



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 267 906**

51 Int. Cl.:
C01B 17/76 (2006.01)
F23J 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **02018250 .7**
86 Fecha de presentación : **22.08.2002**
87 Número de publicación de la solicitud: **1295849**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **26.03.2003**

54 Título: **Procedimiento para la combustión a baja temperatura de azufre para la fabricación de óleum y ácido sulfúrico.**

30 Prioridad: **04.09.2001 DE 101 43 176**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

73 Titular/es: **LANXESS Deutschland GmbH**
51369 Leverkusen, DE

72 Inventor/es: **Eichenhofer, Kurt-Wilhelm;**
Grabowski, Klaus-Peter;
Dräger, Günter;
Kürten, Martin y
Schweitzer, Martin

74 Agente: **Carpintero López, Francisco**

ES 2 267 906 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).

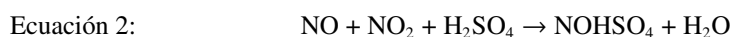
ES 2 267 906 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la combustión a baja temperatura de azufre para la fabricación de óleum y ácido sulfúrico.

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de óleum con una concentración de 10 a 45% en peso de SO₃ y ácido sulfúrico con una concentración de 94 a 100% en peso por combustión conjunta de azufre con oxígeno atmosférico y dado el caso gases que contienen SO₂ y NO_x procedentes de la disociación térmica del ácido sulfúrico, transformación de los gases que contienen SO₂ en gases que contienen SO₃ en contacto con vanadio y absorción de los gases que contienen SO₃ para la generación de óleum y/o ácido sulfúrico.

10 Por la literatura son conocidos y están descritos detalladamente distintos procedimientos para la fabricación de óleum y ácido sulfúrico. En los procesos térmicos (combustión de azufre con oxígeno atmosférico, tostación de sulfuro metálico, disociación de ácido sulfúrico, procesos de sulfato) se forman además de gases que contienen dióxido de azufre también óxidos de nitrógeno NO_x que se forman por encima de 1000°C directamente a partir de nitrógeno y oxígeno. Otra parte del NO se introduce con los propios productos. Bajo las condiciones de combustión se trata sin excepción de NO. El monóxido de nitrógeno se absorbe al igual que los gases que contienen trióxido de azufre que se forman a partir de los gases que contienen SO₂ al contacto con el vanadio, de modo que el ácido sulfúrico o el óleum formado se impurifica con NO absorbido en forma del ácido nitrosilsulfúrico. Debe aceptarse que el NO se transforma del modo siguiente en ácido nitrosilsulfúrico



El ácido nitrosilsulfúrico, analíticamente detectable por hidrólisis con agua dando HNO₂, es un fuerte agente de corrosión para el acero y los aceros al cromo-níquel y conduce a un notable desgaste superficial en aparatos y tuberías. Para la reducción del contenido de ácido nitrosilsulfúrico se incorpora por consiguiente conforme a una propuesta conocida solución de sulfato de dihidrazina al 40%.

30 En el documento DE-A-4 002 465 se describe un procedimiento con el que pueden eliminarse hasta el 95% en peso de los óxidos de nitrógeno totales. Es objeto del documento DE-A-4 002 465 un procedimiento para la fabricación continua de óleum de una concentración de 10 a 45% en peso de SO₃ y/o H₂SO₄ por combustión de azufre con oxígeno atmosférico conforme al principio de la combustión supra- y subestequiométrica, enfriamiento de los gases formados que contienen dióxido de azufre a 390°C a 480°C, reacción catalítica de estos gases a gases que contienen trióxido de azufre en un catalizador de contacto que contiene vanadio empleando el principio de la catálisis de contacto simple o doble, absorción de los gases que contienen trióxido de azufre tras enfriamiento, dado el caso separación de líquidos de los gases tras la absorción y obtención de energía, conduciéndose la combustión del azufre con oxígeno atmosférico con adición de gases que contienen SO₂ secos que contienen hasta 5.000 ppm de (NO)_x, preferiblemente por debajo de 2.000 ppm de (NO)_x, calculado como NO. Como gases que contienen SO₂ secos que pueden contener hasta 5.000 ppm de (NO)_x, calculado como NO, se utilizan gases de disociación de la disociación térmica de ácidos sulfúricos de desecho, pudiendo contener estos gases de disociación 5 a 10% en vol. de O₂, 5 a 8% en vol. de SO₂, < 200 ppm de CO, < 1.000 ppm de (NO)_x, < 50 ppm de compuestos hidrocarbonados y 82 a 90% en vol. de H₂O, N₂ y CO₂. Conforme a estos procedimientos los gases que contienen SO₂ secos pueden incorporarse directamente en la cámara de combustión en la que se realiza la combustión del azufre con oxígeno, o tras mezcla con aire de combustión en la cámara de combustión. Es importante que los gases que contienen SO₂ (gases que contienen SO₂ con contenido nitroso) se quemen junto con el azufre. En una variante de temperatura la combustión de azufre se realiza a temperaturas entre 500°C y 1.000°C (medida a la salida de la cámara de combustión antes del enfriamiento de los gases), en la mayoría de los casos entre 700°C y 950°C.

55 El procedimiento conocido tiene el inconveniente de que tiene lugar una descomposición de hasta el 95%. Las cantidades residuales de (NO)_x conducen sin embargo, como puede verse en los ejemplos, a concentraciones de > 25 mg de NO/Nm³. En la práctica esto significa que en la fabricación de óleum de alta concentración de 30 a 45% en peso, como el que se necesita para la fabricación de trióxido de azufre puro y óleum al 65%, se absorbió prácticamente la totalidad del NO en forma de ácido nitrosilsulfúrico y condujo a un fuerte enriquecimiento en los circuitos de óleum de la destilación de óleum. Solo por debajo de una concentración de 27% de SO₃ libre disminuye sensiblemente el grado de absorción de NO.

60 Por consiguiente el objetivo ha consistido en reducir considerablemente en el procedimiento existente el contenido de NO_x por debajo del 95% a contenidos de < 5 mg de NO/Nm³.

65 Sorprendentemente este objetivo se resuelve mediante el procedimiento conforme a la invención. Las ventajas del procedimiento conforme a la invención son la reducción del contenido de ácido nitrosilsulfúrico, la reducción de los costes de mantenimiento originados por la corrosión y la renuncia total a la utilización de solución de sulfato de dihidrazina en el sentido del planteamiento del objetivo conforme al artículo 37 de la ley de sustancias peligrosas de substituir las sustancias de trabajo cancerígenas.

ES 2 267 906 T3

Es por consiguiente objeto de la invención un procedimiento para la fabricación continua de óleum de una concentración de 10 a 45% en peso de SO_3 y/o ácido sulfúrico de una concentración de 94 a 100% en peso de H_2SO_4 por combustión de azufre con oxígeno atmosférico conforme al principio de la combustión supraestequiométrica, enfriamiento de los gases formados que contienen dióxido de azufre a 350°C a 500°C, reacción catalítica de estos gases enfriados a gases que contienen trióxido de azufre en un catalizador que contiene vanadio empleando catálisis de contacto simple o doble, absorción de los gases que contienen trióxido de azufre tras enfriamiento, dado el caso separación de líquidos de los gases tras la absorción y obtención de energía, en el que se inyecta en abanico azufre líquido en la corriente de gas de combustión caliente perpendicularmente a la dirección de la corriente principal mediante una o varias toberas de abanico bimodales.

En la solución del objetivo conforme a la invención la combustión de azufre se realiza en una cámara de combustión especial adecuada para la combustión de azufre líquido con pared de horno refrigerada. La refrigeración de la cámara de combustión se realiza a este respecto a través de la caldera de vapor, es decir a través de la pared de la caldera emplazada hacia fuera que consta de tubos individuales soldados entre sí. La introducción del azufre se realiza en una y/o varias etapas a través de varias toberas especiales instaladas periféricamente en la cámara de combustión con un coadyuvante de pulverización, la corriente de gas de combustión entra en la cámara de combustión sin rotación o con poca rotación y atraviesa esta en forma de una corriente de gotas exenta de corriente de retorno y con poca turbulencia en la cámara de combustión.

El gas de combustión de oxígeno atmosférico contiene habitualmente gases que contienen SO_2/NO_x secos de la disociación térmica del ácido sulfúrico que pueden contener hasta 5.000 ppm de NO_x , calculado como NO. Preferiblemente como gases que contienen SO_2 se utilizan gases de disociación secos de la disociación térmica de ácidos sulfúricos de desecho, conteniendo estos gases de disociación preferiblemente 4 a 10% en vol. de O_2 , 2 a 9% en vol. de SO_2 , < 200 ppm de CO, < 2.000 ppm de $(\text{NO})_x$, < 50 ppm de compuestos hidrocarbonados y 82 a 90% en vol. de N_2 y CO_2 .

En otra variante del procedimiento se utilizan como gases que contienen SO_2 secos que pueden contener hasta 5.000 ppm de NO_x , gases de combustión de la combustión de materiales que contienen azufre.

Preferiblemente la relación entre la cantidad de SO_2 de los gases añadidos de la disociación térmica y la cantidad de SO_2 de la combustión de azufre se encuentra entre 1:5 y 3:1.

Para la realización del procedimiento conforme a la invención los gases que contienen SO_2 secos se introducen directamente en la cámara de combustión en la que se realiza la combustión del azufre líquido con oxígeno o se introducen en la cámara de combustión tras mezclado con el aire de combustión. Es importante que los gases que contienen SO_2 que pueden contener hasta 5.000 ppm de NO_x (gases que contienen SO_2 con contenido nitroso), se quemen junto con el azufre. El contenido de NO a la entrada de la cámara de combustión puede encontrarse después de esto entre 0 y 5.000 ppm. El gas de combustión se precalienta aprovechando el calor de reacción de la instalación de contacto y entra en la cámara de combustión habitualmente a una temperatura de 250 a 350°C. La combustión de azufre del procedimiento conforme a la invención puede llevarse a cabo de modo conocido en una etapa o en varias etapas, preferiblemente en 2 etapas.

Mediante la técnica de pulverización especial en combinación con la cámara de combustión refrigerada y una disposición de dos etapas se mantiene la temperatura de la llama en un intervalo de 500°C a 700°C en función del rendimiento de combustión. A este respecto el NO contenido en el aire de combustión se descompone químicamente e impide la formación de nuevo NO, el llamado NO térmico.

Mediante una configuración conocida para el técnico en la materia de las superficies de intercambio de calor en el evaporador y el recalentador integrado se garantiza que la temperatura de salida de gases en la cabeza del aparato pueda ajustarse entre 350 y 500°C.

En el nuevo procedimiento se inyecta el azufre líquido con ayuda de toberas binarias especiales en forma de abanico en la corriente del gas de combustión. A este respecto las toberas de abanico se hacen funcionar de forma pulsátil con una frecuencia de 5 s^{-1} a 70 s^{-1} .

El funcionamiento pulsátil de las toberas de abanico se lleva a cabo en cadencia alternada entre la dilución de azufre líquido y la solicitación con aire, nitrógeno o una mezcla de gases de combustión correspondiente, respectivamente seco, comprimido a 0,2 a 1 MPa y calentado a 120°C a 150°C. Este funcionamiento pulsátil se designa habitualmente como "modo de funcionamiento bimodal".

Mediante esta autopulsación el funcionamiento de la tobera cambia constantemente entre funcionamiento a presión y binario.

Las toberas de abanico se disponen en la cámara de combustión en forma de anillo en grupos de respectivamente 3 a 8, preferiblemente de 4. Entre las etapas de combustión se efectúa un respectivo enfriamiento de los gases que contienen SO_2 por medio de superficies de evaporador. Tras cada etapa de combustión el gas se enfría preferentemente a 400 a 600°C.

ES 2 267 906 T3

En una cámara de combustión dispuesta verticalmente la mezcla de gases que contiene SO_2 y aire entra por abajo. La pared de la cámara de combustión está constituida por la pared de tubos de un evaporador con recirculación natural o un evaporador con recirculación forzada. La combustión se realiza básicamente supraestequiométricamente, es decir, con suficiente exceso de aire, en una o varias etapas, preferiblemente en una o dos etapas. El exceso de aire se encuentra preferiblemente en una relación molar de $\text{O}_2:\text{SO}_2$ de 1,1 a 0,9.

Conforme al planteamiento del objetivo la tobera de abanico pulverizadora bimodal debe ajustarse para que no se formen óxidos de nitrógeno y para reducir los óxidos de nitrógeno presentes en el aire de combustión. A este respecto deben tenerse en cuenta los siguientes conocimientos para una óptima pulverización:

- la formación de NO_x térmico depende de los picos de temperatura presentes en la llama, de su temperatura y del tiempo de acción,
- la reducción del NO_x presente y formado depende de la superficie del azufre que actúa de modo reductor así como de su distribución de área equivalente por la sección transversal de la cámara de combustión.

Para la pulverización del azufre resulta:

- distribuir el azufre en lo posible por toda la sección transversal de modo que el desprendimiento térmico local por unidad de superficie y el aire de combustión que circula sean de la misma magnitud,
- conseguir una temperatura de combustión lo más baja posible,
- impedir en lo posible una mezcla turbulenta.

Esto se consigue si el azufre se pulveriza con varias toberas de abanico distribuidas periféricamente en el contorno de la cámara de combustión perpendicularmente a la corriente del aire de combustión (corriente de gotas) que fluye con baja turbulencia e igual velocidad. Si la cantidad total del azufre a pulverizar se esparce y se introduce sucesivamente con disipación de calor intercalada, es posible aumentar el contenido de SO_2 a bajas temperaturas de combustión independientemente de la temperatura de combustión.

En la figura 1 se representa una posible disposición de toberas de abanico en dos planos de combustión de una caldera 1 vertical. En el aire de combustión 2 que contiene NO_x que fluye en una corriente de gotas en la caldera 1 se pulveriza en el plano de combustión 1 con varias toberas 3 azufre 4 con una forma de pulverización en abanico con ayuda de gas de pulverización 5. La sección A - B muestra la disposición de las toberas en la periferia de la caldera en el plano I. Tras la combustión del azufre se extrae calor del gas que fluye mediante un primer intercambiador de calor 6. Más corriente abajo sigue la pulverización del resto del azufre en el plano de combustión II mediante toberas híbridas 8 que pueden diferenciarse en número, capacidad, ángulo de pulverización y finura de pulverización de las toberas híbridas 3 del plano de combustión I. El subsiguiente intercambiador de calor representa todos los aparatos necesarios para la generación de vapor y precalentamiento del aire de combustión. El gas de proceso 9 que contiene SO_2 y exento de NO se envía a la doble catálisis de contacto.

Si la temperatura de combustión tiene que ser igual de alta en cada punto del tapiz de la llama, la liberación de calor y con ello la concentración de azufre por unidad de superficie deben ser de la misma magnitud. Esto significa que en la proximidad de la pared interior de la cámara de combustión, debido a que la superficie aumenta cuadráticamente con el radio, debe introducirse homogéneamente distribuida una cantidad de azufre desigualmente mayor que en el centro del tapiz de la llama. Si se considera la sección transversal total de la cámara de combustión compuesta por una superficie circular interior con el diámetro d y la superficie de corona circular con los diámetros D y d que se encuentra entre la superficie circular interior y la pared interior de la cámara de combustión y se adopta además que d es la mitad de D , entonces solo un cuarto del azufre debe llegar a la superficie interior encerrada por d mientras que tres cuartos del azufre a la superficie de corona circular.

En la figura 2 se representa gráficamente una selección de desarrollos del servicio a realizar de una tobera de abanico. La fig. 2a muestra un servicio con dos estados de servicio constantes durante un periodo de pulverización. La pulverización del líquido durante un periodo se realiza entre las pausas en las que de la tobera híbrida solo sale gas de pulverización. En este punto del servicio la relación de los flujos máscos de gas de pulverización y de líquido κ adopta el valor de infinito ($\kappa = \infty$). Tras el fin de la pausa comienza la pulverización binaria primeramente con muchísimo gas de pulverización y poquísimo líquido. A medida que pasa el tiempo la proporción de líquido crece y la proporción de gas de pulverización se hace menor hasta $\kappa = 0$, el punto en el que la tobera de abanico funciona como pura tobera de presión y este estado se mantiene durante breve tiempo. Después de esto comienza nuevamente la pulverización binaria, caracterizada por una relación de flujos máscos κ deslizante. Con $\kappa = \infty$ se alcanza el estado de servicio "pausa"; con esto concluye un periodo de pulverización.

Mediante los estados de servicio variantes tiene lugar una pulverización de muy alto espectro de gotas - hasta 1:1.000. Las gotas más finas se producen al principio y al final de la pulverización binaria, las más grandes durante el periodo de toberas de presión. Durante las dos fases de la pulverización binaria cambia constantemente el tamaño del diámetro de gota medio d_{50} con la variación de κ . La mayor amplitud de proyección se alcanza con gotas gruesas mediante el servicio de toberas de presión. El número de las gotas así producidas y con ello la proporción de las gotas

ES 2 267 906 T3

que penetran ampliamente en el gas que fluye transversalmente puede influirse por variación de la presión y de la frecuencia de pulsación.

5 En la figura 2b se representa un posible estado de servicio en el que un periodo de pulverización se compone solo de pausa y pulverización binaria. Con ello se consigue que tanto el tamaño de gota medio d_{50} como también el diámetro de gota máx. disminuyan. La pulverización se hace más fina y la amplitud de proyección se reduce.

10 La figura 2c muestra un desarrollo constituido solamente por una pulverización binaria. Durante un periodo ni se alcanza el estado de servicio pausa ni tiene lugar una pulverización de presión.

15 La figura 3 muestra un diagrama de rendimiento cualitativo de dos toberas de abanico de distinto tamaño y capacidad. Con el flujo másico del líquido como parámetro se representa el flujo volumétrico del gas de pulverización en función de la pérdida de presión Δp de la tobera de abanico. Las dos flechas que apuntan inclinadas hacia abajo indican la dirección del flujo másico creciente del líquido. A pérdida de presión constante el diámetro de gota medio d_{50} crece al aumentar el flujo másico m de líquido; la relación de flujos másicos κ se comporta a la inversa, disminuye.

20 Otro parámetro que influye sobre la finura de pulverización es el ángulo de pulverización φ . Como las mediciones del tamaño de las gotas para toberas de abanico en función del ángulo de pulverización φ son conocidas hasta ahora solamente de modo incompleto, la influencia del ángulo de pulverización φ en toberas de abanico, cuya anchura de ranura varía con el ángulo de pulverización, solo puede estimarse aceptando que las dependencias conocidas de la pulverización con toberas de presión en toberas con salida de tobera circular como $d_{50} \sim d_{\text{orificio}}$ y $d_{50} \sim 1/\Delta p^{0,33}$ tienen también validez para las toberas de abanico. Referido a un ángulo de pulverización medio de $\varphi = 90^\circ$ sería de esperar una variación del diámetro de gota medio de hasta un 1% por 1° de desviación del ángulo de pulverización desde un
25 ángulo de pulverización medio de $\varphi = 90^\circ$.

30 La influencia de la relación de flujos másicos κ sobre la finura de pulverización en la pulverización binaria puede describirse en primera aproximación con la función de $d_{50} \sim 1/e^\kappa$. Como la tobera de abanico se hace funcionar habitualmente en el intervalo de $0,05 \leq \kappa \leq 0,25$, pequeñas variaciones de κ conducen a relativamente grandes variaciones del diámetro de gota medio d_{50} .

35 La finura de pulverización se ve influida, como se ha mencionado anteriormente, por la anchura de ranura de la ranura de salida de silueta rectangular. Mayores caudales requieren mayores toberas y con ello también mayores ranuras de salida con ranura correspondientemente más ancha. Puesto que, como ya se ha mencionado anteriormente, la anchura de ranura influye esencialmente en la finura de pulverización, con κ constante d_{50} se incrementa al utilizar toberas mayores.

40 Debido a las muchas posibles intervenciones para la configuración de la finura de pulverización, el espectro de gotas y la amplitud de proyección, la variación de la finura de pulverización durante el funcionamiento por variación de la caída de presión Δp en la tobera y, cuando se utilizan varias lanzas distribuidas en la periferia, la posibilidad del cambio de toberas durante el servicio, la pulverización con toberas de abanico cumple las exigencias en lo que respecta a la combustión del azufre exenta de NO_x y la eliminación adicional de los óxidos de nitrógeno presentes en el aire de combustión mejor que el estado de la técnica conocido.

45 En la figura 4 se expone una posible forma de realización del procedimiento conforme a la invención sin que el procedimiento conforme a la invención deba limitarse a la misma:

- 1 Secador de aire
- 50 2 Secador de gas
- 3 Soplante
- 4 Intercambiador de calor
- 55 5 Quemador de azufre/Caldera de vapor
- 6 Intercambiador de calor
- 60 7 Contacto previo
- 8 Intercambiador de calor
- 9 Intercambiador de calor
- 65 10 Absorbedor de óleum 1
- 11 Absorbedor de óleum 2

ES 2 267 906 T3

12 Absorbedor intermedio

13 Filtro

5 14 Contacto posterior

15 Intercambiador de calor

16 Absorbedor final

10 17 Filtro

18 Aire

15 19 Azufre

20 Gas que contiene SO_2/NO_x procedente de una disociación térmica de ácido sulfúrico o de otras fuentes

21 Óleum

20 22 Ácido sulfúrico

23 Humos de chimenea

25 El procedimiento conforme a la invención se explicará además con más detalle con ayuda de los ejemplos siguientes sin que esto deba considerarse una limitación.

Figuras

30 Figura 1: Toberas en la etapa A a B

Figura 2: Esquema de desarrollos de servicio

Figura 3: Diagrama de rendimiento

35 Figura 4: Diagrama de procedimiento

Ejemplos

40 Ejemplo 1

En una instalación técnica para la producción de óleum de la concentración de 15 a 38% en peso de SO_3 libre y ácido sulfúrico de la concentración de 96,5 a 99,5% en peso de H_2SO_4 basada en la combustión de azufre líquido empleando la combustión de azufre supraestequiométrica y el procedimiento de contacto doble 3 + 2 se secaron 38.000 Nm^3 de aire con un secador de gas a 65°C. En una cámara de combustión se pulveriza azufre líquido con aire seco a través de 4 toberas binarias que están instaladas simétricamente en la cámara de combustión junto con una tobera de encendido y se quema dando gas que contiene SO_2 a una temperatura de 651°C. El gas se alimenta a un contacto previo de 3 pisos. El contenido de NO se encuentra en el ensayo de comparación sin dosificación adicional por debajo del límite de detección del aparato de medición en línea de < 2 mg de NO/m^3 . El gas se procesa de modo conocido como se representa en la figura 4 dando ácido sulfúrico al 98,5% y óleum al 35%.

Las toberas están dispuestas como se representa en la figura 1 en sección A - B. Las toberas tenían un rendimiento, referido a agua, de 500 l/h (sección transversal DN 50). El aire protector exterior que no participa en la pulverización ascendió a 30 m^3/h por tobera. En 4 toberas se pulverizaron 3.450 kg de azufre/h a una presión de 490 kPa y 130°C junto con en total 1.000 m^3/h de aire de pulverización a 130 grados. La longitud de llama alcanza hasta el lado de enfrente, de modo que se cubre la superficie completa de la cámara de combustión. La imagen de la llama de la llama blanca clara es uniforme. Al introducir el aire mediante cajas de aire dispuestas radialmente la llama se enrolla, con lo que se produce un determinado deslizamiento de gas.

Delante de la soplante se introducen en el aire seco distintas cantidades de gas NO desde una bomba de gas. Los valores de medición resultantes de ello en la salida de la caldera de vapor están representados en la siguiente tabla 1:

65

ES 2 267 906 T3

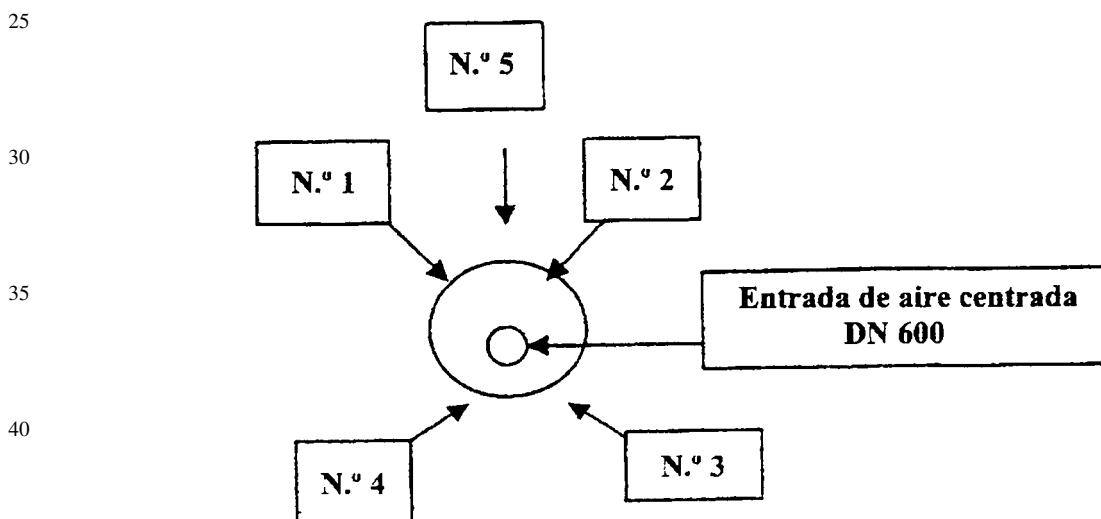
	Adición continua de gas NO en [l/h]	mg de NO/Nm ³ en la salida del horno	Tasa de descomposición en % referido a la cantidad utilizada
5	0	1	no tiene lugar
	1.000	10	72
10	2.000	20	71
	2.500	26	71

15 En un 2º plano de combustión similar al anteriormente indicado pueden alcanzarse luego con seguridad con una concentración original de 100 mg de NO/Nm³ 9 mg correspondientes a una tasa de descomposición del 91%.

Ejemplo 2

20 En un ensayo como el anterior se produjo sin embargo una corriente de gotas en la que se introdujo aire perpendicularmente al plano de la llama. Las toberas de azufre estaban dispuestas del modo siguiente:

Disposición de toberas en el horno



45 Tobera 5 = Tobera de encendido (autoencendido del azufre mediante aire caliente de aprox. 500°C).

a) Combustión con 2 toberas y tobera de encendido n.º 5

50 Con las toberas de azufre n.º 1 (580 kg/h), n.º 2 (830 kg/h) y n.º 5 (590 kg/h) se quemaron conjuntamente 2.000 kg de azufre/h. La cantidad de aire total de aprox. 25.550 Nm³/h se precalentó a 270°C. Tras la combustión resultó un gas que contenía SO₂ de 440°C con un contenido de SO₂ del 5,48% en vol. La presión de azufre en las toberas ascendió a 560 kPa. La cantidad de aire comprimido ascendió en total a 430 m³/h.

55

60

65

	Adición continua de gas NO en [l/h]	mg de NO/Nm ³ en el aire de combustión (calculado)	mg de NO/Nm ³ en la salida del horno	Tasa de descomposición en % referido a la cantidad utilizada
	0	0	0	no tiene lugar
	2.500	131	68	48
	3.500	183	116	37
	4.500	236	147	38

ES 2 267 906 T3

b) Combustión con 3 toberas y tobera de encendido n.º 5

5 Con las toberas de azufre n.º 1 (660 kg S/h), n.º 2 (610 kg S/h), n.º 3 (900 kg S/h) y n.º 5 (410 kg S/h) se quemaron conjuntamente 2.580 kg de azufre/h. La cantidad de aire total de aprox. 36.330 Nm³/h se precalentó a 160°C. Tras la combustión resultó un gas que contenía SO₂ de 913°C con un contenido de SO₂ del 5,01% en vol. La presión de azufre en las toberas ascendió a 560 kPa. La cantidad de aire comprimido ascendió en total a 430 m³/h.

Adición continua de gas NO en [l/h]	mg de NO/Nm ³ en el aire de combustión (calculado)	mg de NO/Nm ³ en la salida del horno	Tasa de descomposición en % referido a la cantidad utilizada
0	0	0	no tiene lugar
2.500	92	0	100
3.500	129	36	72
4.500	165	68	59

c) Combustión con 4 toberas y tobera de encendido n.º 5

25 Con las toberas de azufre n.º 1 (810 kg S/h), n.º 2 (780 kg S/h), n.º 3 (490 kg S/h), n.º 4 (830 kg S/h) y n.º 5 (690 kg S/h) se quemaron conjuntamente 3.600 kg de azufre/h. La cantidad de aire total de aprox. 44.800 Nm³/h se precalentó a 70°C. Tras la combustión resultó un gas que contenía SO₂ de 835°C con un contenido de SO₂ del 5,48% en vol. La presión de azufre en las toberas ascendió a 560 kPa. La cantidad de aire comprimido ascendió en total a 460 m³/h a una presión de 550 kPa.

Adición continua de gas NO en [l/h]	mg de NO/Nm ³ en el aire de combustión (calculado)	mg de NO/Nm ³ en la salida del horno	Tasa de descomposición en % referido a la cantidad utilizada
0	0	0	no tiene lugar
4.000	120	0	100

ES 2 267 906 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación continua de óleum de una concentración de 10 a 45% en peso de SO_3 y/o ácido sulfúrico de una concentración de 94 a 100% en peso de H_2SO_4 por combustión de azufre con oxígeno atmosférico en una cámara de combustión conforme al principio de la combustión supraestequiométrica, enfriamiento de los gases formados que contienen dióxido de azufre a 350°C a 500°C, reacción catalítica de estos gases enfriados a gases que contienen trióxido de azufre en un catalizador que contiene vanadio empleando catálisis de contacto simple o doble, absorción de los gases que contienen trióxido de azufre tras enfriamiento, dado el caso separación de líquidos de los gases tras la absorción y obtención de energía, **caracterizado** porque se inyecta en abanico azufre líquido en la corriente de combustión caliente perpendicularmente a la dirección de la corriente principal mediante una o varias toberas de abanico bimodales.

2. Procedimiento conforme a la reivindicación 1, **caracterizado** porque a la corriente de gas de combustión de oxígeno atmosférico se le mezclan antes de la combustión gases procedentes de la disociación térmica del ácido sulfúrico que contienen SO_2/NO_x secos que pueden contener hasta 5.000 ppm de NO_x calculado como NO.

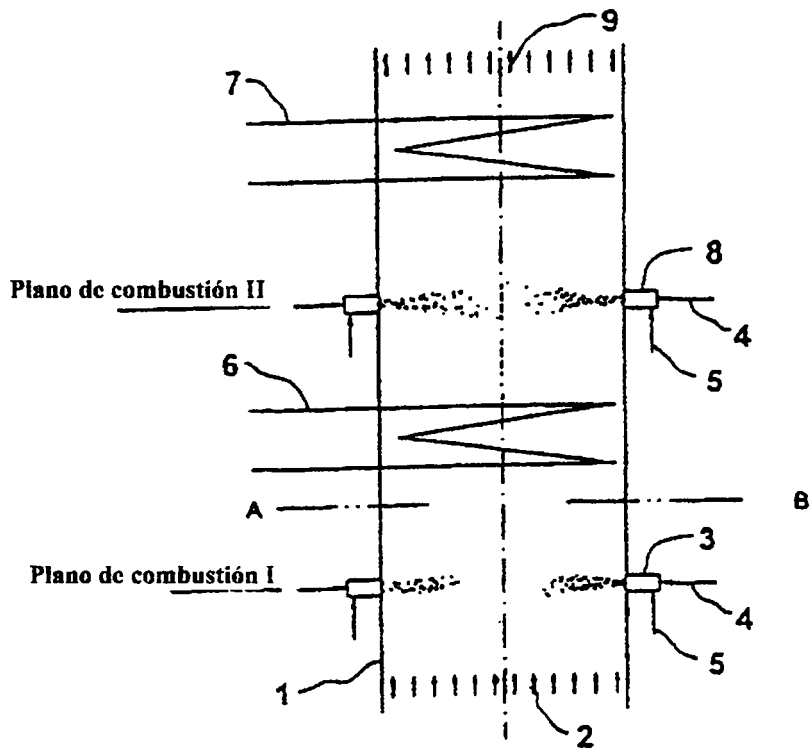
3. Procedimiento conforme a la reivindicación 2, **caracterizado** porque los gases procedentes de la disociación térmica del ácido sulfúrico que contienen SO_2 y NO_x secos contienen 4 a 10% en vol. de O_2 , 2 a 9% en vol. de SO_2 , < 200 ppm de CO, < 2.000 ppm de $(\text{NO})_x$, < 50 ppm de compuestos hidrocarbonados y 82 a 90% en vol. de N_2 y CO_2 .

4. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque la cámara de combustión está dispuesta perpendicularmente integrada en un evaporador con recirculación natural o forzada.

5. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque el azufre líquido se introduce a través de 3 a 8 toberas de abanico dispuestas en forma anular en la cámara de combustión.

6. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque las toberas de abanico se solicitan periódicamente alternadamente con azufre líquido y con aire, nitrógeno o una mezcla de gases de combustión respectivamente seco, comprimido a 200 a 1.000 kPa y calentado a 120°C a 150°C.

7. Procedimiento conforme a una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque la pulverización del azufre se realiza en un ángulo de 70° a 110° perpendicularmente a la dirección de flujo de la corriente de gas de combustión.



Sección A - B

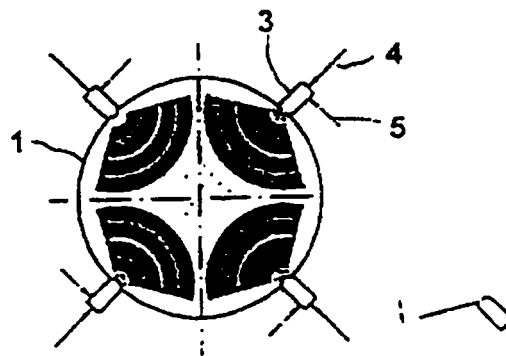


Fig. 1

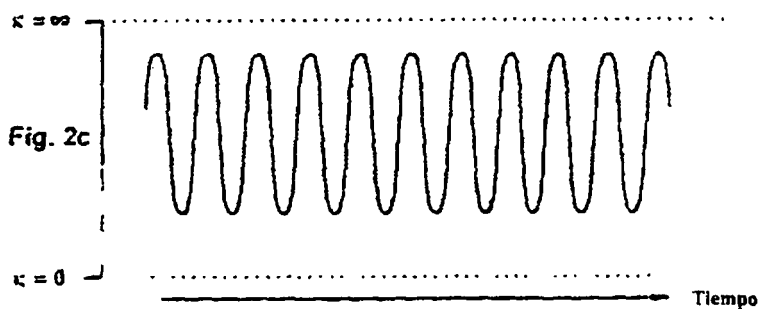
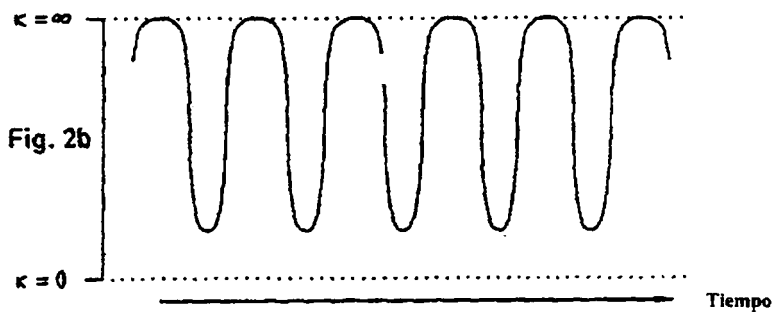
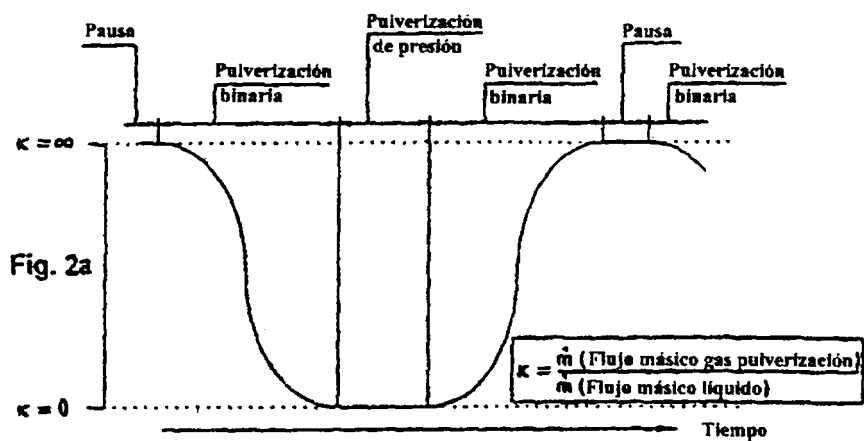


Fig. 2

$$\kappa = \frac{\dot{m}_g \text{ (Flujo másico gas pulverización)}}{\dot{m}_l \text{ (Flujo másico líquido)}}$$

d_{50} = Diámetro de gota medio
 \dot{m}_L = Flujo másico líquido

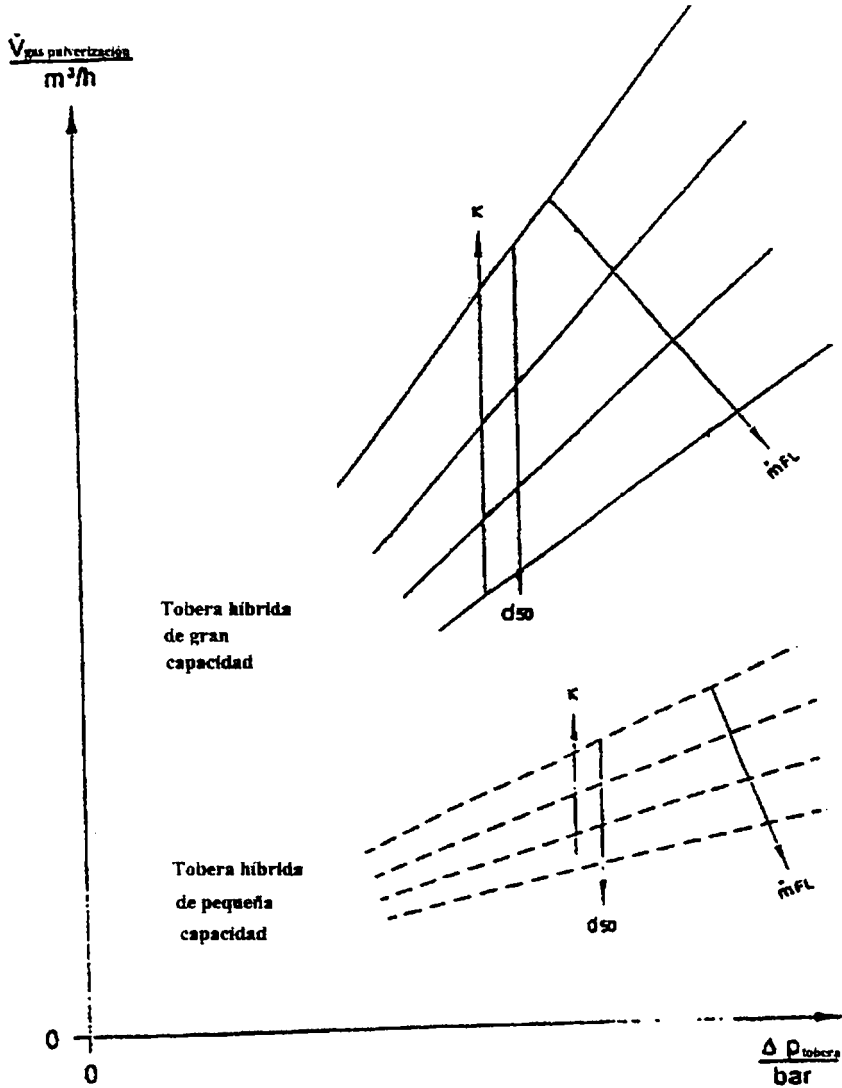


Fig. 3

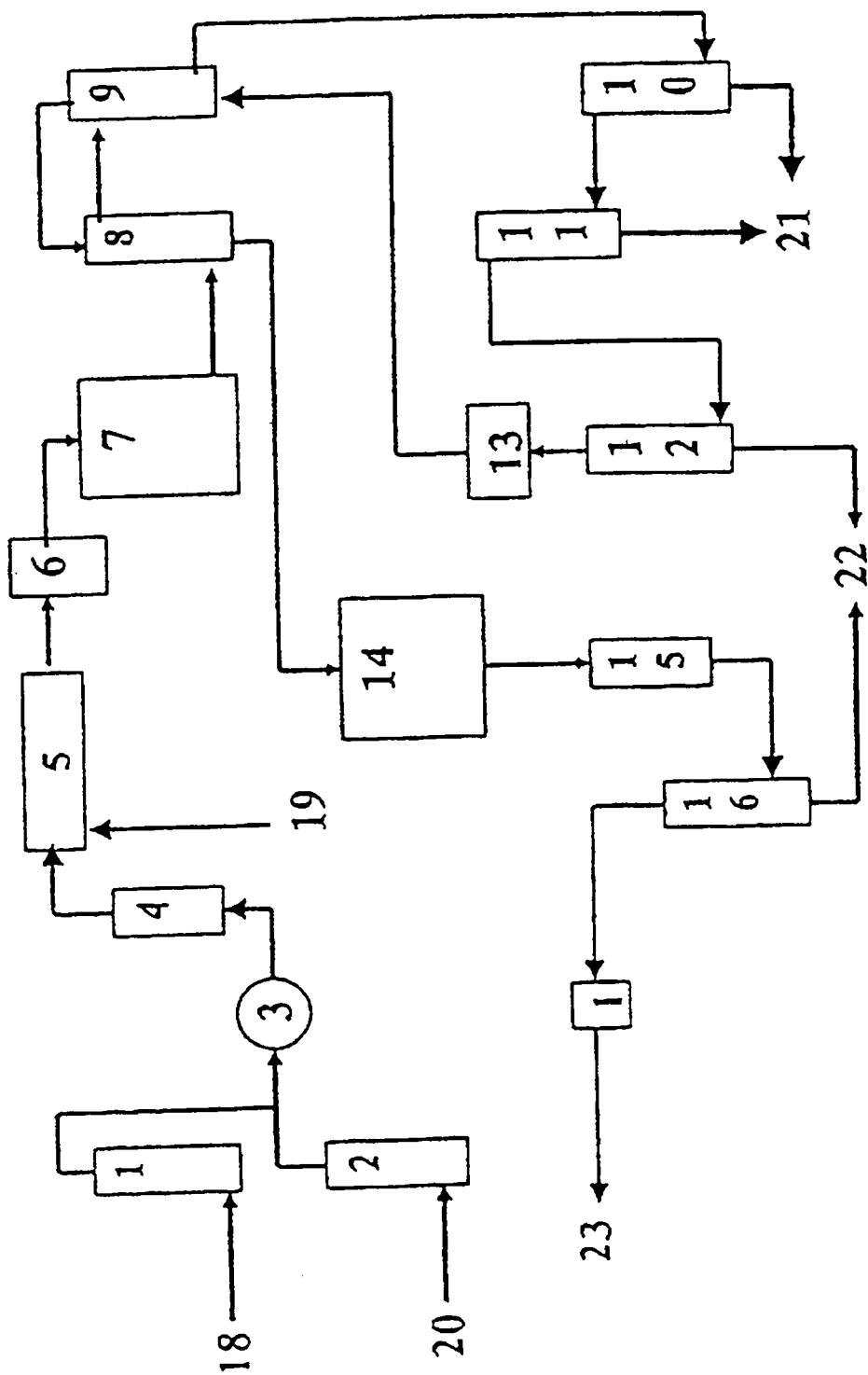


Fig. 4