

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 803**

51 Int. Cl.:

F23D 11/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2011** **E 11769847 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2015** **EP 2627949**

54 Título: **Proceso para la combustión de un líquido**

30 Prioridad:

11.10.2010 DE 102010047895

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.04.2016

73 Titular/es:

OUTOTEC (FINLAND) OY (50.0%)
Rauhalanpuisto 9
02230 Espoo, FI y
SAACKE GMBH (50.0%)

72 Inventor/es:

DAUM, DIPL.-ING. KARL-HEINZ;
SCHALK, DIPL.-ING. WOLFRAM;
HEIN, DR.-ING. JEAN CLAUDE;
SCHÜLLER, DIPL.-ING. THOMAS;
EMICH, DIPL.-ING. LUDWIG;
RIEGER, BERNHARD;
STERNER, DIETER y
ARNING, JOHANN-PETER

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 565 803 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Proceso para la combustión de un líquido

La presente invención se refiere a un proceso para la combustión de un líquido, en donde el líquido es atomizado por medio de un atomizador rotatorio e introducido dentro de una cámara de combustión, en donde el mismo es evaporado y quemado de manera subsiguiente, en que el líquido es cargado en el interior de una copa y, debido a la rotación de la misma, se forma una película líquida en su interior, y en donde partes de la película líquida son despedidas radialmente fuera del borde de la copa dentro de la cámara de combustión.

El documento WO 94/10502A1 describe un proceso para la combustión de un líquido en una cámara de combustión, en que el líquido es atomizado por medio de un atomizador rotatorio e introducido dentro de la cámara de combustión, donde es evaporado y quemado de manera subsiguiente, en que el líquido es cargado en el interior de una copa, en la que debido a la rotación de la copa se forma una película de líquido en su interior, y en que partes de la película líquida son despedidas radialmente fuera del borde de la copa dentro de la cámara de combustión.

En la producción de ácido sulfúrico el azufre atómico es quemado, por lo que se forma dióxido de azufre. Este dióxido de azufre es convertido entonces catalíticamente en trióxido de azufre que, por absorción con el propio ácido sulfúrico, puede ser convertido en ácido sulfúrico.

Para lograr una producción de dióxido de azufre (SO₂) tan completa como sea posible, una atomización del azufre tan fina como sea posible y una entremezcla con el aire de combustión tan buena como sea posible debe ser lograda en el quemador, a fin de lograr una combustión tan completa como sea posible por medio de la ruta más corta. Los quemadores adecuados están descritos, por ejemplo, en "Winnacker/Kuchler, Cernische Technik: Prozesse und Produkts", editado por Roland Dittmeyer, Wilhelm, Gerhard Kreysa, Alfred Oberhulz, Vol.3 Weinheim, 2005, pp. 37 ff.

Para producir una distribución extremadamente fina del azufre, una posibilidad consiste en soplar el mismo dentro de la cámara de combustión bajo presión. Tales atomizadores a presión pueden estar diseñados también como quemadores binarios e incluyen una boquilla para el azufre con una camisa para el vapor y aire comprimido para soportar la atomización. El uso de vapor tiene la ventaja de que el azufre es mantenido a una temperatura de operación óptima, pero al mismo tiempo, involucra el riesgo de que en caso de una fuga de agua ésta puede entrar dentro del sistema. Para una combustión completa del azufre, los atomizadores de presión (llamados también "Pistolas de Azufre") requieren de una cámara de combustión relativamente larga debido a una llama grande de combustión.

El rendimiento de una boquilla solamente puede ser variado en una escala desde 70 hasta 100% en base a la carga total de esta boquilla. Para poder operar la planta con flujo de masas diferentes, no es posible alimentar flujos de masas diferentes dentro del quemador individual, sino más bien dentro de una pluralidad de quemadores conectados en paralelo. En el caso de una operación de carga parcial (operación de carga débil; por debajo de la operación a carga completa) no son usados todos los quemadores. Otra posibilidad es proveer boquillas de tamaños diferentes en una planta, que son intercambiadas durante el reposo de la planta. El tamaño de la boquillas individuales es adaptado entonces al respectivo flujo de masa.

A mayor abundancia, son usados quemadores ultrasónicos de azufre, que están basados en el principio de acción de un oscilador acústico operado con gas. Este oscilador genera un campo con ondas acústicas de alta frecuencia a un rango de entre 18.000 y 23.000 Hz. Cuando el azufre líquido pasa a través de este campo son formadas gotas muy pequeñas con un diámetro de entre 20 y 160 µm. Este proceso requiere azufre con una presión de alimentación de aproximadamente 1 bar por encima de la presión de alimentación de la cámara de combustión y en adición un gas muy seco como medio de propagación para las ondas acústicas, que deben estar bajo una presión de 2 a 3 bar por encima de la presión de la cámara de combustión. El uso del aire seco hace a este proceso muy costoso, ya que aproximadamente 1.000 Nm³ de aire seco cuestan EUR 120,00 y son requeridos por tonelada de azufre que ha de ser convertida aproximadamente 100 Nm³ de aire.

El atomizador rotatorio "Luro" está basado en una copa rotatoria dentro de la cual está cargado el azufre. Debido a la fuerza centrífuga, una película líquida uniforme es formada en el interior de la copa durante la rotación. En el borde de la copa, esta película líquida es despedida radialmente hacia afuera dentro de la cámara de combustión y, así, es distribuida muy fina y de manera uniforme, lo que provee una evaporación muy rápida. Debido a la distribución fina, es obtenida una llama corta del quemador con una combustión completa, lo que conduce a gases con hasta 18 a 19 % en volumen de SO₂. En particular en plantas con pequeña capacidad se emplean gases con aproximadamente 11,5 % en

volumen de SO₂. La longitud del horno puede ser reducida hasta un 50% de la longitud requerida para atomizadores a presión y permite una carga de la cámara de combustión extremadamente alta de hasta 8 GJ m⁻³. La llama corta y caliente conduce también a un contenido inferior de NO_x del gas de escape producido. Así, rangos de carga de entre 40 y 100% basadas en el rango de carga total pueden ser hechas discurrir con el quemador *Luro* durante la continuación de la operación.

Especialmente en tiempos de precios de la materia prima con una alta fluctuación, las plantas son operadas a menudo durante un corto tiempo con una utilización reducida. Ya que el quemador *Luro* es distintivamente más complejo en su diseño que un simple atomizador a presión, no puede ser reemplazado simplemente por un modelo que está diseñado para flujos de masas más pequeños.

Además, el arranque de una planta es facilitado cuando, inicialmente, solamente se pueden introducir flujos de masas muy pequeños con relación a la carga total.

Por lo tanto, es un objetivo de la presente invención proveer un proceso con el cual todos los rangos de carga entre 10 y 100 %, en base a la operación de carga total puedan ser cubiertos de manera directa con un atomizador rotatorio simple.

De acuerdo con la invención, este objetivo está resuelto con las características de la reivindicación 1. En realidad el espesor de la película líquida en la copa es decisivo para una separación uniforme en el borde de la copa y, así, para una distribución fina rápida y extremadamente completa en la cámara de combustión. Este espesor de la película líquida debe estar ajustado por lo tanto a un rango de entre 200 y 1000 µm.

De modo particularmente ventajoso, el espesor de la película líquida es ajustado a un rango de entre 350 y 500 µm. Con tal espesor de la película líquida, las no uniformidades en la llama de combustión también pueden ser compensadas.

De acuerdo a una realización no cubierta por la invención, este proceso es igualmente adecuado para la introducción de azufre líquido y/o hidrocarburos líquidos dentro del horno en una forma muy finamente distribuida. La introducción de hidrocarburos para el calentamiento del horno debe ser efectuada igualmente en una distribución muy fina, ya que, de lo contrario pueden formarse gotitas en la pared porosa de la cubierta del horno. Cuando se alcanzan temperaturas más altas, estas gotitas pueden expandirse o incendiarse como una explosión, que, en cualquier caso, conduce a un daño en la pared del horno. Cuando se usan hidrocarburos líquidos como líquido, esto puede asegurarse mediante el uso del quemador con el proceso de acuerdo a la invención que a pesar de la radiación del horno con una temperatura de hasta 1200 °C o más los hidrocarburos no sufren cracking. Esto también evitará el riesgo de la formación de alquitrán.

No obstante, de acuerdo con la invención, como el azufre es usado como líquido, es necesario también opera a un rango de temperatura estrecho. El azufre se licúa a 115 °C. En particular cuando se usa aire primario en el atomizador rotatorio, la temperatura puede caer por debajo de esta temperatura, así que pueden suceder precipitaciones y aglutinaciones. Por otra parte, si el azufre es calentado a una temperatura de más de 160 °C, la viscosidad del azufre cambia abruptamente y el líquido se hace grueso, lo que hace asimismo imposible una fina distribución en la cámara de combustión.

Ha resultado ser particularmente práctico impulsar la copa por medio de un motor, preferiblemente un motor eléctrico.

Para controlar el motor, que actúa directamente en el control de la velocidad de la copa, por lo menos un campo de datos característico puede ser almacenado en el control del motor, en el cual el espesor de la película líquida formada es almacenado con relación al flujo de masa del líquido y la velocidad de rotación de la copa. Una relación entre el flujo de masa del líquido y la velocidad de rotación de la copa es generada a partir de los mismos. Puesto que el flujo de masa es ya conocido como una cantidad fijada desde el controlador de la planta central, la velocidad requerida puede ser determinada directamente y ser ajustada automáticamente para cada flujo de masa por medio del campo de datos característico.

El campo de datos característico puede ser generado ya sea porque el volumen presente en la copa es calculado a partir del flujo de masa introducido o relacionado a la superficie que ha de ser humedecida. Sin embargo, ese cálculo teórico requiere suposiciones sobre el flujo de masa descargado y por lo tanto es muy difícil su transferencia a un proceso dinámico tal como el lento arranque de la planta.

A mayor abundancia, es posible operar la copa con un flujo de masa fijo a diferentes velocidades de rotación o variar el flujo de masa a un cierto número de revoluciones y además calcular cada espesor de la capa. Esto da como resultado una matriz en la cual pueda estar localizado a qué flujo de masa, qué velocidad es posible o a qué velocidad de rotación qué flujos de masa pueden ser alimentados dentro del atomizador rotatorio, de manera que el espesor de la capa se encuentre dentro del rango requerido.

Un desprendimiento en el borde de la copa es efectuado de una manera uniforme, cuando esta copa tiene una forma ligeramente cónica.

En adición, ha resultado favorable dejar que el flujo de aire primario entre a través de un espacio anular delgado entre la copa rotatoria y una campana de la copa, por lo que se evita que el azufre sin quemar llegue a la pared de la cámara de combustión y se formen gotitas muy finas en ese lugar.

La cantidad de aire principal necesaria para la combustión completa puede ser introducida favorablemente a través de una ventana preferiblemente prevista en el cabezal de la cámara de combustión.

Es particularmente favorable cuando este aire de combustión es introducido, por lo menos parcialmente girando, con un sentido de de giro igual o contrario con relación al sentido de rotación de la copa. Este movimiento de la cantidad de aire puede ser generado, e.g. por aspas de molino. En una realización no cubierta por la invención, es particularmente ventajoso mover el azufre introducido con un giro en sentido contrario y los hidrocarburos con el mismo sentido.

La cámara de combustión es operada preferiblemente con una presión de gas lateral no mayor de 1 bar por encima de la presión de la cámara de combustión, preferiblemente 0,3 hasta 0,5 bar por encima de la presión de la cámara de combustión. La temperatura de la cámara de combustión es por lo menos de 600 °C, en operación normal entre 1150 y 1750 °C, lo que tiene la ventaja de que la cámara de combustión puede ser operada a temperaturas a las cuales no hay una formación significativa de NO_x.

Más desarrollos, ventajas y aplicaciones posibles de la invención pueden ser tomados también de la siguiente descripción de formas de realización ejemplares y de los dibujos. Todas las características descritas forman la materia de la invención *per se* o en cualquier combinación, también independientemente de su inclusión en las reivindicaciones o sus referencias anteriores.

En los dibujos:

Fig. 1 muestra esquemáticamente un atomizador rotatorio para quemar líquidos,

Fig. 2 muestra el procedimiento esquemático de la formación de la película en la copa del atomizador rotatorio,

Fig. 3 muestra el perfil de viscosidad del azufre dependiendo de la temperatura,

Fig. 4 muestra el espesor de la película dependiendo del flujo de masa con los datos del Ejemplo 1,

Fig. 5 muestra el espesor de la película dependiendo del flujo de masa con los datos del Ejemplo 2,

Fig. 6 muestra el espesor de la película dependiendo del flujo de masa con los datos del Ejemplo 3,

Fig. 7 muestra el espesor de la película dependiendo del flujo de masa con los datos del Ejemplo 4.

La Figura 1 muestra esquemáticamente un atomizador rotatorio 1 para quemar líquido. Mediante el motor 2 y el eje 3, la copa 4 es movida en círculos. La copa 4 puede estar diseñada ligeramente cónica. El motor 2, actuando como fuente de impulso, preferiblemente es un motor trifásico de C.A. ya que aquí el control de la velocidad es particularmente fácil. Hasta aquí, la copa 4 del atomizador es operada constantemente a aproximadamente 5.000 revoluciones por minuto.

El azufre líquido, (y/o hidrocarburos líquidos, de acuerdo a una realización no cubierta por la presente invención), es cargado hacia dentro de la copa mediante el conducto 5. Debido a la fuerza centrífuga, una película líquida uniforme es formada en la copa 4 sobre su superficie interna. En un movimiento radial, esta película líquida es despedida desde el borde de la copa, hacia adentro de la cámara de combustión, en donde es distribuida muy finamente y, luego, evaporada. Para optimizar esta distribución, el aire primario es introducido mediante el conducto 6 y fluye hacia afuera

desde un espacio angosto 8 entre la copa 4 y la campana de aire primario 7. Al mismo tiempo, puede ser prevenido que el azufre no quemado llegue al forro de ladrillo de la cámara de combustión y se condensan allí gotitas muy finas.

La cantidad de aire primario requerida para una combustión completa fluye a través de una caja de vientos no mostrada prevista preferiblemente en el cabezal de la cámara de combustión, en donde p. ej. aspas de molino pueden poner este aire secundario en movimiento rotatorio, que gira en el mismo sentido o en sentido contrario con relación al movimiento rotatorio del líquido despedido fuera del borde de la copa.

Mediante el conducto 9, aire de sellado es introducido dentro del atomizador rotatorio 1, a fin de prevenir la entrada de gas del proceso dentro del motor 2. Un embrague magnético 10 conecta el árbol de accionamiento no ilustrado del motor 2 con el árbol 3 del quemador 3. El atomizador y el motor 2 están conectados mediante vía una conexión de brida.

Mediante una lumbrera 12.1, el vapor de calentamiento puede ser introducido dentro del atomizador rotatorio 1 y mediante la lumbrera 12.2 el condensado que resulte del mismo puede ser retirado de nuevo. La entrada del combustible 5 puede ser así calentada, por lo que puede ser impedida la solidificación del azufre.

La Figura 2 muestra la formación de la película líquida y la distribución extremadamente fina lograda de esta manera. En la imagen 1 de la Figura 2 está mostrado cómo el combustible llega dentro de la copa 4 a través del conducto 5. Debido a la rotación de la copa 4, el fluido es distribuido circularmente sobre la superficie interna de la copa.

La Imagen 2 muestra cómo una película líquida uniforme se dispersa así sobre toda la superficie interna de la copa 4.

La Imagen 3 muestra finalmente al atomizador rotatorio 1 en la operación continua. En el borde de la copa ocurre un desprendimiento de la película líquida, la cual es introducida dentro de los alrededores en una forma muy finamente atomizada. En la misma cantidad, líquido nuevo es introducido dentro de la copa mediante el conducto 5.

La Figura 3 muestra claramente por qué solamente puede ser empleado un rango de temperatura muy estrecho para el azufre. Ya que el azufre se licúa a 115 °C, la representación del perfil de viscosidad se inicia a esta temperatura. Puede verse visto claramente que a una temperatura de aproximadamente 160 °C la viscosidad se incrementa abruptamente y a continuación solo disminuye lentamente de nuevo. Desde aproximadamente los 190 °C el azufre líquido se convierte en pegajoso. Por medio del incremento de la presión parcial del agua este perfil de viscosidad puede ser cambiado para hacer que la viscosidad permanezca menor. La combustión del azufre puede, sin embargo, ser operada con aire seco solamente y sin la presencia de agua, ya que el vapor en el gas generado perturbaría la catálisis subsecuente del SO₂ para obtener SO₃.

Ejemplo

Las Tablas 1 y 2 muestran los datos para la operación convencional de un atomizador rotatorio.

Tabla 1: Datos del atomizador rotatorio para la operación con azufre

Designación	Valor	Unidad
Temperatura (azufre)	145	°C
Caudal volumétrico (azufre)	4,0	mm ³ /s
Densidad		kg/m ³
D_a (diámetro exterior de la copa)	221,6	mm
α (ángulo cónico de la copa)	5,0	°

Tabla 2: Datos de operación de dos plantas de combustión de azufre

Designación	Planta 1	Planta 2	Unidad
Tipo de copa	D230	D200	
Flujo de masa	23,0	10,9	th ⁻¹

Espesor de la película	338,9	303,5	μm
Consumo de energía	13	4,2	kW

En la Tabla 3 están listados los datos para tres velocidades de rotación, en particular 1600 rpm, 2000 rpm y 5200 rpm (revoluciones por minuto- El flujo de masa es variado entre 3 y 23 th^{-1} . La carga normal de la planta es de aproximadamente 23 th^{-1} , en donde la planta puede ser operada también a una carga reducida de $\leq 3 \text{ th}^{-1}$.

5

Tabla 3: Registros de los datos de ejemplares de un campo de datos característicos

	Azufre [th^{-1}]	Revolución [rpm]	Espesor de capa líquida [μm]
Operación a carga completa	23	5200	330 (admisible)
Operación a carga parcial	3	5200	141 (inadmisible)
Operación a carga parcial	3	2000	270 (admisible)
Operación a carga parcial	3	1600	315 (admisible)

La Tabla 4 muestra el curso del espesor de la película líquida formada dependiendo de la magnitud del flujo de masa introducido a una velocidad de rotación de 5200 rpm, en donde el espesor de la película líquida está indicado en la operación de carga completa.

10

La Tabla 5 muestra igualmente el espesor de la película líquida formada dependiendo de la magnitud del flujo de masa introducido a una velocidad de rotación de 5200 rpm, en donde el espesor de la película líquida está indicado, sin embargo en la operación de carga parcial (3 th^{-1}).

15

La Tabla 6 muestra el curso del espesor de la película líquida formada dependiendo del flujo de masa introducido a una velocidad de rotación de 2000 rpm, El espesor de la película líquida está indicado en la operación de carga parcial (3 th^{-1}).

La Tabla 7 muestra el curso del espesor de la película líquida en la copa dependiendo del flujo de masa introducido a una velocidad de rotación de 1600 rpm, El espesor de la película líquida está indicado en la operación de carga parcial (3 th^{-1}).

20

A partir de una multitud de cálculos, como se ha mostrado en las figuras 4 a 7 a modo de ejemplo, un campo de datos característicos completos pueden ser entonces generados. De nuevo, esto da como resultado correlaciones entre el flujo de masa y la velocidad rotacional. Para esta multitud de puntos de datos, la Tabla 3 solo muestra los cuatro registros de datos que se correlacionan con los de las figuras 4 a 7. Con referencia al valor del espesor de película líquida que pertenece al par de valores flujo de masa/velocidad de rotación, es posible una simple evaluación en cuanto a si tal ajuste es admisible o si con estos parámetros se obtiene un espesor de película líquida, en los que ya no puede ser asegurado un espesor de película uniforme. En este caso, el flujo de masa o el giro deben ser corregidos de tal modo que se obtenga de nuevo un espesor de película líquida admisible.

25

Lista de Números de Referencia

30

- 1 atomizador rotatorio
- 2 motor
- 3 árbol
- 4 copa
- 5 entrada de líquido
- 6 entrada de aire primario

35

- 7 campana de aire primario
- 8 espacio de aire primario
- 9 aire de sello de entrada
- 10 embrague magnético
- 5 11 conexión de brida
- 12.1 entrada vapor de calentamiento
- 12.2 salida de condensado

REVINDICACIONES

1. Un proceso para la combustión de un líquido en una cámara de combustión, en el que el líquido es atomizado por medio de un atomizador giratorio e introducido en una cámara de combustión, donde es evaporado y quemado posteriormente, en que el líquido es cargado sobre el interior de una copa (4), en que debido a la rotación de la copa (4) se forma una película líquida en su interior, y en que partes del líquido son despedidas radialmente desde el borde de la copa a la cámara de combustión, caracterizado por que el azufre líquido es utilizado como líquido y por que el espesor de la película líquida en la copa (4) es controlado variando la velocidad rotacional de la copa (4) de manera tal que un espesor entre 200 y 1.000 μm es ajustado.
2. El proceso de acuerdo a la reivindicación 1, caracterizado por que el espesor de la película líquida es ajustado entre 350 y 500 μm .
3. El proceso de acuerdo a la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la copa (4) es accionada por medio de un motor (2).
4. El proceso de acuerdo a la reivindicación 3, caracterizado por que el control del motor (2) es efectuado sobre la base de al menos un campo de datos característicos para la relación entre el flujo de masa del líquido y la velocidad rotacional de la copa (4).
5. El proceso de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el líquido es aplicado sobre el interior de una copa (4) conformada cónicamente.
6. El proceso de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que entre la copa giratoria (4) y una campana (7) de la copa (4) es introducido aire primario a través de un espacio anular (8).
7. El proceso de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el aire de combustión es introducido en la cámara de combustión a través de una caja de vientos.
8. El proceso de acuerdo a la reivindicación 8, caracterizado por que el aire de combustión es introducido girando al menos parcialmente con un giro del mismo sentido o de sentido contrario con relación al sentido de giro de la copa (4).
9. El proceso de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la cámara de combustión es operada con una presión de gas lateral de no más de 1 bar por encima de la presión de la cámara de combustión y a una temperatura de por lo menos 600 $^{\circ}\text{C}$.

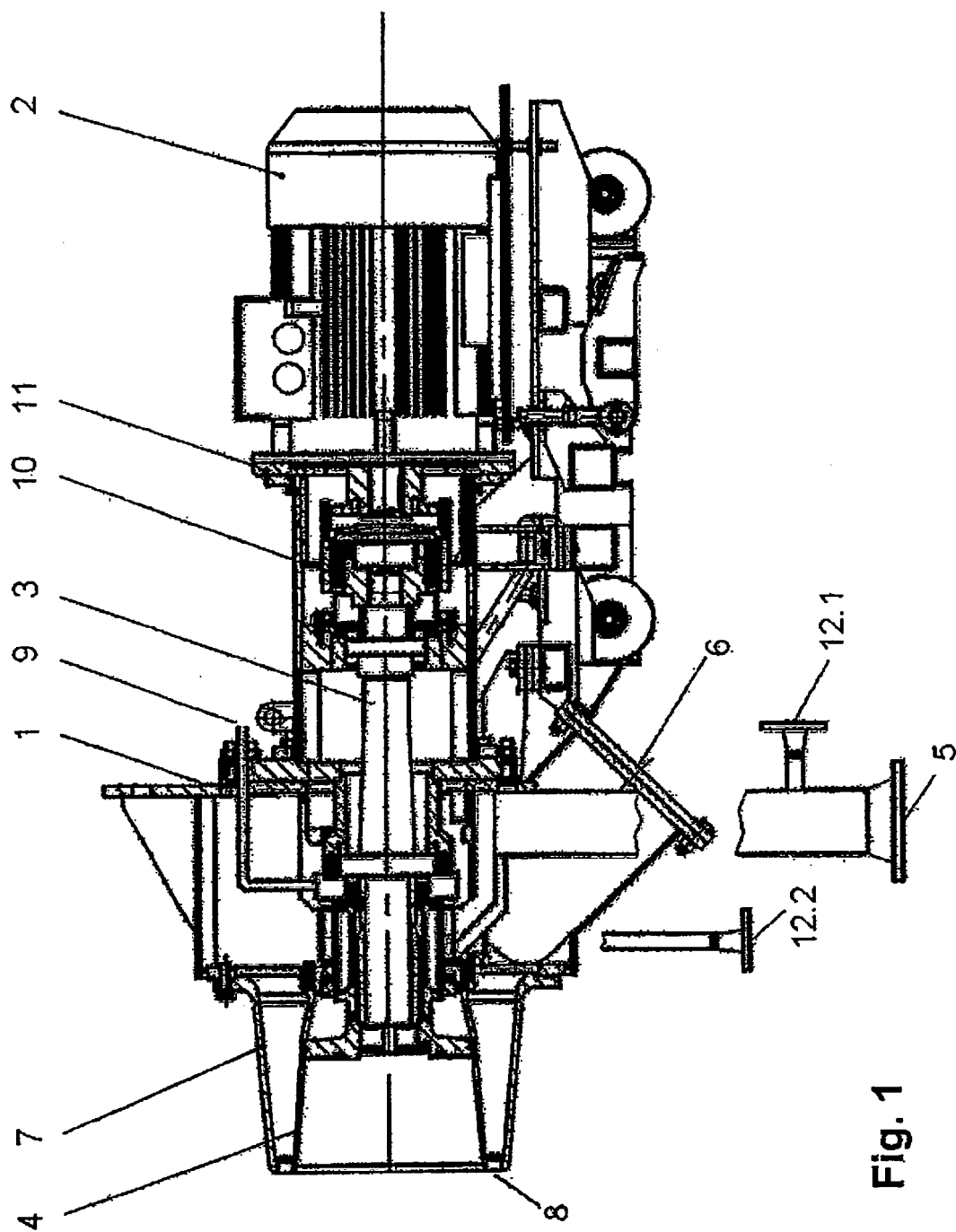


Fig. 1

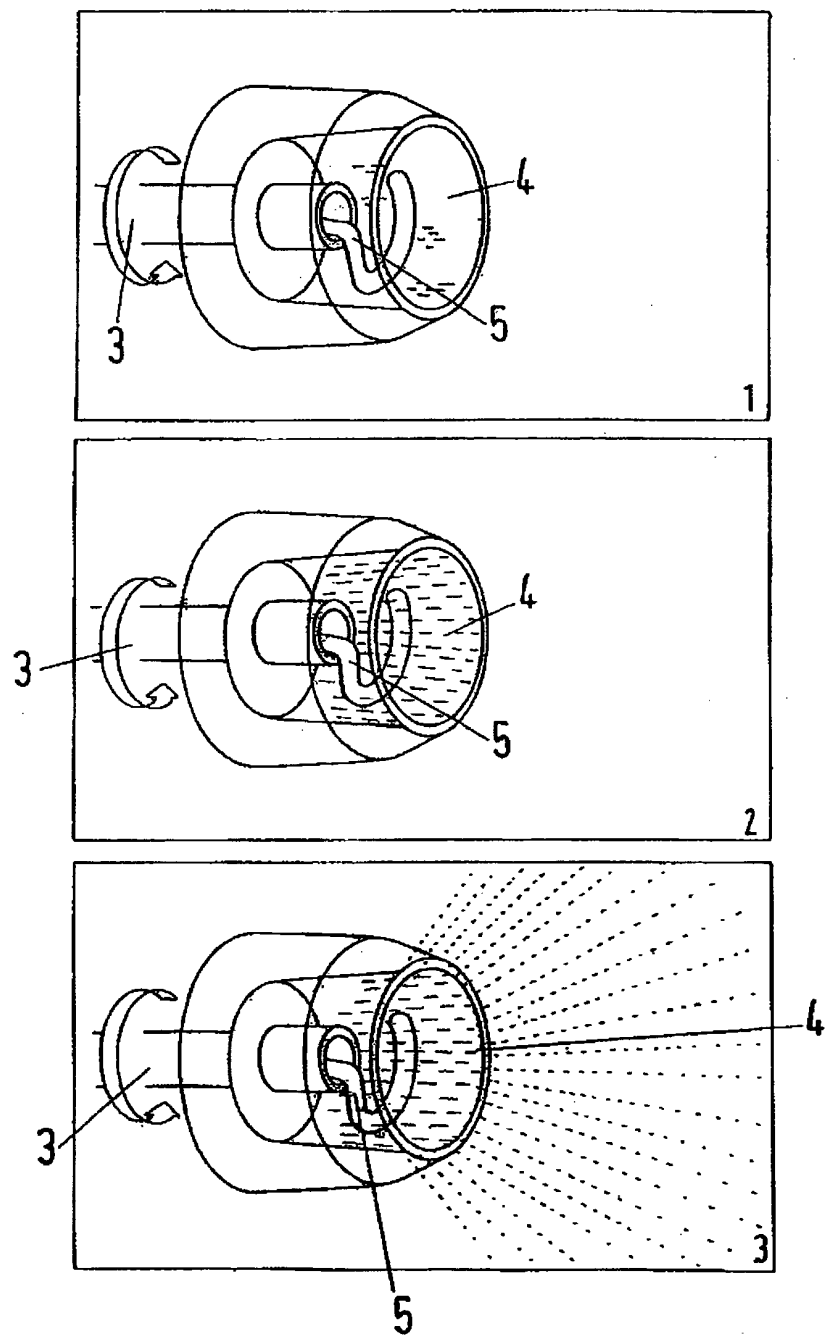


Fig.2

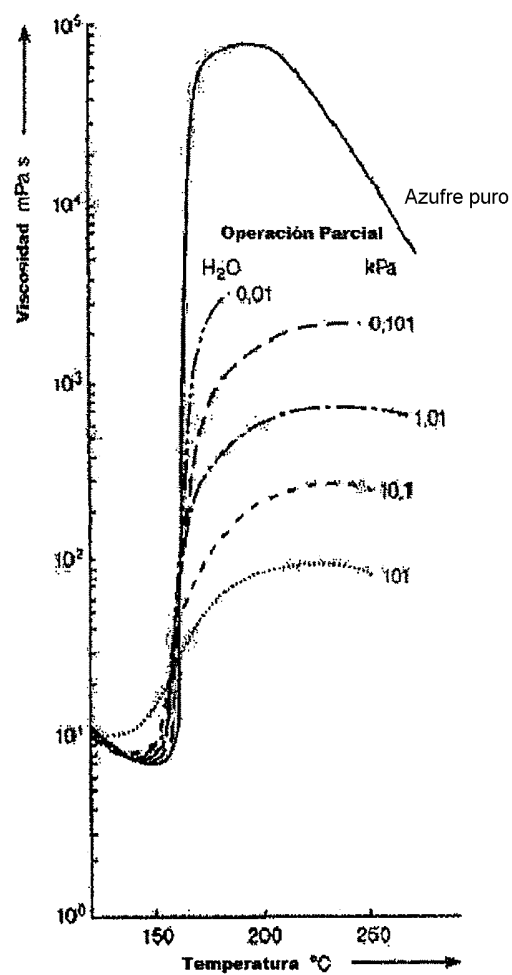


Fig. 3

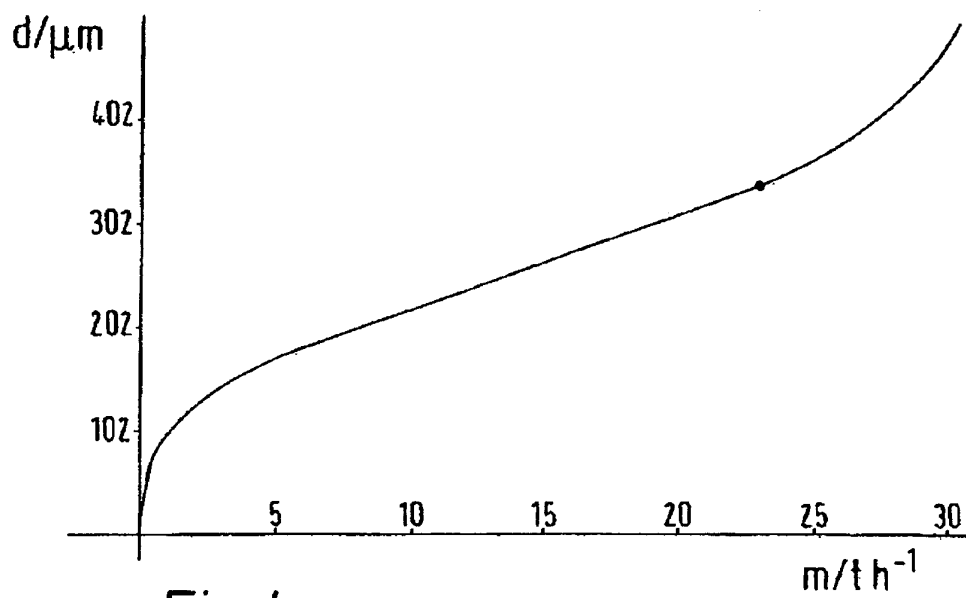


Fig.4

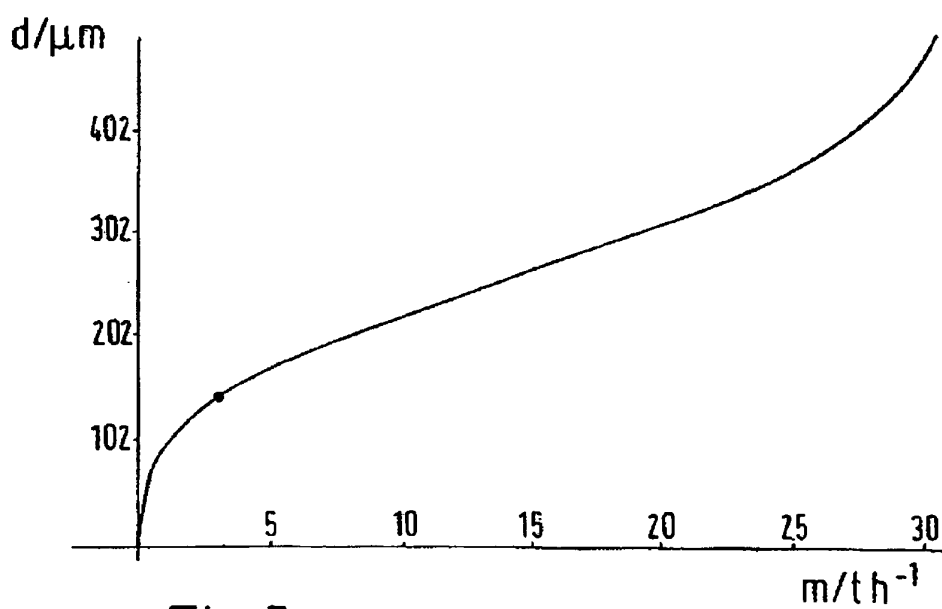


Fig.5

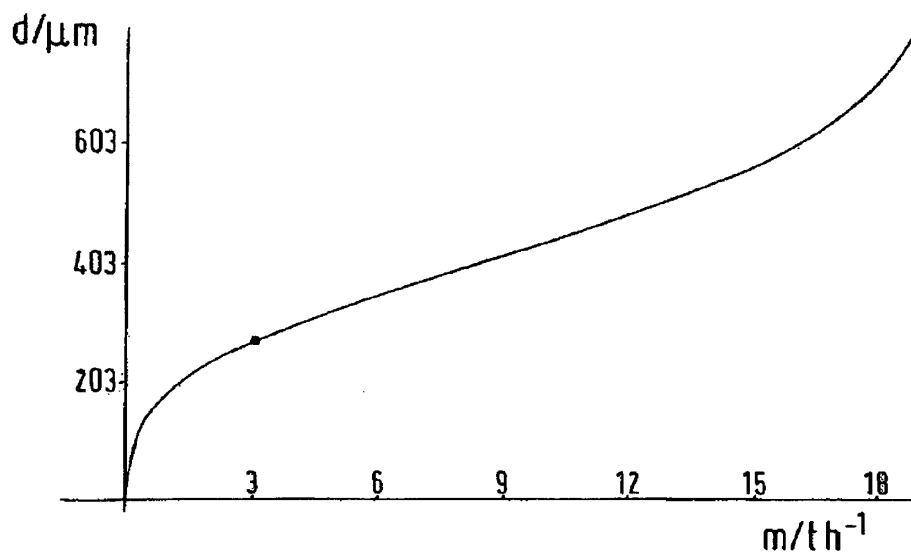


Fig.6

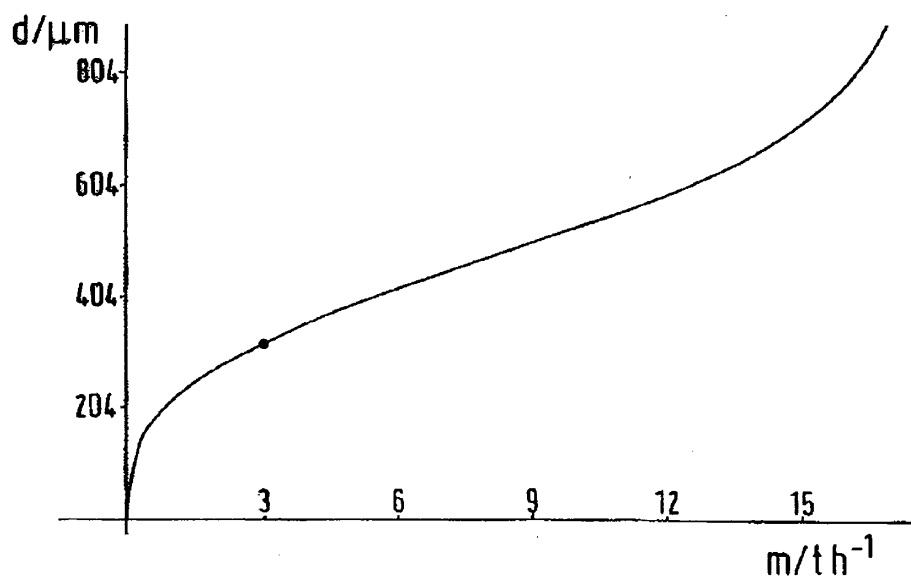


Fig.7