

55308

Int. Cl.²: F28C 3/12

PATENTE DE INVENCION

Le A 15 456-Sp.

Memoria Descriptiva

sobre:

PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA EL INTERCAMBIO INDIRECTO
DE CALOR.

Solicitante: BAYER AKTIENGESELLSCHAFT, entidad alemana, re-
sidente en Leverkusen-Bayerwerk, República Fe-
deral Alemana.

La presente invención se refiere a un procedimien-
to para el intercambio indirecto de calor entre un gas
conteniendo sólidos y las paredes de un intercambiador
de calor, principalmente para el enfriamiento de gases
calientes conteniendo sólidos, así como a un dispositi-

5

vo apropiado para su ejecución.

5 El enfriamiento de gases o mezclas de gases calientes por intercambio indirecto de calor en intercambiadores de calor es conocido. Pero es difícil enfriar mezclas calientes de gases y sólidos que contienen sólidos tendientes a depositarse sobre paredes. En muchos procedimientos, las partículas sólidas se depositan sobre las superficies intercambiadoras de calor y forman capas aislantes que impiden substancialmente la transmisión del calor.

10 Son conocidos diversos procedimientos para volver a remover de las paredes depósitos de sólidos, por ejemplo, mediante golpeadura continua o discontinua de las paredes. Además es conocido limpiar las paredes mediante raspadores o por sopladura sobre las paredes de chorros individuales
15 de líquido o de gas que, en parte contienen aditamentos de partículas sólidas duras. Esas medidas son convenientemente tan solo condicionalmente; en parte, el depósito de sólidos es contaminado por las partículas sólidas sopladas o por abrasión, o bien los dispositivos de limpieza tienen tan solo poca duración.

20 Ahora se ha encontrado un procedimiento para el intercambio indirecto de calor de gases conteniendo sólidos en intercambiadores de calor, principalmente para el enfriamiento de gases calientes conteniendo sólidos, el cual se
25 caracteriza porque el gas que contiene sólidos y que ha de enfriarse o de calentarse, se introduce en un intercambiador rotativo-simétrico y se hace pasar el gas conteniendo sólidos por este intercambiador y periódicamente sobre las paredes interiores del intercambiador de calor se sopla
30 un medio de barrido suministrado separadamente del gas con

teniendo sólidos sobre las superficies intercambiadoras de calor de tal modo que éstas son mantenidas esencialmente libres de depósitos de sólidos.

5 Además constituye el objeto de la presente invención un aparato para el intercambio indirecto de calor entre una mezcla de gases y de sólidos y las paredes de un intercambiador de calor simétrico en el sentido de rotación en forma de ciclón, el cual se caracteriza por un brazo hueco giratorio a la forma del intercambiador de calor y provisto de aberturas orientadas hacia las superficies intercambiadoras de calor.

10 Mediante este procedimiento y este dispositivo, es posible enfriar gases calientes sólidos tendientes a adherirse a paredes, sin que, en un servicio continuo, ocurra una reducción substancial de los valores para el intercambio de calor - comparados con gases sin sólidos - y sin que se produzca un desgaste en los cantos del dispositivo limpiador giratorio.

15 Como ejemplo de la aplicación, se cita el enfriamiento de mezclas calientes de gases y sólidos, tales como las formadas en reacciones en fase gaseosa entre halogenuros de metales o metaloides, por ejemplo de los cloruros de titanio, silicio, circonio, hierro, zinc, cromo o aluminio, y gases conteniendo oxígeno a temperaturas de aproximadamente 800 a 1500°C. Los gases de reacción constan esencialmente de halógenos, por ejemplo cloro, y de cierta proporción de gases inertes, tales como nitrógeno y/u óxidos de carbono y oxígeno. Con el procedimiento según la invención es, sin las dificultades descriptas, posible precipitar las mezclas calientes de gases y sólidos, aunque las

20

25

30

partículas finas que en parte son aplicadas como pigmentos, a menudo inmediatamente después de la reacción, por causas aún no totalmente aclaradas, tienen una fuerte tendencia a adherir y pegarse. Muchas veces se propone efectuar en tales mezclas calientes de gases y sólidos una reducción de temperatura tan solo por adición de gas frío. Pero la adición de mayores cantidades de gas frío tiene como consecuencia aquella de que aumentan correspondientemente los costos para aparatos subsiguientes para la purificación del gas y los costos de servicio, con el resultado de que es conveniente agregar cantidades de gas frío cuanto más bajas posibles. Gracias a la sopladura regular del medio de barrido sobre las superficies refrigeradores según el presente invento, las paredes quedan esencialmente libres de sólidos. Así son posibles valores elevados para la transmisión de calor también en el servicio continuo. Además, los cantos del brazo hueco soplador que han de extenderse aproximadamente en paralelo a la superficie intercambiadora de calor, son protegidos contra la abrasión. Debido al suministro preferiblemente tangencial de la mezcla de gases y sólidos al intercambiador de calor y gracias a la corriente helicoidal así generada, llegan a ser posibles elevadas velocidades sobre las superficies intercambiadoras. Es ventajoso que la rotación del brazo soplador, la torsión de la corriente de gases y sólidos y la adición del medio de barrido tengan aproximadamente igual dirección. Si el gas de barrido o de lavado es agregado en la dirección de rotación (= ángulo α), entonces las paredes a limpiar vuelven a ser libradas ampliamente de sólidos, antes de que el canto exterior del brazo soplador al-

cance esta superficie.

De preferencia, el gas de barrido es suministrado en chorros individuales, por ejemplo mediante toberas, perforaciones o hendiduras, a fin de mantener cuanto más baja posible la cantidad de gas de barrido. Aquí es ventajoso dirigir el gas de barrido en sentido oblicuo sobre las superficies refrigeradoras, en virtud de que así el efecto limpiador de un chorro individual es mayor que en el caso de una sopladura en sentido perpendicular sobre las superficies intercambiadoras de calor (= ángulo β). Los ángulos α y β son explicados todavía más detalladamente en la descripción de las Figuras 1 a 3.

En las Figuras 1 a 3, se representan unas formas de realización del aparato de acuerdo con la invención. En las figuras, los números tienen los siguientes significados:

Los números de referencia 1, 5, 6, 13 y 14 indican entradas, respectivamente salidas, 7 es un brazo soplador, 2 el espacio interior total, 3 y 4 son las paredes y 11 es una de las aberturas del brazo soplador (Figura 2, corte A-A de la Figura 1).

En la Figura 1, por una tubuladura dispuesta de preferencia tangencialmente, el gas caliente conteniendo sólidos es conducido adentro del interior 2 del intercambiador de calor. El intercambiador de calor está construido simétricamente en el sentido de rotación y consta normalmente de las paredes metálicas 3 y 4. Entre estas paredes fluye el medio refrigerante suministrado y descargado por vía de las tubuladuras 5. La mezcla enfriada de gases y sólidos abandona el intercambiador de calor por vía de una

tubuladura 6. Por medio de un brazo soplador 7 dispuesto en el interior 2, que gira lentamente y que está conectado operativamente con un dispositivo de accionamiento, gas de barrido 8 es soplado por aberturas provistas en el brazo hueco contra el lado de las superficies refrigeradoras dirigido hacia la corriente de gas caliente.

En la Figura 2, se ha mostrado, a una escala mayor que aquella de la representación de la Figura 1, una realización ventajosa del dispositivo para la sopladura del medio de barrido sobre las superficies refrigeradoras. La flecha 9 indica el sentido de giro del brazo 7. El brazo 7 está representado con una sección transversal anular con un espacio interior 10, para el suministro del gas de barrido, y con aberturas 11 por las cuales el gas de barrido es soplado oblicuamente contra las superficies refrigeradoras 4 a limpiar. La flecha 12 muestra el sentido de rotación de la corriente de gas helicoidal, si el gas pasa con corriente de torsión por el intercambiador de calor.

El ángulo α es el ángulo formado entre el eje central de la abertura 11 para el gas de barrido y la línea de conexión por el eje de rotación del brazo y por el eje central del brazo tubular (Figura 2), formando esta línea de conexión con el eje central del brazo un ángulo de 90° (Figura 1). Este ángulo α es aproximadamente una medida para la distancia entre el punto de choque del gas de barrido sobre la pared y el canto exterior del brazo.

Si la sopladura del gas de barrido sobre la pared procede en sentido, aproximadamente perpendicular, posiblemente la pared aún no fué librada suficientemente de los sólidos antes de alcanzar el centro exterior del brazo, de

modo que entonces el canto queda expuesto a una elevada abrasión.

5 Un suministro casi perpendicular del gas de barrido o un suministro en sentido opuesto a la dirección de rotación del brazo 7 -indicado en la Figura 2 con $(-\alpha)$ -por cierto en el caso de pequeñas proporciones de sólidos, no ha de ser necesariamente desventajoso; a base de ensayos realizados, sin embargo, predominantemente más ventajoso es un suministro en el sentido de rotación del brazo. De 10 preferencia, el ángulo α tiene un valor de entre $+60^\circ$ y -45° .

15 Ha de observarse además el hecho de que, a una distancia demasiado grande entre la abertura de salida y la pared, el gas de barrido, a causa de la extensión radial del chorro, alcanza la pared tan solo con una velocidad reducida y de esta manera disminuye el efecto de barrido por sopladura.

20 Para reducir la cantidad del gas de barrido, puede ser necesario un suministro del gas de barrido en chorros individuales. En este caso es ventajoso suministrar el gas de barrido adicionalmente bajo un ángulo β (Figura 1). El ángulo β está definido como ángulo de intersección del eje longitudinal del brazo que predominantemente se extiende en sentido paralelo a la superficie intercambiadora de calor, con el eje central de las aberturas individuales para 25 el gas de barrido.

30 En la Figura 3 se ha representado una forma de realización ulterior, en la cual es posible simultáneamente una descarga de partículas gruesas de sólidos precipitados, por vía de la salida 14. Los sólidos de partícula fina, a

causa de una elevada turbulencia sobre las paredes, vuelven a ser introducidos en la corriente de gas y abandonan el intercambiador de calor por vía de la tubuladura 6 situada arriba.

5 A causa de la elevada turbulencia, en esta forma de realización, puede provocarse una aglomeración de sólidos. Además, en ciertos procedimientos, es ventajoso, suministrar, por vía de tubuladuras 13, sustancias -preferiblemente en estado líquido o gaseoso- al espacio interior 2, a
10 fin de hacer posible por ejemplo un tratamiento posterior de sustancias sólidas a temperaturas elevadas.

 Además, por el suministro de pequeñas cantidades de agua -preferiblemente en el estado de vapor-, mediante un aumento de la aglomeración de partículas finas de sólidos,
15 es posible aumentar la separación de sólidos en dispositivos separadores conectados en serie detrás del intercambiador.

 El gas de barrido suministrado por vía del brazo hueco, es dependiente del respectivo procedimiento. Es conveniente elegir el gas de barrido de tal modo que con respecto al gas conteniendo sólidos y con respecto a los materiales de construcción del intercambiador de calor y de los subsiguientes aparatos conectados en serie, se comporta como un gas inerte. En algunos procedimientos es ventajoso aplicar gases de devolución purificados y enfriados
20 provenientes de la reacción.

 Como material para las paredes del intercambiador de calor y para el brazo hueco, son apropiados particularmente materiales metálicos.

30 Para el enfriamiento de mezclas calientes de gases y

sólidos por intercambio indirecto de calor con paredes refrigeradas valen las mismas regularidades que para el calentamiento de mezclas frías de gases y sólidos por intercambio indirecto de calor con paredes calentadas. Es sin más evidente que este procedimiento es apropiado generalmente para el intercambio indirecto con paredes refrigeradas o calentadas.

El procedimiento y el aparato de acuerdo con la invención pueden ser aplicados sin más también para mezclas de líquidos y sólidos, en cuyo caso el medio de barrido también es suministrado por vía de un brazo hueco rotativo. De esta manera, las paredes pueden ser mantenidas prácticamente libres de depósitos. Como medio de barrido, además de gases, aquí entran en consideración líquidos. De preferencia, sin embargo, el procedimiento según la invención encuentra aplicación en el intercambio de calor de gases conteniendo sólidos.

En la mayoría de los procedimientos es suficiente que el brazo hueco tenga una rotación lenta. Ventajosa y suficiente es una velocidad periférica del brazo del margen entre 0,1 y 20 m/sec. La cantidad y velocidad del gas pueden ser adaptadas fácilmente al respectivo procedimiento.

Las ventajas especiales de este procedimiento según la invención y del aparato apropiado para el mismo, son:

- 1) Son posibles elevados valores específicos para la transmisión de calor también en el caso de mezclas muy calientes de gases y sólidos, cuyos componentes sólidos en otros intercambiadores de calor producen, por depósito de sólidos sobre las paredes refrigeradoras, una fuerte reducción de estos valores en el servicio. conti

nuo.

- 5
- 2) En comparación con otros procedimientos conocidos, para el enfriamiento son necesarias tan solo pequeñas cantidades de gas frío. Con ésto pueden reducirse los costos de aparatos y los costos de servicio en aparatos subsiguientes conectados en serie.
- 10
- 3) Para la limpieza de las superficies intercambiadoras de calor no se necesita el suministro de partículas sólidas que puedan reducir la calidad de los sólidos separados.
- 4) No se produce ningún desgaste o se produce un desgaste tan solo pequeño en el brazo hueco rotativo.
- 5) Es posible un intercambio de color también a temperaturas elevadas de la mezcla de gases y sólidos.
- 15
- 6) Es posible un tratamiento posterior de los sólidos a temperaturas elevadas. Además puede ejercerse una influencia favorable sobre la separación en aparatos subsiguientes conectados en serie.

20

Para la ilustración del invento sirven los siguientes ejemplos:

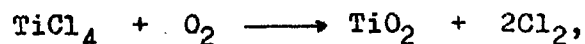
Ejemplo 1

25

Se evaporaron 60 l/h de tetracloruro de titanio líquido ($TiCl_4$), se los sobrecalentaron y se los introdujeron con una temperatura de 450°C en un reactor. Simultáneamente se hizo entrar una mezcla de gases consistente en oxígeno y nitrógeno calentada en un arco voltáico a aproximadamente 1800°C, en dirección perpendicular a la corriente de $TiCl_4$, en la zona de reacción del reactor.

30

Correspondientemente a la ecuación de reacción:



5 se formaron dióxido de titanio (TiO_2) y cloro (Cl_2).

Por adición de gases inertes y de cloro y por intercambio indirecto de calor con paredes refrigeradas de la parte inferior del reactor y de cañerías, se enfrió el gas conteniendo TiO_2 hasta 825°C y se lo introdujo tangencialmente en un intercambiador de calor según las Figuras 1 y 10 2. Las paredes exteriores del intercambiador de calor fueron refrigeradas con agua. Las paredes adyacentes al gas constaban de níquel. El brazo soplador estaba construido de un tubo de níquel y tenía como aberturas unas perforaciones de 3 mm. El brazo soplador no tenía refrigeración 15 con agua y fué refrigerado tan solo por el gas que pasó por el mismo. La distancia entre los cantos exteriores del brazo y la pared de metal era de 20 cm. La velocidad periférica del brazo en la parte superior cilíndrica era de 1,3 20 m/seg. La velocidad de salida del gas de barrido de las perforaciones era de 51 m/seg. Como gas de barrido se suministraron $60 \text{ m}^3/\text{h}$ de nitrógeno. El contenido de sólidos en el gas caliente era de aproximadamente 90 g de TiO_2 por metro cúbico de gas (calculado a una temperatura de 825°C).

25 La superficie refrigeradora en el intercambiador de calor era de $1,5 \text{ m}^2$. El tiempo medio de permanencia de gases y sólidos en el intercambiador de calor era de 0,7 segundos. Para el índice de transmisión de calor k se determinó un valor de

30 $k = 18,4 \text{ k cal/h m}^2 \text{ C}^\circ,$

Subsiguientemente, bajo condiciones similares de servicio, se hizo funcionar el intercambiador de calor durante un tiempo total de ensayo de 500 horas, sin que pudieran constatarse cambios substanciales del valor para el índice de transmisión de calor y un desgaste notable en el brazo.

El índice de transmisión de calor k fué determinado según las ecuaciones - que valen bien generalmente para la explicación de intercambiadores de calor - (por ejemplo VDI-Wärmeatlas, VDI-Verlag Düsseldorf 1963, Hoja A 4, A 5, Cb 1).

$$Q = k, F, \Delta t_m$$

significando:

Q = cantidad de calor a desviar,

k = índice de transmisión de calor,

F = superficie refrigeradora,

Δt_m = diferencia media de temperatura.

Según esto, el índice de transmisión de calor k puede ser determinado según la siguiente ecuación

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

en la cual significan:

$\alpha_{1,2}$ = índice de transmisión de calor en el lado del refrigerante respectivamente en el lado del medio a enfriar,

$\delta_{1,2...n}$ = espesor de pared de capas entre refrigerante y medio a enfriar,

$\lambda_{1,2...n}$ = conductividad de calor de capas entre refrigerante y medio a enfriar.

5 En intercambiadores normales de calor con paredes metálicas, debido a la elevada conductividad de metales y debido a los pequeños espesores de capas, el valor de δ / λ en relación a los valores de los índices de transmisión de calor es tan solo de poca influencia sobre el valor de los índices de transmisión de calor. Así a menudo solamente se aspira a mantener elevados los valores de los índices de transmisión de calor. Para esto una posibilidad es dada por la elección de velocidades más altas posibles.

10 Pero si sobre las superficies intercambiadoras se forman capas debido al depósito de sólidos -particularmente en el caso de sólidos no metálicos- el intercambio de calor es determinado concomitantemente en forma substancial también por el espesor de la capa adherente.

15 Ejemplo 2 (comparación).

20 Para la producción de dióxido de titanio se aplicaron los mismos aparatos y las mismas condiciones de ensayo que en el ejemplo 1. El enfriamiento de los gases calientes conteniendo TiO_2 fué efectuado en otro intercambiador simétrico en el sentido de rotación con refrigeración por agua, provisto de un raspador de rotación lenta. El intercambiador de calor tenía una superficie intercambiadora de calor de aproximadamente $1,4 \text{ m}^2$.

25 El gas no fué suministrado tangencialmente. Además, por vía del raspador no se suministró gas de barrido. El

30

raspador estaba hecho de aluminio y refrigerado con agua.

Al cabo de un breve tiempo de ensayo, el valor del índice de transmisión de calor k bajó hasta $2,84 \text{ k cal/m}^2\text{h grad}$.

5 Al cabo de un tiempo de ensayo de 3 días, se abrió el intercambiador de calor. El espacio entre la superficie intercambiadora y el raspador estaba totalmente lleno de TiO_2 . Además estaban dañados por abrasión los cantos exteriores del raspador refrigerado con agua, hasta tal grado que este raspador tenía que ser intercambiado.

10

N O T A

15 Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente indicadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de Patente presentada en la República Federal Alemana con el número P 24 10 724.2 de 6 de marzo de 1974, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España, sobre : PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA EL INTERCAMBIO INDIRECTO DE CALOR ; caracterizándose por lo siguiente:

20

25

1.- Procedimiento y aparato para el intercambio indirecto de calor, entre gases o líquidos conteniendo sólidos y una pared de un intercambiadores de calor, caracte-

30

5 rizándose el procedimiento porque el gas conteniendo sólidos o el líquido conteniendo sólidos, a enfriar o a calentar, se hace entrar en un intercambiador de calor simétrico en el sentido de rotación, se hace pasar el gas conteniendo sólidos o el líquido conteniendo sólidos por este intercambiador y periódicamente sobre las superficies interiores del intercambiador se sopla un medio de barrido, suministrado separadamente de dicho gas o de dicho líquido, de tal modo que dichas superficies se mantienen esencialmente libres de depósitos de sólidos.

10 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el gas conteniendo sólidos o el líquido conteniendo sólidos, a enfriar o a calentar, se hace entrar tangencialmente en el intercambiador de calor.

15 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el medio de barrido es soplado oblicuamente sobre las superficies intercambiadoras de calor.

20 4.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque como medio de barrido se emplea un gas.

5.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque los sólidos contenidos en el gas son pigmentos.

25 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque el sólido es el pigmento TiO_2 .

7.- Procedimiento según las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque se suministran adicionalmente gases o líquidos para el tratamiento posterior de los sólidos.

30 8.- Aparato para la realización del procedimiento según las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque com-

prende un brazo hueco dispuesto en forma rotativa y adaptado a la forma del intercambiador de calor y provisto de aberturas orientadas en dirección hacia las superficies intercambiadoras de calor.

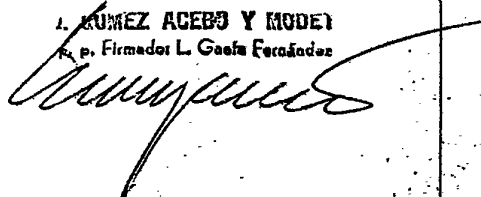
5 9.- Procedimiento y aparato para el intercambio indirecto de calor, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria e ilustrado con los dibujos adjuntos.

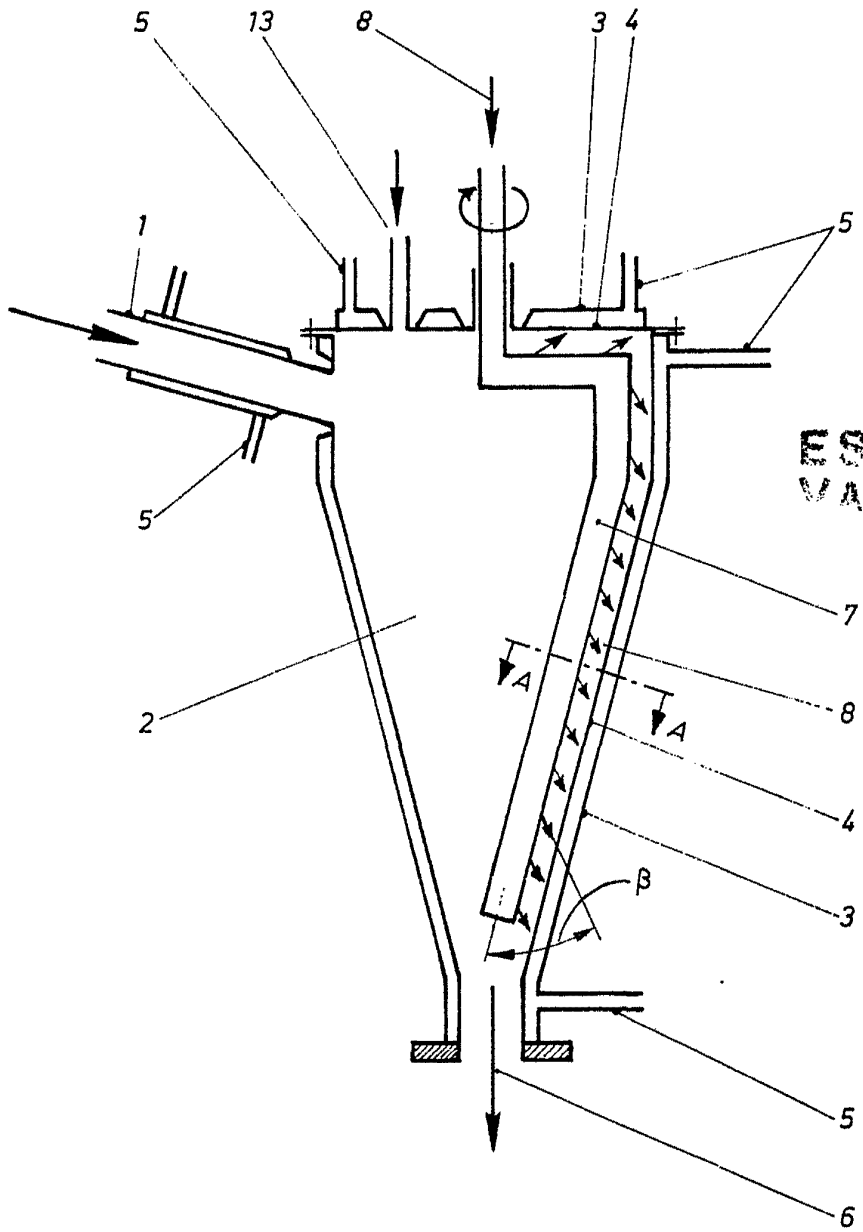
10 Esta Memoria consta de 16 hojas escritas a máquina por una sola hoja.

Madrid, 28 MAR 1975

BAYER AKTIENGESELLSCHAFT.

L. RUIZ ACEBO Y MODEI
p. e. Firmado L. García Fernández





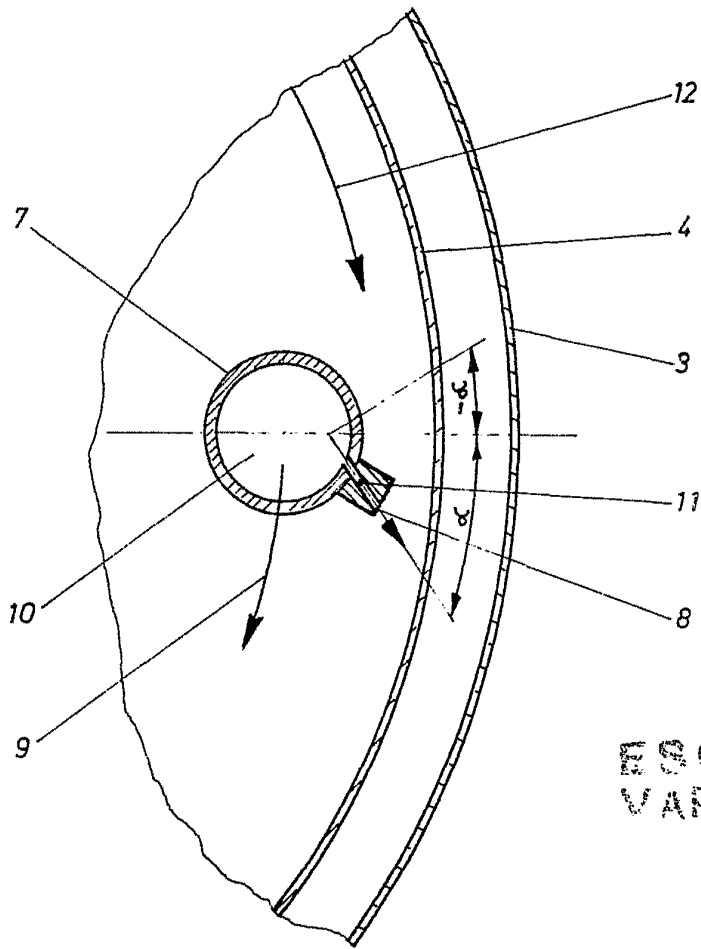
ESCALA
VARIABLE

Fig. 1

- 5 MAR. 1975

INVENTOR

J. GOMEZ ACEBO Y RIVERA
p. p. Firmador L. Goeta F...



ESCALA
VARIABLE

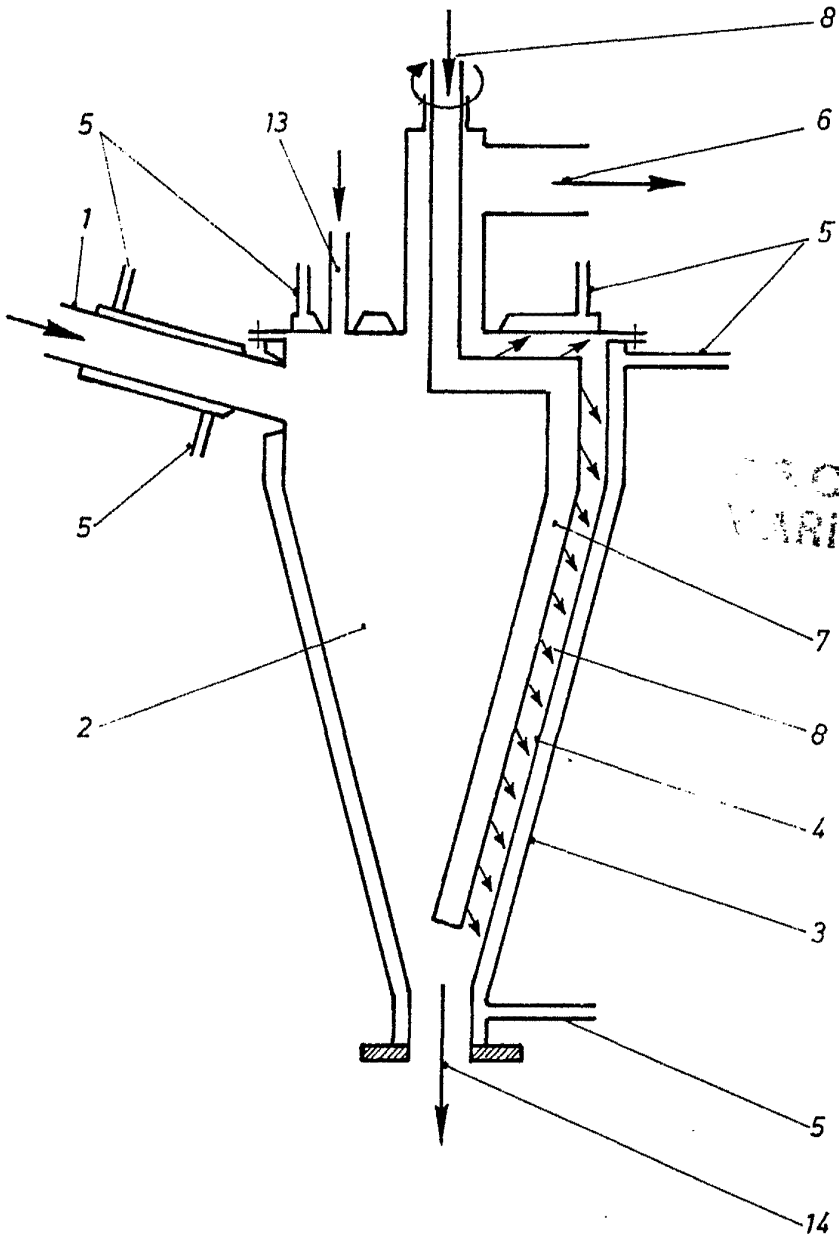
Fig. 2

A-A

- 5 MAR. 1975

MARCA

L. GOMEZ ACEBO Y CIA
p. p. Firmados L. Gomez Acebo



ESCALA
VARIABLE

Fig. 3

- 5 MAR. 1975

Madrid

S. GOMEZ ACEBO Y CA.
p. p. Firmador L. Gueir F.