especial, que también puede ser relativamente larga. Todo esto, aparte de complicar obviamente la instalación del equipo, también puede poner en peligro la exactitud de la medición.

EP2955506A1 describe el uso de espectroscopia Raman para analizar corrientes de proceso de una planta de producción de urea. La radiación generada por la dispersión d Raman es analizada para determinar la concentración de componentes tales como urea, amoníaco y dióxido de carbono en las corrientes de proceso y generar salida a las variables controladas de la planta con el fin de optimizar la operación.

EP1398617A1, US2015/0377750A1 y US5807750A describen sensores ópticos de gas asociados con sistemas de control de temperatura.

Descripción de la invención

Un objeto de la presente invención es proporcionar un sistema y método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea que permite superar dichos inconvenientes de la técnica conocida.

En particular, un objeto de la invención es proporcionar un sistema y método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea que permite el análisis rápido, exacto y fiable de gas de ventilación en todas las condiciones operativas de la planta de urea, incluso en caso de variaciones significativas debidas, por ejemplo, a la inyección de vapor u otro fluido de control al gas de ventilación.

La presente invención se refiere así a un sistema y método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea como los definidos en términos esenciales en las reivindicaciones anexas 1 y 10, respectivamente, y a una planta de urea equipada con un sistema para análisis de gas de ventilación como la definida en la reivindicación 9.

Características preferidas adicionales de la invención se indican en las reivindicaciones dependientes.

Según la invención, se usa una técnica de análisis espectroscópico para el análisis de gas de ventilación de la planta de urea, en particular espectroscopia Raman.

La espectroscopia Raman es una técnica analítica basada en la energía vibracional y rotacional de las moléculas y permite identificar de forma única las especies químicas presentes en una muestra y sus cantidades relativas.

En espectroscopia Raman, se expone una muestra a analizar a radiación electromagnética monocromática, emitida generalmente por una fuente láser, y las frecuencias en la radiación dispersada por la muestra son detectadas y analizadas.

Interactuando con las moléculas de electrones de la muestra, la radiación electromagnética induce variaciones en la energía vibracional y rotacional de las moléculas, con la consiguiente dispersión de la radiación incidente. Analizando la radiación dispersada, es posible identificar componentes con diferentes niveles de energía.

El análisis de espectroscopia Raman se realiza con instrumentos especiales (espectroscopios Raman).

Hasta la fecha, esta técnica analítica no parece haberse usado en plantas de urea, en particular para el análisis de gas de ventilación en riesgo de generar mezclas explosivas, debido a los límites estructurales de los espectroscopios Raman, que son intrínsecamente inadecuados para la finalidad.

Los autores de la presente invención han identificado los problemas siguientes relacionados con los espectroscopios Raman:

a) las sondas de fibra óptica que equipan los espectroscopios Raman tienen temperaturas de diseño relativamente bajas (digamos de aproximadamente 80°C), y así a los instrumentos no se les pueden suministrar muestras a temperaturas más altas, que producirían daño mecánico al contacto con las sondas. El gas de ventilación de la planta de urea a analizar tiene, especialmente después de la inyección de vapor o análogos para restaurar las condiciones de no ignición, temperaturas decididamente más altas que el daño umbral de las sondas de los espectroscopios Raman;

b) el gas de ventilación de la planta de urea a analizar contiene agua de condensación que transporta amoníaco con ella: por lo tanto, la especie de amoníaco condensable está presente en la corriente de gas a analizar, que puede ser absorbida por agua y precipitar de nuevo en la corriente principal de gas del proceso. En consecuencia, la muestra analizada por el espectroscopio Raman estaría afectada por la precipitación cuantitativa de uno de los componentes a analizar, deteriorando la exactitud de la medición.

La invención hace posible analizar, con la planta en funcionamiento e incluso sustancialmente de forma continua o con una alta frecuencia de muestreo, el gas de ventilación en riesgo de formar mezclas explosivas en una planta de urea.

El análisis se lleva a cabo con un espectroscopio Raman, oportunamente diseñado e instalado de tal forma que proporcione resultados totalmente fiables, incluso en el caso de desviaciones de las condiciones de funcionamiento normales de la planta de urea, por ejemplo, después de la inyección de vapor (u otro fluido de control) a la corriente de gas a analizar con el fin de evitar la formación de mezclas posiblemente explosivas.

Según la invención, el espectroscopio Raman está asociado con una interfaz de muestreo colocada hacia arriba del espectroscopio Raman y provista de un sistema de control de temperatura.

La invención permite lograr las ventajas principales siguientes:

- resultados de análisis, tanto cualitativos como cuantitativos, que son exactos y fiables en cualquier condición operativa, incluso en el caso de inyectar vapor u otro fluido de control a la corriente de gas a analizar: las mediciones, tomadas por el espectroscopio Raman, no quedan afectadas por el contenido del vapor u otro fluido de control, puesto que se basan en las propiedades atómicas/estéricas de la especie química y su comportamiento no termodinámico, como sucede, en cambio, en análisis cromatográfico de gases;

- en general, el análisis es posible con la planta en funcionamiento, garantizando la exactitud de la medición e integridad mecánica del instrumento incluso en presencia de desviaciones de las condiciones operativas normales de la planta y/o desviaciones a presión, temperatura y contenido relativo de las especies químicas;

- con respecto a las mediciones tomadas con un cromatógrafo de gases, los tiempos de respuesta son más rápidos, las mediciones son más exactas y el mantenimiento es menos caro.

- el espectroscopio Raman se coloca directamente en el tubo principal en el que circula la corriente de gas a analizar, y al que está conectado por una bifurcación simple; no se necesita un tubo auxiliar para transportar la corriente de gas a analizar a una posición remota.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la presente invención serán más claras a partir de la descripción de las siguientes realizaciones no limitativas, con referencia a las figuras de los dibujos acompañantes, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática de una planta de producción de urea equipada con un sistema para análisis de gas de ventilación según la invención.

La figura 2 es una vista esquemática de un sistema para análisis de gas de ventilación de una planta de urea según la invención.

Mejor modo de llevar a la práctica la invención

La figura 1 representa, de manera puramente esquemática y simplificada, una planta de urea 1, o más bien una planta para la producción de urea, equipada con un sistema 2 para análisis de gas de ventilación producido en la planta de urea 1.

La planta de urea 1, así como el proceso de producción de urea que se implementa en ella, puede ser uno de varios tipos.

Aquí, se hace referencia, puramente a modo de ejemplo, a una planta/proceso de producción de urea según la tecnología "Snamprogetti" conocida. Bien entendido que la invención también es aplicable a otras plantas/procesos de producción de urea.

En la configuración no limitativa representada, pero no necesariamente, la planta de urea 1 comprende: un reactor de síntesis de urea 4, donde tiene lugar la reacción de síntesis de urea a partir de amoníaco y dióxido de carbono; secciones de recuperación 5, 6 y 7, en particular una sección de recuperación de presión alta 5, una sección de recuperación de presión media 6 y una sección de recuperación de presión baja 7, donde una solución de urea producida en el reactor 4 es concentrada progresivamente por la extracción de amoníaco y dióxido de carbono sin reaccionar y agua, y los componentes recuperados son recirculados; una sección de concentración de vacío 8, conectada a una sección de tratamiento 9 para condensados de proceso (básicamente agua); y una sección de acabado/solidificación 10, comprendiendo, por ejemplo, en un granulador o torre de prilado.

El reactor 4 es alimentado con NH_3 y CO_2 a través de respectivas líneas de alimentación 12 y 13. Una línea principal de urea 14 conecta una salida de producto del reactor 4 a las secciones de recuperación 5, 6 y 7 y a la sección de concentración 8.

Un circuito de recuperación 16 conecta las secciones de recuperación 5, 6 y 7 y la sección de concentración 8 una a otra y a la línea de alimentación de NH_3 12 para recircular los componentes sin reaccionar recuperados por las secciones de recuperación 5, 6 y 7 al reactor 4.

Los componentes de las varias secciones y las líneas de conexión entre ellas, que en sí son conocidos, no se representan ni describen en detalle.

Por ejemplo, pero no necesariamente, la línea principal de urea 14 conecta en serie (por respectivos segmentos de línea): el reactor 4, donde tiene lugar la reacción de síntesis de urea a partir de amoníaco y dióxido de carbono; un separador de la sección de recuperación de presión alta 5, donde NH_3 y CO_2 sin convertir y carbamato de amonio son recuperados y reciclados al reactor 4 a través del circuito de recuperación 16; un biorreductor de presión media en la sección de recuperación de presión media 6 y un biorreductor de presión baja en la sección de recuperación de presión baja 7, en el que el carbamato se descompone obteniendo NH_3 y CO_2, que son reciclados al reactor 4 a través del circuito de recuperación 16; y uno o varios intercambiadores/concentradores en la sección de concentración 8, donde la solución de urea que sale de la sección de recuperación de presión baja 7 es concentrada antes de ser enviada a un granulador o torre de prilado de la sección de acabado/solidificación 10 para ser granulada o prilada.

En la planta de urea 1, en particular en las secciones de recuperación 5, 6 y 7 y en la sección de concentración 8, se produce gas de ventilación conteniendo también amoníaco. El sistema 2 está conectado a la planta de urea 1 para recibir y analizar al menos una corriente de gas de ventilación producida en la planta de urea 1.

En el ejemplo no limitativo representado, pero no necesariamente, el sistema 2 recibe y analiza el gas de ventilación procedente de la sección de recuperación de presión media 6 y, en particular, que sale del biorreductor de presión media y es transportado en un tubo principal 20.

Dado que, entre otras cosas, este gas de ventilación contiene hidrógeno y oxígeno, se pueden formar mezclas explosivas, y así el tubo principal 20 está conectado a un dispositivo de inyección 21 para inyectar un fluido de control, por ejemplo, vapor u otro fluido, operado (manualmente por un operador mediante un control en la sala de control, o automáticamente por una unidad de control) cuando el sistema 2 detecta potencialmente condiciones peligrosas para la formación de mezclas explosivas.

Se entiende que el sistema 2 puede ser usado para analizar otros efluentes y/o corrientes de gas producidos en la planta de urea 1 (que, como ya se ha señalado, también puede tener una configuración diferente de la representada en este documento a modo de ejemplo). Por lo tanto, el sistema 2 puede colocarse en una posición diferente de la descrita y representada en este documento a modo de ejemplo, así como en un tipo diferente de planta de urea.

Con referencia también a la figura 2, el sistema 2 comprende un espectroscopio Raman 22 y una interfaz de muestreo 23 que conecta el espectroscopio 22 al tubo principal 20 en el que circula el gas de ventilación a analizar.

El espectroscopio 22 es, en sí mismo, un instrumento conocido y, por lo tanto, para simplicidad, no se describe ni ilustra en detalle.

Básicamente, el espectroscopio 22 comprende: al menos una fuente de radiación electromagnética, en particular una fuente láser, que dirige radiación electromagnética monocromática a la muestra a analizar en una cámara de análisis; al menos una sonda, en particular una sonda de fibra óptica, que recibe radiación dispersada por la muestra; y un analizador que analiza las frecuencias presentes en la radiación dispersada por la muestra.

Ventajosamente, el espectroscopio 22 está colocado encima del tubo principal 20.

La interfaz de muestreo 23 comprende un conducto de muestreo 24, que conecta el tubo principal 20 al espectroscopio 22 para transportar una corriente continua de gas de muestra 25 desde el tubo principal 20 al espectroscopio 22; un dispositivo de regulación de temperatura 26, controlado por un controlador de temperatura 27 y que actúa en al menos una parte de tratamiento térmico 28 del conducto 24 para regular la temperatura de la corriente de muestra 25 que circula en el conducto 24; un dispositivo de reflujo 29 para hacer volver una fracción condensada de la corriente de muestra 25, que se ha condensado después de un enfriamiento de la corriente de muestra 25 en la parte 28, de nuevo al tubo principal 20; y una unidad de procesamiento y control 30 configurada con el fin de calcular la cantidad de especies condensables devueltas al tubo principal 20.

El conducto 24 conecta el tubo principal 20 al espectroscopio 22; en particular, el conducto 24 está conectado a un conector 31 montado en el tubo principal 20 y a una entrada 32 del espectroscopio 22 y, más exactamente, a la cámara de análisis del espectroscopio 22.

Ventajosamente, el conducto 24 se aparta verticalmente del tubo principal 20, y/o se extiende de forma sustancialmente vertical o inclinada hacia arriba del conector 31.

El dispositivo de regulación de temperatura 26 puede ser de uno de varios tipos. En general, el dispositivo 26 está configurado para reducir la temperatura de la corriente de muestra 25 cuando es demasiado alta y podría dañar los componentes del espectroscopio 22, en particular su sonda de fibra óptica.

Por ejemplo, el dispositivo 26 comprende: un circuito de enfriamiento 33, dispuesto alrededor de la parte 28 del conducto 24 y en el que circula un fluido de refrigeración (por ejemplo, aire o agua); y al menos un elemento de circulación 34 controlado por el controlador de temperatura 27 para circular el fluido de enfriamiento en el circuito de refrigeración 33.

El controlador de temperatura 27 (que también puede estar integrado en la unidad de procesamiento y control 30 del espectroscopio 22) es preferiblemente del denominado tipo "de bucle doble" y está conectado a un par de sensores de temperatura 35 y 36, respectivamente colocados hacia arriba y hacia abajo de la parte 28 del conducto 24 en la dirección de circulación de la corriente de muestra 25 en el conducto 24 (por ejemplo, los sensores de temperatura 35 y 36 están dispuestos en una entrada del conducto 24 y la entrada 32 del espectroscopio 22, respectivamente), para detectar la temperatura de la corriente de gas procedente de la planta de urea 1 a través del tubo principal 20 y de la corriente de muestra 25 analizada en el espectroscopio 22, respectivamente.

En particular, el controlador de temperatura 27 es un controlador del tipo proporcional-integral-derivada.

El controlador de temperatura 27 se pone a una temperatura (por ejemplo, 70°C) inferior a una temperatura umbral a la que los componentes del espectroscopio 22 podrían dañarse (en particular, la sonda o sondas de fibra óptica).

Ventajosamente, el dispositivo 26 también comprende un elemento de calentamiento 37, por ejemplo una resistencia eléctrica, colocado en el conducto 24 hacia abajo (siempre con referencia a la dirección de circulación de la corriente de muestra 25) de la parte 28 y del circuito de refrigeración 33, y, a su vez, operado por el controlador de temperatura 27 y/o por la unidad de procesamiento y control 30 para elevar la temperatura (unos pocos grados, digamos 1-5°C) de la corriente de muestra 25 después del enfriamiento inducido por el circuito de refrigeración 33, con el fin de evitar que las condiciones de saturación de la corriente de muestra 25 entren en el espectroscopio 22.

El enfriamiento inducido por el dispositivo 26 puede producir la condensación de especies químicas en la corriente de muestra 25. La fracción condensada vuelve al tubo principal 20 a través del dispositivo de reflujo 29. Por ejemplo, el dispositivo de reflujo 29 comprende una parte de recogida 38 del conducto 24; la parte 38 está colocada encima del tubo principal 20 y debajo de la parte de tratamiento térmico 28 del conducto 24 y está sustancialmente vertical o inclinada hacia el tubo principal 20 de modo que la fracción condensada caiga a su través al tubo principal 20 situado debajo, debido al efecto de gravedad.

La unidad de procesamiento y control 30 está configurada de manera que calcule la cantidad de especies condensables que se recirculan al tubo principal 20, mediante oportunos algoritmos de cálculo en base a modelos termodinámicos del proceso implementado en la planta de urea 1 y a los parámetros operativos de este proceso.

Opcionalmente, el sistema también incluye una válvula de cierre automático de emergencia 39, colocada en la entrada 32 del espectroscopio 22 o a lo largo del conducto 24, para interrumpir el suministro de la corriente de muestra 25 al espectroscopio 22 en caso de fallo/malfuncionamiento del controlador de temperatura 27; la válvula 39 interviene automáticamente después de cualquier aumento de calor no controlado (superior a un umbral de peligro preestablecido) para proteger el espectroscopio 22.

El espectroscopio 22, o más específicamente su cámara de análisis, tiene una salida 40 que está conectada al conducto de retorno 41; el conducto de retorno 41 está conectado al tubo principal 20 y, en particular, está montado en el tubo principal 20 hacia abajo del conector 31 en la dirección de circulación del gas de ventilación que circula en el tubo principal 20, para hacer volver la corriente de muestra 25 que pasó a través del espectroscopio 22 al tubo principal 20.

En el uso, una corriente de gas constituida por gas de ventilación producido en la planta de urea 1 circula en el tubo principal 20.

La corriente de gas contiene, puramente a modo de ejemplo, nitrógeno, oxígeno, argón, metano, amoníaco, hidrógeno y agua, y tiene una temperatura de aproximadamente 50-170°C.

Parte de la corriente de gas circula a través del conducto 24 y constituye la corriente de muestra 25 enviada, preferiblemente de forma continua, al espectroscopio 22.

Si la temperatura de la corriente de muestra 25 es inferior a una temperatura umbral preestablecida (como en condiciones operativas normales de la planta de urea 1), el controlador de temperatura 27 no opera el dispositivo de regulación de temperatura 26 y la corriente de muestra 25 llega al espectroscopio 22.

El espectroscopio 22 realiza análisis cualitativo y cuantitativo en la corriente de muestra 25.

Si el análisis detecta condiciones para la posible formación de mezclas explosivas, el sistema 2 genera una señal de alarma, en base a la que el dispositivo de inyección 21 es activado (manual o automáticamente) para inyectar vapor (por ejemplo, a 200-250°C) u otro fluido de control a la corriente de gas que circula en el tubo principal 20.

La inyección de vapor u otro fluido de control eleva la temperatura de la corriente de gas, y por lo tanto también la de la corriente de muestra 25, además de variar su composición, pero el sistema 2 también está configurado para operar efectiva y correctamente en condiciones distintas.

De hecho, si el controlador de temperatura 27 detecta, mediante los sensores de temperatura 35 y 36, una temperatura de la corriente de muestra 25 superior a la temperatura umbral, el controlador de temperatura 27 opera el dispositivo de regulación de temperatura 26 para enfriar la corriente de muestra 25 y poner de nuevo la temperatura de la corriente de muestra 25 por debajo de la temperatura umbral.

Oportunamente, el dispositivo 26 interviene entonces, mediante el elemento de calentamiento 37, para calentar ligeramente (unos pocos grados, por ejemplo 1-5°C) la corriente de muestra previamente enfriada 25 (en cualquier caso, manteniendo la temperatura por debajo de la temperatura umbral), con el fin de evitar condiciones de saturación de la corriente de muestra 25.

Cualquier fracción condensada de la corriente de muestra 25 cae de nuevo al tubo principal 20 a través del dispositivo de reflujo 29.

El sistema 2 analiza la corriente de muestra 25. El espectroscopio 22 toma mediciones a intervalos de tiempo predeterminados, u opera de forma sustancialmente continua, dependiendo de los tiempos de medición y respuesta del instrumento; la corriente de muestra 25, después de haber atravesado el conducto 24 y llegado al espectroscopio 22, vuelve al tubo principal 20 a través del conducto de retorno 41, más específicamente (preferiblemente) hacia abajo, en la dirección de circulación del gas de ventilación que circula en el tubo principal 20, del conector 31, o más bien del punto de muestreo donde la corriente de muestra 25 es tomada del tubo principal 20 y enviada al espectroscopio 22.

Cuando el sistema 2 detecta que han cesado las condiciones de posible formación de mezclas explosivas, el sistema 2 genera una señal de borrar todo, en base a la que se interrumpe (manual o automáticamente) la inyección del fluido de control (vapor o análogos) al tubo principal 20.

Finalmente, se entiende que se pueden hacer otras modificaciones y variantes relativas al sistema y al método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea y la planta de urea descrita e ilustrada en este documento sin apartarse del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (2) para análisis de gas de ventilación de una planta de urea (1), comprendiendo un instrumento de análisis cualitativo/cuantitativo de corriente de gas (22) y un conducto de muestreo (24) comprendiendo al menos una parte de tratamiento térmico (28) y que tiene un conector (31) conectable a un tubo principal (20) de la planta de urea (1) para transportar una corriente de muestra preferiblemente continua (25) de gas desde el tubo principal (20) al instrumento de análisis (22); siendo el instrumento de análisis un espectroscopio Raman (22); **caracterizándose** el sistema (2) porque el sistema (2) comprende un dispositivo de regulación de temperatura (26) y un controlador de temperatura (27), siendo operado el dispositivo de regulación de temperatura (26) por el controlador de temperatura (27) y actuando en la al menos única parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24) para ajustar la temperatura de la corriente de muestra (25) que circula en el conducto (24); donde el dispositivo (26) comprende un circuito de enfriamiento (33), dispuesto alrededor de la parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24) y en el que circula un fluido de refrigeración; y al menos un elemento de circulación (34) controlado por el controlador de temperatura (27) para circular el fluido de enfriamiento en el circuito de refrigeración (33); comprendiendo también el sistema un dispositivo de reflujo (29) para recoger y hacer volver al tubo principal (20) una fracción condensada de la corriente de muestra (25), condensada después de un enfriamiento de la corriente de muestra (25) en la parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24); y donde el controlador de temperatura (27) se pone a una temperatura inferior a una temperatura umbral que puede dañar componentes del espectroscopio (22).

2. El sistema según la reivindicación 1, comprendiendo una unidad de procesamiento y control (30) configurada con el fin de calcular la cantidad de especies condensables devueltas al tubo principal (20) en dicha fracción condensada de la corriente de muestra (25) condensada después del enfriamiento de la corriente de muestra (25) en la parte de tratamiento térmico (28).

3. El sistema según la reivindicación 1 o 2, donde el dispositivo de reflujo (29) comprende una parte de recogida (38) del conducto (24); estando colocada la parte de recogida (38) encima del tubo principal (20) y debajo de la parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24) y siendo sustancialmente vertical o inclinada hacia el conector (31) y por lo tanto hacia el tubo principal (20) de tal manera que la fracción condensada caiga a través de la parte de recogida (38) y al tubo principal (20) situado debajo por el efecto de gravedad.

4. El sistema según una de las reivindicaciones precedentes, donde el espectroscopio (22) está colocado encima del tubo principal (20) y el conducto (24) se aleja verticalmente del tubo principal (20), y/o se extiende sustancialmente vertical o inclinado hacia arriba del conector (31).

5. El sistema según una de las reivindicaciones precedentes, donde el controlador de temperatura (27) es un controlador del tipo de “doble bucle” y el sistema comprende un par de sensores de temperatura (35, 36) conectados al controlador de temperatura (27) y respectivamente colocados hacia arriba y hacia abajo, en una dirección de circulación de la corriente de muestra (25) en el conducto (24), de la parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24).

6. El sistema según una de las reivindicaciones precedentes, donde el dispositivo (26) también comprende un elemento de calentamiento (37), por ejemplo una resistencia eléctrica, colocado en el conducto (24) hacia abajo de la parte de tratamiento térmico (28) y el circuito de refrigeración (33) con referencia a una dirección de circulación de la corriente de muestra (25) en el conducto (24), y operado por el controlador de temperatura (27) para elevar la temperatura de la corriente de muestra (25) después del enfriamiento producido por el circuito de refrigeración (33) y evitar que las condiciones de saturación de la corriente de muestra (25) entren en el espectroscopio (22).

7. El sistema según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo una válvula de cierre automático de emergencia (39), colocada en una entrada (32) del espectroscopio (22) o a lo largo del conducto (24) para interrumpir el suministro de la corriente de muestra (25) al espectroscopio (22) en caso de una subida térmica por encima de un umbral de peligro preestablecido.

8. El sistema según una de las reivindicaciones precedentes, donde el espectroscopio (22) tiene una salida (40) conectada a un conducto de retorno (41), que se puede conectar al tubo principal (20), en particular hacia abajo del conector (31) en una dirección de circulación de gas de ventilación a través del tubo principal (20), para volver la corriente de muestra (25) transportada a través del espectroscopio (22) de nuevo al tubo principal (20).

9. Una planta de urea (1), comprendiendo un sistema (2) para análisis de gas de ventilación según una de las reivindicaciones precedentes.

10. Un método para análisis de gas de ventilación de una planta de urea (1), comprendiendo los pasos de: tomar una corriente de muestra preferiblemente continua (25) de gas de un tubo principal (20) de la planta de urea (1); y realizar un análisis cualitativo/cuantitativo de la corriente de muestra (25) por espectroscopia Raman realizada en un espectroscopio Raman (22); **caracterizándose** el método porque comprende los pasos de: controlar la temperatura de la corriente de muestra (25) analizada por espectroscopia Raman para mantener dicha temperatura por debajo de una temperatura umbral preestablecida que puede dañar componentes del espectroscopio (22); detectar la

temperatura de la corriente de muestra (25) en un conducto de muestreo (24) que transporta la corriente de muestra (25) al paso de análisis de espectroscopia Raman; y enfriar la corriente de muestra (25) si la temperatura detectada es más alta que la temperatura umbral preestablecida; recoger una fracción condensada de la corriente de muestra (25), condensada en el paso de enfriar la corriente de muestra (25), y hacer volver dicha fracción condensada al tubo principal (20) de la planta de urea (1).

11. El método según la reivindicación 10, comprendiendo, después del paso de enfriar la corriente de muestra (25), un paso de calentar ligeramente la corriente de muestra (25) para evitar que las condiciones de saturación de la corriente de muestra (25) entren en el paso de análisis de espectroscopia Raman.

12. El método según la reivindicación 10 o 11, donde el paso de detectar la temperatura de la corriente de muestra (25) comprende los pasos de detectar la temperatura hacia arriba y hacia abajo, en una dirección de circulación de la corriente de muestra (25) en el conducto (24), de una parte de tratamiento térmico (28) del conducto (24) en la que la corriente de muestra (25) es enfriada.

13. El método según una de las reivindicaciones 10 a 12, comprendiendo un paso de calcular la cantidad de especies condensables devueltas al tubo principal (20) en dicha fracción condensada de la corriente de muestra (25) condensada en el paso de enfriar la corriente de muestra (25).

14. El método según una de las reivindicaciones 10 a 13, donde el análisis de la corriente de muestra (25) es realizado en un espectroscopio Raman (22) colocado encima del tubo principal (20) y conectado al tubo principal (20) mediante un conducto de muestreo (24) que se aparta verticalmente, y/o que se extiende sustancialmente vertical o inclinado hacia arriba de un conector (31) uniendo el conducto (24) al tubo principal (20).

15. El método según una de las reivindicaciones 10 a 14, comprendiendo un paso de interrumpir el suministro de la corriente de muestra (25) al paso de análisis de espectroscopia Raman en caso de una subida térmica de la corriente de muestra (25) por encima de un umbral de peligro preestablecido.

16. El método según una de las reivindicaciones 10 a 15, comprendiendo un paso de hacer volver la corriente de muestra (25) analizada en el paso de análisis de espectroscopia Raman al tubo principal (20), en particular hacia abajo, en una dirección de circulación de gas de ventilación a través del tubo principal (20), de un punto de muestreo en el que la corriente de muestra (25) es tomada del tubo principal (20).

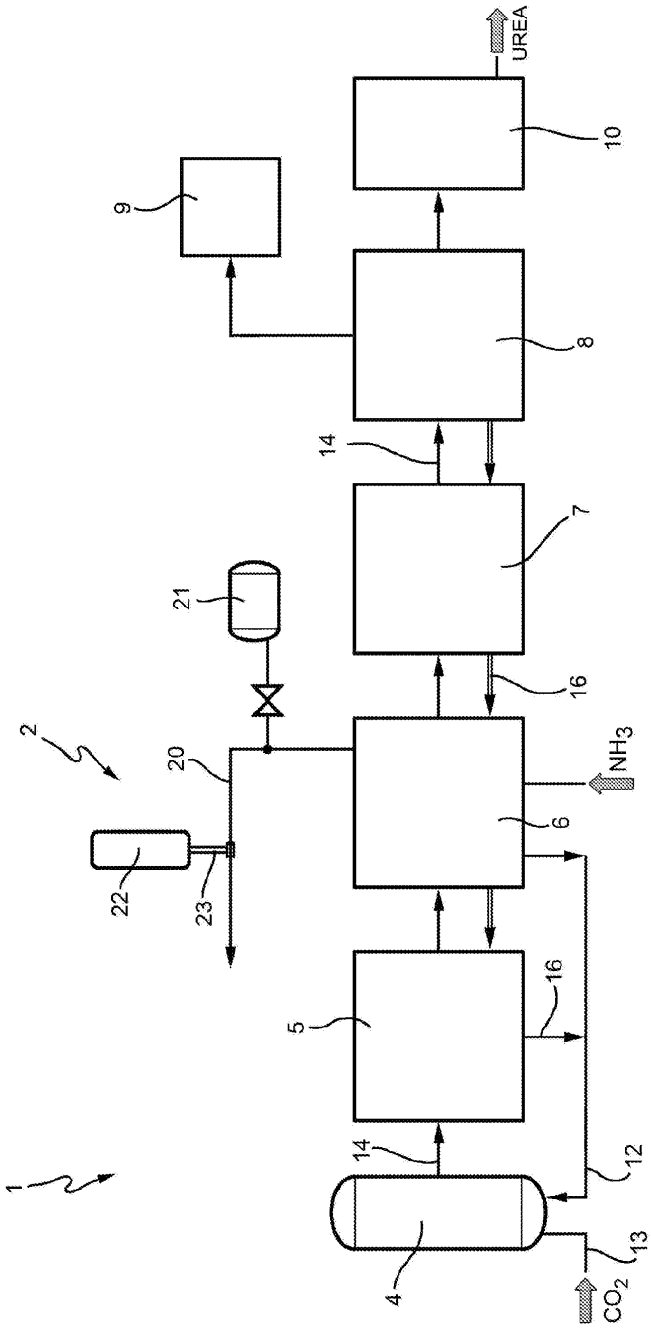

FIG. 1
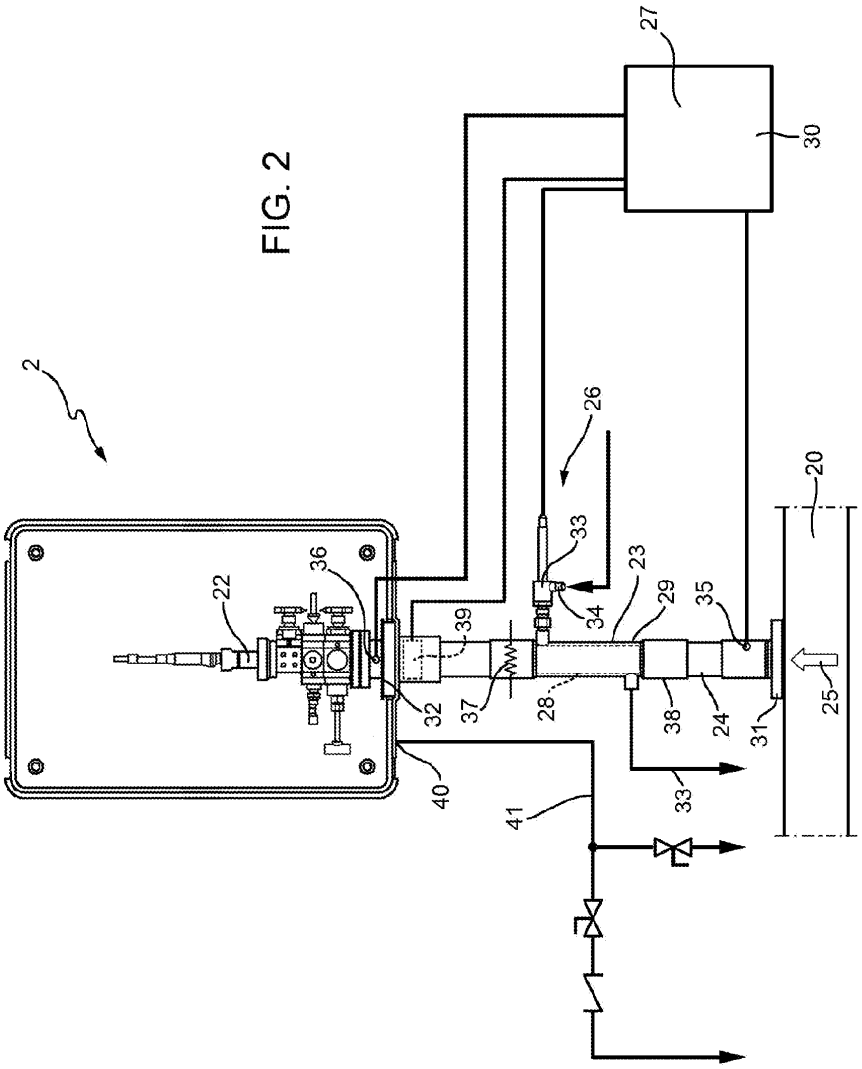
FIG. 2