



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 N.º de publicación: **ES 2 074 391**

21 Número de solicitud: 9102728

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: B01D 24/28  
B01D 35/06

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación: **14.11.91**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **01.09.95**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**01.09.95**

71 Solicitante/s: **Universidad de Salamanca  
Oficina Otri, Plaza Sexmeros n° 2-4  
37001 Salamanca, ES**

72 Inventor/es: **Jaraiz Maldonado, Eladio;  
Estévez Sánchez, Angel-Miguel;  
Cuellar Antequera, Jorge y  
Macias Machin, Agustín**

74 Agente: **No consta**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para la filtración y recuperación simultánea de calor de corrientes fluidas.**

57 Resumen:

Dispositivo y procedimiento para la filtración y recuperación simultánea de calor de corrientes fluidas en continuo, utilizando un lecho móvil de pequeñas partículas de material magnético (3) actuando como elemento filtrante y conductor intermediario del calor entre una corriente fluida, caliente y sucia, que entra al dispositivo por la conducción (1) y sale, fría y limpia, por la conducción (6), y otra corriente fría, que entra por la conducción (13) y sale caliente por la conducción (18), caracterizándose este dispositivo porque el caudal másico del lecho móvil puede regularse mediante válvulas magnéticas de sólidos (7, 19), y porque su limpieza se logra mediante unos elementos fijos (9), unos campos magnéticos pulsantes producidos por bobinas (11) y un colector de suciedad (12), realizándose la recirculación del lecho mediante campos magnéticos pulsantes producidos por las bobinas (24), o también por transporte neumático o mecánico.

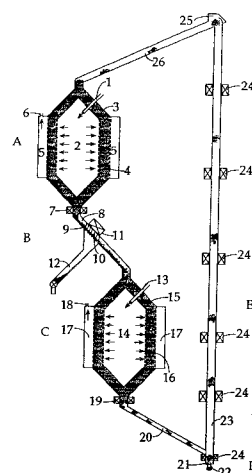


FIG. 1

## DESCRIPCION

Dispositivo y procedimiento para la filtración y recuperación simultánea de calor de corrientes fluidas

**Sector de la técnica**

La presente invención se incluye en la tecnología para la filtración de fluidos calientes (Códigos de la UNESCO 330801, 332810 y 332815) y para el intercambio de calor entre corrientes fluidas (Códigos de la UNESCO 331310 y 332816) y consiste en un nuevo dispositivo y procedimiento que por medio de un lecho móvil de partículas magnéticas actúa como un filtro, eliminando la suciedad de los fluidos calientes, y como un recuperador de calor, retirando la energía calorífica de los fluidos calientes y transmitiéndosela a otro fluido más frío.

**Estado de la técnica**

Debido a que la invención que se presenta actúa como filtro y como intercambiador de calor se comentará el estado de la técnica en cada uno de estos campos.

a) *Filtración*

Se conoce con el nombre de filtración la separación de partículas sólidas o líquidas de un fluido, que puede ser líquido o gaseoso, mediante el paso de este fluido por un medio permeable que se llama filtro y que retiene las partículas. Dentro de las aplicaciones industriales de los filtros, la filtración de gases o líquidos que se encuentren a elevada temperatura es un problema que actualmente tiene un gran interés debido principalmente a:

- la necesidad de limpiar de partículas estos fluidos para posteriormente ser utilizados en otras fases de un determinado proceso

- en el caso de los gases, su necesidad de limpieza para eliminar el riesgo de posibles explosiones

- razones de legislación anticontaminante, cada vez más exigente.

A escala industrial la filtración de gases se realiza utilizando, principalmente, los llamados filtros de mangas o de bolsas.

Los *filtros de mangas* están formados por una serie de bolsas con forma de tubos o mangas (de ahí su nombre) que actúan como elementos filtrantes. Las mangas suelen tener una longitud cercana a los 15 metros, con un diámetro comprendido entre 15 y 50 cm., están fabricadas con fibra sintética o natural y se colocan en unos soportes que, actuando como un esqueleto metálico, proporcionan la consistencia necesaria para la filtración. Otras partes de un filtro de mangas son los paneles para direccionar el gas, algún dispositivo de limpieza de las mangas y una tolva o receptor de las partículas capturadas. La operación de filtración se realiza haciendo pasar el gas con las partículas en suspensión a través de la tela que forma la manga, de manera que las partículas queden retenidas entre los intersticios de la tela formando una torta que actúa a su vez como un elemento filtrante más. A medida que se realiza la filtración, la torta va aumentando su grosor con lo que se incrementa también la caída de presión producida y para evitar disminuciones en el caudal del gas, es necesario efectuar una lim-

pieza periódica de las mangas. La limpieza del filtro, que consiste en la separación de las partículas retenidas en el medio filtrante, puede realizarse de varias formas:

- *Sacudida mecánica*: Los filtros se limpian por sacudida de las mangas, con lo que las partículas capturadas caen sobre las tolvas.

- *Flujo inverso*: La limpieza se efectúa haciendo circular aire limpio en sentido opuesto al normal que llevan los gases en la operación de filtración.

- *Ondas sonoras*: La producción de sonidos de baja frecuencia origina una vibración capaz de desprender las partículas del tejido filtrante.

Además de este sistema de limpieza de corrientes fluidas existen otros métodos importantes, aunque menos utilizados, como son: centrífugas, precipitadores electrostáticos, borboteadores líquidos, lechos empaquetados y filtros de aire de alta eficacia.

Una descripción mucho más detallada de los sistemas de limpieza de gases y concretamente de la filtración de los mismos, puede encontrarse en las siguientes referencias:

- PERRY, R.H., D.W. GREEN AND J.O. MALONEY, "*Perry's Chemical Engineers' Handbook*", 6th Edit., McGraw-Hill Book Co., New York, 1984, Chapter. 20th.

- "*Wiping out air pollution*", Chemical Engineering; McGraw-Hill Publication, September 1990, pag.106.

- "*Filtration and separation*", Chemical Engineering; McGraw-Hill Publication, October 1986, pag. 57.

- HERBERT, F. LUND; "*Industrial Pollution Control Handbook*", McGraw-Hill Book Company, New York, 1971, pgs. 5-18.

- ASHMAN, R., "*Control and recovery of dust and fume in industry*" Proc. Ins. Mech. Eng.; 1 B, 1952, pag. 157.

- SARGENT, G. D.; "*Dust Collection equipment*" Chemical Engineering, January 1969.

- LORA, FEDERICO DE y MIRO, JUAN; "*Técnicas de defensa del Medio Ambiente*", Volumen 1, Editorial Labor, S.A., Barcelona., 1978, pág. 380.

- MERINO, M. M., "*Equipo para la depuración de gases*", Ayuntamiento de Madrid, 1973, pág. 53.

Los sistemas de limpieza de los filtros y de recogida de las partículas capturadas presentan problemas que obligan, en muchos casos, al montaje de dos equipos paralelos colocados de forma que mientras uno de ellos filtra el otro se encuentra en la fase de limpieza y separación de las partículas capturadas, inconveniente que puede ser subsanado con la utilización de un sistema de filtración en continuo, tal como el que se describe en la presente solicitud de patente.

Dentro de los sistemas que permiten realizar la operación de *filtración de forma continua* se encuentran los filtros de lecho móvil cuyo relleno está formado por partículas. Estos son dispositivos que pueden ser utilizados como colectores

efectivos de las partículas sólidas (suciedad) contenidas en corrientes gaseosas o líquidas a elevada temperatura. La descripción de un filtro de este tipo se encuentra en la publicación:

MIZUKAMI, S., WAKABAYASHI, M. and MURATA, H; "Interaction between pressure drop of gas and flow of medium in a moving granular bed filter", Particulate Science and Technology, Vol.5, 1987, pag. 131-142.

En el citado trabajo se estudia la retirada de polvo del gas que sale de un alto horno. Este gas, una vez limpio, se lleva a una turbina para recuperar su energía. El filtro móvil de partículas utilizado en este caso consiste en cuatro tubos verticales concéntricos perforados en su pared lateral. Por los huecos alternativos existentes entre los tubos se hacen circular partículas de arena que, en forma de lluvia, caen por gravedad formándose, así, dos lechos móviles de filtración, uno más interior que el otro. El gas a filtrar entra por la parte más interior, atraviesa los dos lechos de filtración y sale, ya limpio, hacia afuera por los laterales del filtro, dejando las partículas que llevaba en suspensión retenidas en los lechos granulares móviles interior y exterior, los cuales van deslizándose, por la fuerza de la gravedad, hacia la salida inferior del dispositivo.

En la mencionada publicación no se hace referencia a la limpieza de las partículas filtrantes ni a su recirculación para volver a introducir las y ser reutilizadas en el proceso de filtrado. Sin embargo, dicha limpieza, y recirculación, es una condición necesaria para que el procedimiento sea económicamente viable. Por ello, si a un sistema de filtrado, parecido al anterior, se le añade un dispositivo de limpieza en continuo de las partículas filtrantes, y un dispositivo de recirculación, se lograrán grandes ventajas sobre los sistemas convencionales ya que no será necesaria otra instalación gemela en paralelo, ni el lavado en contracorriente, como en otros sistemas de filtración, evitándose, de esta manera, un aumento del capital inmovilizado por los costes de los equipos y las complicaciones existentes en las válvulas y otros dispositivos de control. Por otra parte, la limpieza de los fluidos, mediante su filtración en lechos granulares de este tipo, puede lograrse hasta la eficacia deseada variando convenientemente las condiciones de operación, tales como el espesor del lecho granular empleado, el tamaño de las partículas o incluso el número de lechos granulares a utilizar.

#### b) Intercambio de calor

En numerosos procesos industriales es preciso comunicar calor a alguna sustancia o recuperar, lo más posible, la energía térmica de aquellas otras sustancias que ya no la necesitan, estando en este último caso los abundantes materiales residuales de muchos procesos industriales que se desechan a elevada temperatura.

Para transferir calor entre dos sustancias pueden utilizarse diversos procedimientos:

*Con llama directa:* Las sustancias que tienen que calentarse entran en contacto directo con la llama o con los productos de la combustión.

*Con llama indirecta:* Entre la fuente de calor y la sustancia que se pretende calentar existe un material intercambiador de calor. Este pro-

cedimiento se realiza, generalmente, colocando la sustancia o cuerpo que se desea calentar en el interior de un recinto de paredes rígidas sobre las que se aplica calor, evitándose así que los residuos de la combustión contaminen la sustancia a calentar. Dentro de este procedimiento de transmisión de calor pueden considerarse dos modalidades que se verán a continuación:

*Calentamiento directo:* La llama o la fuente de calor se aplica directamente sobre la superficie exterior de las paredes, conductoras del calor, del recinto que contiene la sustancia a calentar. Este procedimiento es muy utilizado en el calentamiento de gases y de fluidos térmicos. Es un procedimiento que alcanza una alta eficacia térmica, con bajo coste, pudiéndose alcanzar temperaturas altas sin muchos problemas de tipo técnico. Los inconvenientes consisten en que la superficie transmisora del calor puede alcanzar temperaturas demasiado altas, e incluso producirse puntos calientes, por lo que pudiera deteriorarse la sustancia que se trata de calentar o producirse incrustaciones en la superficie transmisora del calor.

*Calentamiento indirecto:* En este método se emplea un fluido, llamado fluido térmico, que, al circular de manera continua entre la fuente primaria de calor y la sustancia o material que se desea calentar, transporta la energía térmica de una a otra. El calentamiento por medio de fluidos térmicos, tiene un menor rendimiento que el calentamiento directo y requiere la existencia de un circuito cerrado para la circulación de dicho fluido, con lo que aumentan los costes del equipo y de la operación. No obstante, tiene utilidad en muchos procesos ya que asegura una superficie intercambiadora de calor con una temperatura uniforme, sin puntos calientes, permitiendo un mejor control de la temperatura del proceso.

Los dispositivos utilizados para realizar operaciones de transferencia de calor, en cualquiera de los procedimientos anteriormente mencionados, son bien conocidos y se encuentran descritos en libros, tales como:

PERRY and CHILTON; *Chemical Engineering Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1973.

ROHSENOW, W. M. and HARTNETT, J. P.; *Handbook of Heat Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1973.

KERN, D. Q.; *Process Heat Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1950.

COULSON, J.M., y RICHARSON, J.F.; *Ingeniería Química: Operaciones Básicas*. Tomo I. Reverté, Barcelona, 1979.

Los procedimientos de transmisión de calor anteriormente comentados tienen aplicación en numerosas industrias. No obstante, en algunas de ellas (cerámica, química, metalúrgica), como consecuencia de los procesos de fabricación, se producen gases y/o humos calientes y el aprovechamiento de la energía contenida en estos gases no es posible lograrlo de una manera eficaz mediante los métodos anteriormente comentados por lo que se han desarrollado una serie de técnicas adicionales para su recuperación y reincorporación al proceso productivo. Entre éstas últimas técnicas cabe mencionar los recuperadores y los regeneradores de calor, con los que se intenta recuperar

el calor de los gases efluentes con el objeto de utilizarlo en el precalentamiento del aire de combustión o de los gases de reacción. Estos sistemas suelen requerir una operación en dos etapas. En la primera un gas caliente cede su calor a las paredes sólidas frías de un recinto, con lo que éstas se calientan. En la segunda etapa el sólido caliente cede su calor a otro gas frío

En la mayor parte de los casos la eficacia de estos sistemas recuperadores de calor suele ser muy baja y ésta es la razón por la que se necesitan aparatos muy voluminosos para conseguir un rendimiento aceptable en el proceso de recuperación de la energía térmica. Gran parte de la poca eficacia de estos procesos es debida al hecho de que la temperatura de la zona del sistema regenerador que primero entra en contacto con los gases calientes se eleva rápidamente hasta igualarse con la de estos gases, con lo cual pierde su capacidad para recuperar más calor. De esta manera, a medida que transcurre el tiempo, la zona eficaz del regenerador se hace más reducida hasta que llega un momento, cuando está caliente en su totalidad, en que se ha de invertir el sistema regenerador. Esta última operación se realiza pasando, a continuación, por este regenerador los gases fríos que se quieren precalentar, mientras que los gases efluentes calientes se mandan a otro sistema regenerador en paralelo con el primero y que además esté frío.

Otra razón de la relativa ineficacia de estos sistemas es su baja superficie de transferencia de calor por unidad de volumen de regenerador.

Por todo lo anteriormente expuesto se explica el que, con los sistemas actuales, en muchos casos, los gases efluentes terminen desechándose a temperaturas relativamente altas (a veces a varias centenas de grados centígrados), ya que el intentar recuperar más calor de ellos sería antieconómico debido a la necesidad de una gran inversión en capital inmovilizado.

Una descripción mucho más detallada de estas técnicas de recuperación de calor se encuentra en el libro:

*Técnicas Energéticas en la Industria*. Tomo 13. *Vidrio*, Centro de Estudios de la Energía, Madrid, 1980.

Un sistema diferente de los anteriores para recuperar el calor de estos gases calientes consiste en hacerlos circular en contracorriente o, también, en flujo transversal, con una especie de lluvia de partículas sólidas. De esta manera se puede lograr, por ejemplo, el secado de sólidos, o su precalentamiento, antes de una reacción química. Las Patentes Europeas 9455 y 9456, entre otras, se refieren a dispositivos para optimizar este tipo de operaciones, aunque no están diseñados específicamente para transmitir calor de una corriente fluida caliente a otra fría. No obstante, basándose en este procedimiento es posible, también, recuperar el calor de una corriente fluida y transmitírselo a otra. El informe técnico EUR 7363 "*The Falling Cloud Heat Exchanger*", Comm. Eur. Communities, 1981, describe las pruebas de funcionamiento de una planta piloto dedicada a recuperar el calor de gases efluentes calientes, o corrosivos, mediante el sistema de lluvia de partículas y a transferir, a continuación,

este calor a un fluido que circula por un conjunto de tubos. La eficacia reportada de este método no es muy grande (55%) debido principalmente a una mala transmisión de calor desde las partículas a los tubos.

Este rendimiento se puede mejorar utilizando el dispositivo descrito en la Patente Española nº p8902634 "*Dispositivo y procedimiento para el intercambio de calor entre fluidos*" (1990), en el que se logra el intercambio de calor en dos etapas. En la primera, las partículas que caen se calientan. En la segunda, las partículas, que siguen cayendo, transmiten su calor a otra corriente fluida. El máximo rendimiento se consigue regulando el tiempo de contacto de las partículas con el fluido. Una vez que las partículas han transmitido su calor se recirculan por medios magnéticos hasta la primera etapa para comenzar de nuevo el proceso.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente descrito, tanto en la parte de filtración, como en la de intercambio de calor, parece evidente que muchos de los problemas, e inconvenientes, anteriormente expuestos, podrían ser solucionados utilizando un lecho móvil de partículas que actuase, a la vez, en una primera etapa, como filtro y como recuperador de calor para, a continuación, después de un autolimpiado de las partículas integrantes del filtro, ceder el calor de éstas a una nueva corriente fluida fría. Las partículas, finalmente, serían recirculadas por medios magnéticos, neumáticos, o mecánicos, para comenzar de nuevo el ciclo. Un dispositivo y un procedimiento de este tipo es precisamente el objeto de esta patente.

#### **Explicación de la invención.**

La presente invención consiste en un dispositivo que permite la filtración (eliminación de la suciedad), y la recuperación simultánea de la energía térmica, de una corriente fluida utilizando como medio filtrante, y recuperador de la energía térmica, un lecho móvil de partículas magnéticas que caen por la fuerza de la gravedad. La corriente fluida, que arrastra suciedad y se encuentra a elevada temperatura, circula en sentido transversal al desplazamiento de las partículas.

Este dispositivo mejora el rendimiento de diseños anteriores en que:

- Un único dispositivo permite recuperar la energía térmica y filtrar los gases de un gran número de industrias.
- Al ser un proceso continuo no es necesaria la existencia de instalaciones gemelas, en paralelo, de filtrado, o de recuperación de calor, con lo que se disminuye el capital inmovilizado.
- La limpieza del filtro se realiza de manera continua mediante vibraciones producidas por campos magnéticos, por lo que no es necesario realizar paradas en el proceso ni introducir un gas en sentido contrario.
- La pérdida de presión en este sistema de filtrado es mucho menor que en el caso de los filtros convencionales por lo que, para un mismo caudal de fluido a filtrar, la inversión en sistemas de bombeo de fluidos puede ser menor.

- Al utilizarse partículas de material magnético la regulación del caudal se puede hacer mediante campos magnéticos, es decir, sin dispositivos mecánicos sujetos a obturación o desgaste.
- La posibilidad de controlar el tiempo de contacto de los fluidos con las partículas en el interior del dispositivo, junto con el sistema de circulación en corrientes cruzadas hace posible que el rendimiento en la extracción de la energía térmica de los fluidos sea muy elevado.
- La posibilidad de utilizar partículas de pequeño diámetro como elementos filtrantes y transportadores de la energía térmica permite conseguir una gran área de filtrado y de transmisión de calor por unidad de volumen por lo que el dispositivo objeto de esta invención puede ser de un tamaño relativamente pequeño y, con ello, sus costes de fabricación relativamente bajos.

### Descripción del contenido de los dibujos

La figura 1 representa un dispositivo, según la presente invención, para la filtración de fluidos calientes y para el intercambio de calor entre dos corrientes fluidas, que utiliza como medio intercambiador de calor y medio filtrante un lecho móvil de partículas magnéticas,

En el esquema mostrado en la figura 1 hay que distinguir cinco partes diferentes:

*Parte A:* constituye el filtro de lecho móvil de partículas propiamente dicho, y está formado por:

- un conducto para la entrada del fluido sucio y caliente (1).

- un tubo central (2) con orificios en las paredes laterales de un tamaño adecuado para permitir el paso del fluido, y la suciedad que le acompaña, pero no el escape de las partículas filtrantes.

- un lecho de partículas magnéticas que se mueven en sentido descendente (3) que actúa como filtro y como intercambiador de calor.

- un tubo exterior (4) con orificios para la salida del gas a la carcasa (5)

- un conducto de salida del gas frío y limpio(6).

*Parte B:* Constituye el sistema de limpieza del filtro móvil de partículas y está formado por:

- una válvula magnética de sólidos (7) que regula la bajada de las partículas magnéticas del lecho.

- un conducto de bajada (8), que en su interior lleva un dispositivo fijo (9) que puede estar formado por pantallas planas, o de otra forma geométrica, para perturbar el normal deslizamiento de las partículas. La parte inferior de la pared del conducto (8) está formada por una rejilla (10) con una luz de malla de un tamaño tal que permita pasar el polvo recogido por las partículas magnéticas pero no dichas partículas.

- una bobina, o varias bobinas, (11) creadoras de campos magnéticos pulsantes que hacen vibrar las partículas para que se separen del polvo, o suciedad, que transportan.

- un recipiente (12) colector del polvo, o suciedad, capturado por el filtro móvil de partículas.

- un conducto de bajada (8) que introduce las partículas filtrantes en la parte C.

*Parte C:* Constituye el recuperador de calor y está formado por:

- un conducto de entrada (13) de una corriente fluida que se quiere calentar.

- un tubo central (14) con orificios en su pared lateral para permitir el paso del fluido.

- un lecho móvil de partículas magnéticas (15) que se mueven en sentido descendente a la vez que intercambian su energía térmica con los fluidos fríos que las atraviesan transversalmente.

- un tubo más exterior (16) con orificios en su pared lateral para la salida del fluido a la carcasa (17)

- un conducto de salida del fluido caliente (18).

- una válvula magnética de sólidos (19) para regular la bajada de partículas magnéticas.

- un conducto (20) que transporta el lecho móvil a la parte D.

*Parte D:* Constituye el purgador de polvo o suciedad y está formado por:

- una rejilla (21) con luz de malla de tamaño conveniente para que deje pasar a su través la suciedad residual que pudieran arrastrar las partículas magnéticas, pero que no deje pasar dichas partículas.

- un recipiente (22) que recoge la suciedad residual que pueda atravesar la rejilla (21).

*Parte E:* Constituye el sistema de subida de las partículas magnéticas, con objeto de efectuar su recirculación, y está formado por:

- una conducción de subida (23), alrededor de la cual se colocan convenientemente espaciadas bobinas (24) creadoras de campos magnéticos.

- un dispositivo de cambio de dirección de las partículas del lecho móvil (25)

- una conducción (26) por la que las partículas vuelven a la parte A de este dispositivo para actuar nuevamente como filtro.

Otra alternativa a la recirculación magnética de sólidos, contemplada en esta patente, es la subida de las partículas por medio de técnicas convencionales como el transporte neumático o transporte mecánico. En este caso, las partículas sólidas formadoras del lecho móvil pueden ser de naturaleza no magnética, en cuyo caso las válvulas magnéticas de sólidos serían sustituidas por válvulas convencionales de control de bajada de sólidos.

### Descripción del procedimiento de operación

La finalidad del dispositivo que se presenta en esta patente es realizar la filtración de una corriente fluida resultante de alguna operación industrial y, si ésta se encuentra a temperatura elevada, retirar su energía térmica y transmitírsela a otro fluido mas frío para precalentarlo.

El procedimiento para realizar esta operación es el siguiente: La corriente fluida, a elevada temperatura, que arrastra suciedad (pequeñas partículas sólidas, por ejemplo), se introduce, por la conducción (1), hasta la parte interior del tubo (2). Las paredes de este tubo (2) tienen orificios, por lo que el fluido, con la suciedad que le acompaña, pasa fácilmente y atraviesa el lecho móvil descendente de partículas magnéticas (3) que actúa

de filtro y retiene la suciedad que pudiera contener la corriente inicial de fluido que entró por la conducción (1). Al mismo tiempo, debido al contacto íntimo entre el fluido caliente y las pequeñas partículas magnéticas (con un gran área superficial por unidad de volumen) que forman el lecho móvil (3), existe una transferencia de calor fluido-partículas de eficacia elevada, por lo que el fluido, filtrado y frío, sale por la conducción (6), mientras que las partículas del lecho, ahora ya calientes y transportando la suciedad que han capturado, continúan su camino descendente hasta la conducción (8), entrando en el sistema de limpieza del filtro, parte B. Por medio de la válvula magnética de sólidos (7) puede regularse el caudal másico de caída del lecho móvil de partículas magnéticas (3).

Para la limpieza del lecho móvil de partículas se aprovecha la diferencia de tamaño entre las pequeñas partículas de suciedad y las partículas magnéticas, así como su distinta respuesta a la acción de los campos magnéticos. La separación se realiza haciendo pasar el relleno del lecho móvil, junto con la suciedad retenida, a través de una conducción inclinada (8), que contiene en su interior un dispositivo fijo, que puede ser en forma de espiral, placas deflectoras, u otra forma geométrica, que perturba el normal deslizamiento de los sólidos mientras van descendiendo por la fuerza de la gravedad. Mediante la bobina (11) se crean campos magnéticos intermitentes que al producir movimientos bruscos y agitación en las partículas magnéticas del lecho móvil favorecen la separación entre dichas partículas y la suciedad que les acompaña de tal manera que, como en la parte inferior de la conducción (8) existen rejillas (10) de luz de malla conveniente, de forma que dejan pasar la suciedad capturada, pero no dejan pasar las partículas mayores del lecho móvil, se produce la separación de ambos tipos de partículas, recogiendo la suciedad en el colector (12). El relleno del lecho móvil, ya limpio, continúa cayendo, por gravedad, por el interior de la conducción (8) y entra en el intercambiador de calor, parte C.

El intercambio de calor se realiza al poner en contacto mediante flujo cruzado, las partículas calientes del lecho móvil, cuyo caudal másico se regula por medio de la válvula magnética de sólidos (19), con una corriente fría de un fluido que entra en la parte central del intercambiador de calor por la conducción (13). El resultado es que el calor pasa de las partículas del lecho a la corriente fluida y ésta sale caliente por la conducción (18). Las partículas del lecho continúan su caída por la conducción (20), hasta llegar a la parte D, donde se realiza una limpieza adicional del lecho móvil.

Debido a la importancia que tiene, en la eficacia de la filtración, la limpieza de las partículas magnéticas que forman el lecho móvil, conviene efectuar una limpieza adicional a la ya efectuada en la parte B del dispositivo. Esta se consigue mediante el purgador de polvo que forma la parte D de este equipo. Consiste en una rejilla (21) y un recipiente (22) para recoger las posibles pequeñas partículas de suciedad que no se hubiesen logrado desprender de las partículas que forman el lecho móvil al pasar por la parte B de limpieza del fil-

tro, pero que sí que se hubiesen desprendido en su camino desde la parte B hasta la parte D, junto a las que pudieran desprenderse y caer al ascender el relleno por la conducción de recirculación (23).

La recirculación del relleno del lecho móvil constituye la última parte de este dispositivo, parte D, y está formada por una conducción vertical (23), rodeada por una serie de bobinas conductoras de la corriente eléctrica (24), que crean campos magnéticos pulsantes, capaces de impulsar las partículas del relleno del lecho granular móvil, de naturaleza magnética, hasta la parte superior de la conducción (23), donde su dirección se modifica en el codo (25), para posteriormente deslizarse, debido a la fuerza de la gravedad, por la conducción (26), entrando nuevamente en la parte primera A, y repitiéndose de esta forma el proceso de filtración-transferencia de calor, limpieza del filtro, recuperación del calor y recirculación de partículas. En el caso de que la recirculación de los sólidos se efectuase por medio de técnicas convencionales como transporte neumático o mecánico, técnicas muy descritas en la bibliografía y de común conocimiento de los técnicos en manejo de partículas sólidas, el tubo vertical (23) no tendría bobinas. En el caso del transporte neumático, el mencionado tubo vertical (23) tiene en su parte inferior una entrada del gas de arrastre de los sólidos y en la parte superior una zona de expansión (25) que estaría abierta al exterior por donde saldría el gas portador. En el recipiente (25) las partículas arrastradas, cambian de dirección bajando por el tubo (26), y volviendo a comenzar el ciclo de filtración-cambio de calor.

En el caso de recirculación mecánica, técnica también muy descrita en la bibliografía de Ingeniería Química, en la parte inferior del tubo (23), existiría un recogedor de partículas, tal como un tornillo sin fin, o una cadena de cangilones, que llevarla las partículas a la parte superior del tubo (23); éstas cambiarían de dirección en el dispositivo (25) y bajarían a continuación por el tubo (26) volviendo a comenzar el ciclo de filtración-intercambio de calor.

#### *Aplicabilidad industrial*

Esta invención puede ser utilizada en cualquier tipo de industria que en la actualidad desechе corrientes gaseosas calientes y portadoras de algún tipo de partículas que, por razones sanitarias, económicas, técnicas, o de cualquier otro tipo, se deban eliminar. Podría servir, por ejemplo, en las centrales térmicas, fábricas de vidrio, etc.

El procedimiento descrito en la patente está especialmente indicado para aquellas industrias que precisen la filtración de fluidos de forma continua, ya que se evitan las fases de parada del proceso para la limpieza del filtro sin necesidad de construir una instalación gemela que funcione en paralelo.

También es aplicable esta invención para aprovechar la energía térmica de corrientes gaseosas que se encuentren a elevada, o media temperatura, o incluso para mejorar rendimientos en los procesos de transmisión de calor más convencionales. Como en el dispositivo descrito la recuperación del calor se efectúa mediante una corriente

cruzada con el flujo de las partículas del lecho, y con un área de transmisión de calor muy grande, este dispositivo es especialmente apropiado para aquellos casos en que, debido a la baja tempera-

tura del fluido caliente, el intentar recuperar más calor resultaría antieconómico con los métodos más convencionales.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la filtración y recuperación de calor de corrientes fluidas **caracterizado** por comprender, según la figura 1, una parte A, formada por un dispositivo de entrada de fluidos (1), un tubo interno (2) y otro más externo (4) de mayor tamaño, existiendo entre ambos un lecho móvil descendente de partículas magnéticas (3). Estos tubos están perforados en sus paredes laterales para permitir el paso del gas a filtrar. Rodeando los tubos (2) y (4) existe una carcasa (5) con un conducto de salida de fluidos (6). La parte B consta de una válvula magnética de sólidos (7) que controla la caída de las partículas magnetizables a través de un conducto (8) en parte de cuyo interior se coloca un dispositivo fijo (9) y unos orificios (10) debajo de los cuales existe un colector de suciedad (12) estando esta parte de la conducción (8) en las proximidades de una, o mas, bobinas productoras de campos magnéticos (11). La parte B acaba en el comienzo de la parte C en la que existe un conducto de entrada de fluidos (13), un tubo interno (14) y otro mas exterior (16), entre los que caen las partículas magnéticas (15), una carcasa (17) que recoge el fluido y un conducto de salida de este fluido (18). En la parte inferior existe una válvula magnética de sólidos (19) que regula la bajada de las partículas magnéticas a un conducto (20), por el que llegan las partículas hasta la parte D en donde existe una rejilla (21) y un colector de suciedad (22) continuándose esta parte D con la parte E del dispositivo que está formada por un conducción vertical de subida de sólidos (23) alrededor de la cual existen bobinas (24) creadoras de campos magnéticos dispuestas adecuadamente, acabando esta conducción en un dispositivo de cambio de dirección (25) y bajada de partículas (26) hasta la parte A del dispositivo.

2. Dispositivo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las paredes de los tubos (2), (4), (14) y (16) pueden tener una serie de pequeños orificios para dejar que el fluido, y las pequeñas partículas de suciedad que le acompañan, las atraviesen, o pueden estar formadas por mallas de material, y tamaño de luz, adecuados a su utilización.

3. Dispositivo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las partículas de material magnético que forman el lecho móvil (3) y (15) pueden ser esferas, cilindros o filamentos.

4. Dispositivo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque tanto en su parte A, como en su parte C, puede existir un único lecho móvil de partículas (3), (15) o varios lechos concéntricos.

5. Dispositivo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las estructuras fijas (9) perturbadoras, o modificadoras, del flujo de partículas pueden ser estructuras en espiral o láminas curvadas verticales o inclinadas.

6. Procedimiento para la filtración y recuperación del calor de corrientes fluidas **caracterizado** porque un lecho móvil circulante de pequeñas partículas magnéticas (3) actúa como medio filtrante y transportador de calor entre una corriente fluida sucia y caliente, que entra en el dispositivo, según la figura 1 (parte A), por la

conducción (1), y sale, fría y limpia, por la conducción (6), y otra corriente fría, que entra por la conducción (13) (parte C) y sale caliente por la conducción (18).

7. Procedimiento, según la reivindicación 6, **caracterizado** porque el fluido, caliente y sucio, que entra al dispositivo, a través de la conducción (1) hasta su parte central, continúa moviéndose y atraviesa transversalmente las paredes del tubo (2) y uno, o varios, lechos móviles de partículas que descienden (3), en donde se queda retenida la suciedad y el calor, y sale, frío y limpio, a través de la pared del tubo (4), a la carcasa (5) y, desde allí, al exterior por la conducción (6).

8. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 y 7, **caracterizado** porque el caudal de partículas que forman el lecho móvil (3) se puede regular por la acción de los campos magnéticos producidos por las válvulas magnéticas de sólidos (7) y (19), de tal manera que la energía térmica del fluido, y la suciedad que pudiera arrastrar, puedan ser retenidos por las partículas del lecho móvil debido a la posibilidad de regular el tiempo de contacto fluido-partícula, a la existencia de flujos cruzados y al gran área superficial de las partículas por unidad de volumen de éstas.

9. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado** porque las partículas del lecho (3), abandonan calientes y sucias la parte A del dispositivo y entran en la parte B del dispositivo, según la figura 1, donde pasan a través de una conducción inclinada (8) que contiene en su interior un dispositivo fijo (9) que perturba el movimiento de los sólidos obligándoles a cambiar con frecuencia su trayectoria, mientras van descendiendo por la fuerza de la gravedad a la vez que mediante la bobina, o bobinas, (11) se crean campos magnéticos intermitentes que al producir movimientos bruscos y agitación en las partículas magnéticas del lecho móvil inducen la separación entre dichas partículas y la suciedad que les acompaña de tal manera que, como en la parte inferior de la conducción (8) existen orificios o rejillas (10), con luz de malla conveniente, que dejan pasar las pequeñas partículas de suciedad capturadas, pero no dejan pasar las partículas mayores del lecho móvil, se produce la separación de ambos tipos de partículas, recogándose las pequeñas partículas de suciedad o polvo en el colector (12).

10. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 a 9, **caracterizado** porque las partículas caen por gravedad, por la conducción (8) y entran en la parte C del dispositivo, según la figura 1, donde entra también un fluido frío por la conducción (13) hasta su parte central, desde donde atraviesa la pared del tubo (14) poniéndose en contacto mediante flujo cruzado con el lecho móvil de partículas descendentes (15) de tal manera que, debido al tiempo de contacto fluido-partículas y al pequeño tamaño de las partículas, el calor pasa de las partículas a la corriente fluida y ésta sale caliente por la conducción (18) después de atravesar la pared del tubo (16) y llegar a la carcasa (17).

11. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado** porque las partículas del lecho (15) continúan su caída por el interior de



la conducción (20) hasta llegar a la parte D del dispositivo, según la figura 1, donde la posible suciedad que pudiera haber quedado adherida a las partículas que forman el lecho móvil al atravesar la parte B del dispositivo y que se haya desprendido en la parte C, junto a la que se desprenda y caiga al ascender las partículas por la conducción de recirculación (23), atraviesa la rejilla (21) y es recogida en la parte inferior del recipiente (22).

12. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizado** porque en la parte E del dispositivo, según la figura 1, las partículas que forman el lecho móvil suben por la conducción (23) impulsadas por la fuerza ejercida sobre ellas por los campos magnéticos pulsantes producidos por una serie de bobinas conductoras de la corriente eléctrica (24) hasta llegar a la parte superior de la conducción (25) desde donde se deslizan por la conducción (26) hasta la zona superior de la parte A repitiéndose de esta forma el proceso de filtración-transferencia de calor, limpieza del filtro, recuperación del calor y recirculación del relleno del lecho móvil de partículas.

13. Procedimiento **caracterizado**, según las reivindicaciones 6 y 8, porque las válvulas magnéticas de sólidos (7) y (19), destinadas a regular el caudal másico descendente de las partículas magnéticas que forman el lecho móvil de partículas, producen un lecho empaquetado mó-

vil de estas partículas que, debido a la pérdida de carga creada, actúa como un cierre y evita la salida del fluido a través suyo.

14. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 y 10, **caracterizado** porque la recuperación del calor, por medio del contacto partícula-fluido en flujo cruzado realizado en la parte C, puede también realizarse por un flujo en contracorriente con las partículas que descienden cuando así sea necesario por cualquier causa.

15. Procedimiento, según las reivindicaciones 6, 8, 9, 12 y 13, **caracterizado** porque las válvulas magnéticas de sólidos (7) y (19) y las bobinas (11) y (24) productoras de campos magnéticos generan campos magnéticos intermitentes, estando regulado su funcionamiento mediante ordenador o autómatas programables. Estos realizan el control de las bobinas (o medios productores de campo magnético) basándose en la información que reciben, mediante sensores de diversos tipos, sobre el movimiento de las partículas.

16. Procedimiento, según las reivindicaciones 6 y 12, **caracterizado** porque la subida de los sólidos en el tubo (23) se puede efectuar también utilizando las técnicas convencionales de transporte neumático o de transporte mecánico, en cuyo caso no son necesarias las bobinas (24) de producción de campo magnético existentes alrededor del tubo (23).

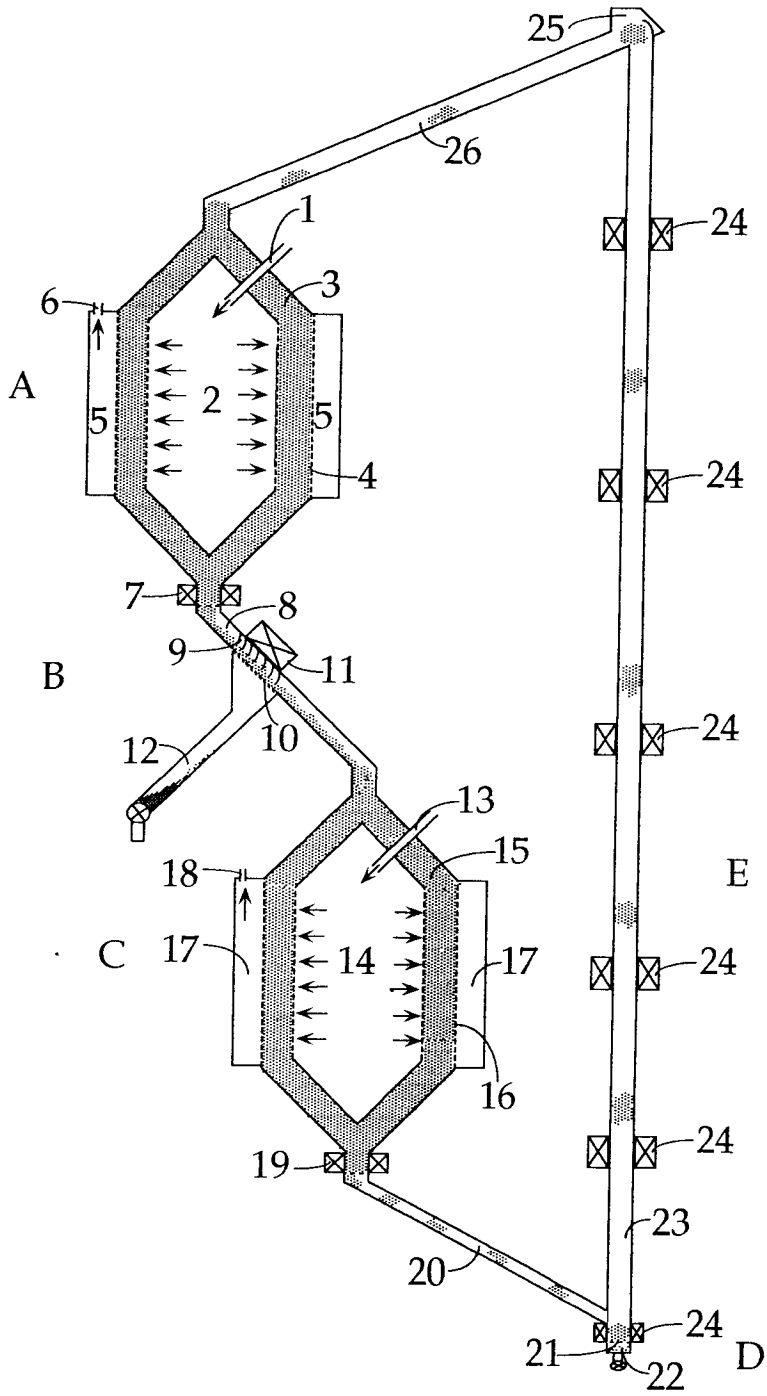


FIG. 1