



REGISTRO DE LA
PROPIEDAD INDUSTRIAL
ESPAÑA

① N.º de publicación: ES 2 016 708

② Número de solicitud: 8902634

⑤ Int. Cl.⁵: F28D 19/02

⑫

PATENTE DE INVENCION

A6

⑫ Fecha de presentación: **26.07.89**

④ Fecha de anuncio de la concesión: **16.11.90**

④ Fecha de publicación del folleto de patente:
16.11.90

⑦ Titular/es: **Eladio Jaraiz Maldonado**
C/ Campoamor, 2, 4º C
Salamanca, ES

⑦ Inventor/es: **Jaraiz Maldonado, Eladio;**
Cuellar Antequera, Jorge;
Zorita López, Manuel;
González Espeso, Pablo y
Gutierrez Conde, Pedro Manuel

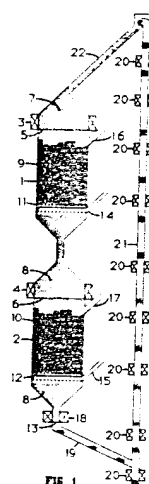
⑦ Agente: **No consta**

⑤ Título: **Dispositivo y procedimiento para el intercambio de calor entre fluidos.**

⑤ Resumen:

Dispositivo y procedimiento para el intercambio de calor entre dos corrientes fluídas utilizando como medio transportador de calor partículas de material magnético (7, 8) cayendo por gravedad en contracorriente con los fluidos, en unas columnas (1, 2) que contienen un material de relleno, (9, 10) caracterizándose, este dispositivo, porque el caudal de partículas sólidas descendentes puede regularse mediante campos magnéticos (3, 4) y porque la recirculación de las partículas sólidas se logra mediante campos magnéticos pulsantes producidos por bobinas colocadas adecuadamente (20).

La utilización de partículas de material magnético facilita su recirculación, sin necesidad de recurrir a medios neumáticos o mecánicos, y permite la utilización de partículas muy pequeñas en contracorriente con los fluidos, de tal manera que se logra una buena recuperación del calor de los fluidos y una buena velocidad en su transmisión, pudiéndose utilizar este método en industrias (cerámica, vidrio) donde actualmente se desecan corrientes fluídas calientes.



DESCRIPCION

La presente invención se incluye dentro de la tecnología de la transmisión de calor en los procesos industriales (código de la UNESCO 3313.10 y 3328.16) y consiste en un nuevo dispositivo y procedimiento para transmitir calor entre dos fluidos por medio de un circuito cerrado de partículas de material magnético.

En numerosas industrias es necesario comunicarle calor a alguna de las sustancias implicadas en los procesos de fabricación. También es muy habitual que, una vez ocurridas las transformaciones correspondientes, se intente recuperar, al máximo posible, la energía térmica de aquellas sustancias que ya no la necesitan, o de los materiales residuales del proceso.

Se pueden utilizar diversos procedimientos para transferir calor entre dos sustancias:

1) *Con llama directa*

Llamamos así al método de transferencia de calor en el que las sustancias que tienen que calentarse entran en contacto directo con la llama o los productos de la combustión. Se utiliza este procedimiento en los hornos rotatorios de las fábricas de cemento, en la cocción de productos cerámicos y en los procesos de fabricación del hierro y acero, entre otros.

2) *Con llama indirecta*

En este procedimiento existe un material intercambiador de calor entre la fuente de calor y el material que se pretende procesar. Este método está ampliamente difundido en la industria. Se da cuando el material a calentar o enfriar está en el interior de un recinto de paredes rígidas sobre las cuales se aplica calor o frío. Mediante este procedimiento se evita que los residuos de la combustión contaminen el material a procesar. Dentro de este procedimiento de transmisión de calor se pueden distinguir dos modalidades que veremos a continuación.

2.a.) *Calentamiento directo*

Tenemos este procedimiento cuando se aplica directamente la llama o fuente de calor sobre la superficie exterior de las paredes, conductoras del calor, del recinto que contiene el material a tratar. Las mayores aplicaciones de este método están en el calentamiento de gases y de fluidos térmicos. Es un procedimiento que ofrece una alta eficacia térmica, de bajo coste y con el que se pueden alcanzar altas temperaturas sin muchos problemas técnicos. Sin embargo, la superficie transmisora del calor puede alcanzar temperaturas demasiado altas, e incluso producirse puntos calientes, con lo que pudiera ocurrir un deterioro del material que se procesa e incrustaciones en la superficie transmisora del calor.

2.b.) *Calentamiento indirecto*

En este procedimiento existe un fluido (fluido térmico) que, al circular de manera continua entre la fuente primaria de calor y el material que se procesa, transporta la energía térmica de uno a otro. El calentamiento a través 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 nume-

rosos procesos ya que asegura una superficie intercambiadora de calor con una temperatura uniforme, sin puntos calientes, y, también, porque permite un mejor control de la temperatura del proceso.

Los dispositivos utilizados para llevar a cabo operaciones de transferencia de calor, en cualquiera de las modalidades mencionadas, son bien conocidos y pueden encontrarse descritos y discutidos en libros como:

PERRY & CHILTON; Chemical Engineering Handbook, McGraw-Hill, New York, (1973).

ROHSENOW, W. M., y HARTNETT, J.P., Handbook of Heat Transfer, McGraw-Hill, New York, (1973).

COULSON, J.M., y RICHARDSON, J.F., INGENIERIA QUIMICA: Operaciones básicas. TOMO/, Reverté, Barcelona, (1979).

KERN, D.Q.; Process heat transfer, McGraw-Hill, New York, (1950).

Estos procedimientos de transmisión de calor tienen aplicación en numerosas industrias. No obstante, en algunas de ellas (cerámica, química, metalurgia), 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 mencionados por lo que se han desarrollado una serie de técnicas adicionales para su recuperación y reincorporación al proceso productivo. Entre estas técnicas cabe mencionar a 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.

Sin embargo, en la mayor parte de los casos, la eficacia de estos sistemas recuperadores de calor suele ser muy baja y por ello se necesitan aparatos muy voluminosos para conseguir un rendimiento aceptable del proceso. Gran parte de la ineficacia del proceso surge del 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 en su totalidad caliente, en que se ha de invertir el sistema regenerador. Esto se hace 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 al primero, que 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 ello, con los sistemas actuales, los gases efluentes terminan desechándose a temperaturas relativamente altas (a veces, a varias centenas de grados centígrados) ya que el intentar recu-

perar mas calor de ellos resultaría antieconómico debido a la necesidad de una gran inversión en capital inmovilizado.

Una descripción de estos procedimientos de recuperación de calor puede encontrarse en el libro:

Técnicas Energéticas en la Industria. TOMO 13. Vidrio, Centro de Estudios de la Energía, Madrid, (1980).

Otro sistema de recuperación del calor de estos gases calientes se basa en hacerlos circular en contracorriente con una 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 transmitirlo 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 orientada 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 de este método no parece ser muy grande (55%) debido principalmente a una mala transmisión de calor desde las partículas a los tubos. Por ello, parece claro que lo ideal sería disponer primero un dispositivo por el que circulase el gas caliente en contracorriente con la lluvia de partículas sólidas transmitiéndole a éstas su calor. A continuación, por debajo del primer dispositivo, se situaría un segundo dispositivo por el que circulase el gas frío en contracorriente con las partículas sólidas calientes, cediendo éstas su calor al gas. De esta manera se aumentaría el área de transmisión de calor y se mejoraría el contacto sólido-fluido, con lo cual aumentaría el rendimiento. A continuación las partículas sólidas habrían de remontarse, por algún medio, hasta la altura correspondiente a la entrada del primer dispositivo y desde allí se dejaría, repitiéndose el ciclo. El método parece, en principio, sencillo pero, sin embargo, no se ha encontrado ninguna referencia acerca de que se haya utilizado a esté en fase de investigación. Esto podría ser debido a que la elevación de las partículas sólidas ha de hacerse, actualmente, por medios neumáticos o mecánicos, requiriendo estos procedimientos una serie muy compleja de dispositivos que hacen el proceso costoso e ineficaz.

Se puede resumir lo expuesto diciendo que en los dispositivos que tratan de intercambiar energía calorífica entre partículas sólidas y corrientes fluidas el problema es obtener el máximo rendimiento, es decir, intercambiar la máxima energía al mínimo coste posible. Para lograr este máximo rendimiento sería ideal, que cuando los fluidos salgan del dispositivo intercambiador de calor lo hagan a la temperatura de entrada de las partículas y que estas salgan a la temperatura de entrada de los fluidos. Un acercamiento a esta situación ideal solo se puede conseguir si se logra poder regular

de manera sencilla, fiable y rápida el caudal de los sólidos y su tiempo de contacto con los fluidos.

Si lo que se pretende es que el dispositivo sirva para transmitir calor entre dos corrientes fluidas el proceso se ha de hacer en dos etapas. En la primera, por ejemplo, las partículas se calentarían según se ha mencionado anteriormente, y en la segunda etapa transmitirían su calor a otra corriente fluida. Aquí, de nuevo, ha de conseguirse el máximo rendimiento, es decir, que las partículas salgan de esta etapa a la temperatura de entrada del fluido y para ello es necesario, también, regular el tiempo de contacto de las partículas con el fluido. Finalmente, una vez que las partículas han transmitido su calor, se han de recircular estas partículas hasta la primera etapa para comenzar de nuevo el proceso. La recirculación puede ser mecánica, con la consiguiente pérdida de energía debida al poco rendimiento de los motores y a los desgastes por fricción entre piezas mecánicas, y de éstas con las partículas, existiendo, además, la posibilidad de que se produzcan obturaciones de los conductos. La recirculación puede hacerse también de una manera neumática, pero en este caso se necesitan potentes soplantes, perdiéndose una gran cantidad de energía y produciéndose una gran cantidad de finos debido a la fricción entre las partículas.

Por ello, la presente invención intenta resolver estos problemas utilizando partículas de material magnético (ferromagnéticas, ferrimagnéticas) como elementos transmisores de la energía calorífica, y campos magnéticos para regular su flujo y su recirculación.

La presente invención consiste en un dispositivo que permite el intercambio de calor entre dos corrientes fluidas utilizando como medio transportador de calor partículas de material magnético que caen por gravedad en sentido contrario al de circulación de los fluidos, en una columna que contiene un material de relleno, caracterizándose, este dispositivo, porque el caudal de partículas sólidas descendentes puede regularse mediante campos magnéticos actuando a modo de válvulas magnéticas, y porque la recirculación de las partículas sólidas en sentido ascendente se logra mediante la fuerza ejercida sobre dichas partículas por una serie de campos magnéticos pulsantes producidos por bobinas conductoras de la corriente eléctrica colocadas adecuadamente.

Este dispositivo mejora el rendimiento de diseños anteriores por diversas razones:

- a) Al utilizar partículas de material magnético permite la regulación de su caudal mediante campos magnéticos, es decir sin dispositivos mecánicos sujetos a obturación o desgaste. Esta regulación del caudal junto con la existencia del material de relleno permite modificar el tiempo de contacto de las partículas con el fluido en el interior de la columna de tal manera que se asegura un óptimo aprovechamiento de la capacidad calorífica de las partículas.

Este procedimiento posibilita, también, la utilización de diversos tamaños de partículas y, con ello, el uso de partículas muy pe-

queñas con el objeto de aumentar la velocidad de transmisión de calor fluido-partícula y con ello la capacidad de transmisión de calor del dispositivo.

- b) Al moverse las partículas sólidas en sentido contrario al de circulación de los fluidos la extracción de calor del material caliente puede ser casi total.
- c) Al utilizarse partículas de material magnético, su recirculación se puede hacer mediante la aplicación de fuerzas magnéticas evitándose las pérdidas de energía derivadas del bajo rendimiento de los sistemas mecánicos o neumáticos así como la producción de finos debido al rozamiento entre las partículas.

La figura 1 representa un dispositivo, según la presente invención, para el intercambio de calor entre dos corrientes fluidas.

El dispositivo representado esquemáticamente en la figura 1 comprende una columna superior 1, y otra inferior 2, unidas por medio de otra columna de diámetro mas reducido. Cada columna en su parte superior está rodeada por una bobina 3 y 4 capaz de producir campos magnéticos. En el interior de ambas columnas existen unas rejillas de un material ferromagnético 5 y 6 que soportan las partículas de material magnético 7 y 8, y también existe un material de relleno 9 y 10 que puede ser, por ejemplo, anillos Raschig o anillos Pall, que está soportado, a su vez, por las rejillas 11 y 12. Por debajo de estas rejillas 11 y 12 están los conductos de entrada del fluido 14 y 15 y por debajo de las rejillas 5 y 6 se encuentran los conductos de salida del fluido 16 y 17. La columna inferior 2 tiene en su parte mas baja una bobina 18 creadora de campos magnéticos que rodea una conducción de bajada 19 de los sólidos ferromagnéticos que están soportados por una rejilla 13. A continuación de esta conducción 19 se situa la conducción de subida de sólidos 21 alrededor de la cual existen bobinas 20 creadoras de campos magnéticos dispuestas adecuadamente. En la parte superior de la conducción 21 se encuentra el dispositivo de recogida y bajada de partículas 22 hasta la columna 1.

Una de las posibles utilizations de este aparato está en la recuperación de calor contenido en los fluidos resultantes de alguna operación industrial, y en su transmisión a otra corriente fluida para precalentarla.

En este tipo de utilización del aparato, la corriente fluida caliente entra en el dispositivo por la conducción 14 y atraviesa en sentido ascendente la columna 1 que contiene un material de relleno 9 a traves del cual caen las partículas de mate-

rial magnético 7 regulándose su caudal de caída mediante la bobina 3 y la rejilla 5. La bobina 4 puede hacer que la altura del lecho de partículas supere el nivel de la rejilla 11 consiguiéndose de esta manera regular el tiempo de contacto entre las partículas que caen y el fluido que sube en la columna 1 y con ello lograr una extracción óptima de calor por las partículas. El fluido que entra por la conducción 14 caliente sale por la conducción 16 a una temperatura semejante a la de entrada de las partículas 7.

En la columna inferior 2 el fluido entra frio por la conducción 15 y pasa a través del material de relleno 10 poniéndose en contacto con las partículas que caen 8 y tomando el calor que estas habian almacenado en la columna 1. El fluido sale finalmente caliente, a aproximadamente la temperatura de entrada de las partículas, por la conducción 17. El caudal de caída de las partículas 8 puede regularse mediante la bobina 4 y la rejilla 6. El tiempo de contacto de las partículas con el fluido dependerá del tipo y tamaño del relleno 10 y de las partículas 8 pero puede aumentarse si mediante la bobina 18 y la rejilla 13 se hace que la altura del lecho de partículas supere el nivel de la rejilla 12.

Finalmente, una vez extraido su calor, las partículas de material magnético 8 abandonan la columna 2 a traves de la conducción 19 regulándose su salida mediante la bobina 18 y la rejilla 13. una vez llegan las partículas a la conducción 21 comienzan a subir impulsadas por la fuerza ejercida sobre ellas por los campos magnéticos pulsantes producidos por las bobinas 20. Cuando las partículas llegan a la parte superior de la conducción 21 se deslizan debido a la fuerza de la gravedad por la conducción 22 hasta la parte superior de la columna 1, donde comienza de nuevo el ciclo.

Esta invención puede ser utilizada en cualquier tipo de industria en la que actualmente se desechen corrientes fluidas con algún contenido de energía térmica, o para mejorar rendimientos en los procesos de transmisión de calor mas convencionales que actualmente se utilizan.

Como en este dispositivo la recuperación de calor se efectúa mediante un proceso en contracorriente, y con area de transmisión de calor muy grande, sería muy adecuado para aquellos casos en que, debido a la baja temperatura del fluido caliente, el intentar recuperar mas calor resultaría antieconomico con los actuales. En procesos a alta temperatura este sistema presenta también ventajas en cuanto a velocidad de transmisión de calor y con ello en cuanto a la capacidad de transmisión de calor del equipo para una inversión económica dada.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el intercambio continuo de calor entre corrientes fluidas **caracterizado** por comprender, según la figura 1, una columna superior (1), y otra inferior (2), unidas por medio de otra columna de diámetro mas reducido, estando cada columna en su parte superior rodeadas por bobinas (3) y (4) capaces de producir campos magnéticos, existiendo en el interior de ambas columnas unas rejillas (5) y (6) que soportan las partículas de material magnético (7) y (8), y un material de relleno (9) y (10) que está soportado por las rejillas (11) y (12), situándose por debajo de estas rejillas (11) y (12) los dispositivos de entrada del fluido (14) y (15) y por debajo de las rejillas (5) y (6) los conductos de salida del fluido (16) y (17). La columna inferior (2) tiene en su parte mas baja una bobina (18) creadora de campos magnéticos que rodea una conducción de bajada (19) de los sólidos magnéticos, que acaba en una conducción de subida de sólidos (21) alrededor de la cual existen bobinas (20) creadoras de campos magnéticos dispuestas adecuadamente, acabando la conducción (21) en un dispositivo de recojida y bajada de partículas (22) hasta la columna (1).

2. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque las columnas (1) y (2) pueden ser en cualquier forma geométrica: cilíndrica, prismática, etc., y construidas en diversos materiales, de acuerdo con la utilización que se haga del dispositivo.

3. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque el material de relleno (9) y (10) existente en el interior de las columnas (1) y (2) puede ser cerámico, metálico, polimérico, o de cualquier otro material y con diversas formas y tamaños de acuerdo con el tipo de utilización que se le dé al dispositivo.

4. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque las rejillas (5), (6), (11), (12) y (13) pueden tener una apertura de malla variable dependiendo del tamaño de las partículas y de la magnitud del campo magnético producido por las bobinas (3), (4) y (18).

5. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizado** porque la forma y diámetro de la conducción de bajada (19), de subida (21) y de bajada de los sólidos (22) puede variar en función de su aplicación, así como el material de que estén construidas estas conducciones.

6. Dispositivo según la reivindicación 1 **caracterizada** porque las partículas de material magnético (7) y (8) pueden ser en cualquier forma geométrica (esferas, cilindros, limaduras, etc.) y tamaño.

7. Procedimiento para el intercambio continuo de calor entre corrientes fluidas **caracterizado** porque una corriente fluida caliente entra en el dispositivo, según la figura 1, por la conducción (14) y atraviesa en sentido ascendente la columna (1) que contiene un material de relleno (9) a través del cual caen las partículas de material magnético (7), debido a la fuerza de la gravedad, regulándose su caudal de caída mediante la bobina (3) y la rejilla (5), pudiendo la bobina (4) hacer que la altura del lecho de partículas supere

el nivel de la rejilla (11) consiguiéndose, de esta manera, regular el tiempo de contacto entre las partículas que caen y el fluido que sube en la columna (1) y con ello lograr una extracción óptima de calor por las partículas, de tal manera que el fluido que entra por la conducción (14) caliente sale por la conducción (16) a una temperatura semejante a la de entrada de las partículas (7).

En la columna inferior (2) el fluido entra frío por la conducción (15) y pasa a través del material de relleno (10) poniéndose en contacto con las partículas que caen (8) y tomando el calor que estas habían almacenado en la columna (1) de tal manera que el fluido sale finalmente caliente, a aproximadamente la temperatura de entrada de las partículas, por la conducción (17), pudiendo el caudal de caída de las partículas (8) regularse mediante la bobina (4) y la rejilla (6), dependiendo el tiempo de contacto de las partículas con el fluido del tipo y tamaño del relleno (10) y pudiendo aumentarse este tiempo de contacto si mediante la bobina (18) se hace que la altura del lecho de la rejilla (12).

Finalmente, una vez extraído su calor, las partículas de material magnético (8) abandonan la columna (2) a través de la conducción (19), regulándose su salida mediante campos magnéticos intermitentes producidos por la bobina (18), llegando las partículas hasta la conducción (21) por donde suben impulsadas por la fuerza ejercida sobre ellas por los campos magnéticos pulsantes producidos por las bobinas (20) hasta llegar a la parte superior de la conducción (21) desde donde se deslizan debido a la fuerza de la gravedad por la conducción (22) hasta la parte superior de la columna (1), donde comienza de nuevo el ciclo.

8. Procedimiento según la reivindicación 7 **caracterizado** porque las bobinas productoras de campos magnéticos (3), (4) y (18) destinadas a regular el caudal descendente de partículas de material magnético producen un lecho empaquetado móvil de estas partículas que debido a su alta pérdida de carga evita la salida de los fluidos a través suyo.

9. Procedimiento según las reivindicaciones 7 y 8 **caracterizado** porque en el caso de que las partículas de material magnético superasen su temperatura de Curie en la columna (1), al no poderse regular la caída de los sólidos con la bobina (4), se formaría un lecho empaquetado móvil de estas partículas desde la rejilla (13) hasta la rejilla (11), debiendo haber la suficiente distancia entre la rejilla (13) y la conducción (15) como para que, debido a la pérdida de carga existente en este tramo, el fluido que entre por la conducción (15) salga por la conducción (17).

10. Procedimiento según la reivindicación 7 y 8 **caracterizado** porque la altura del lecho de partículas de material magnético sostenidas por los campos magnéticos producidos por las bobinas (4) y (18) y las rejillas (6) y (13) puede superar la altura de los conductos de entrada de fluidos (14) y (15) pudiéndose producir en estos casos, si la velocidad del fluido es suficiente, lechos fluidizados a partir de dicha altura.

11. Procedimiento según la reivindicación 7 **caracterizado** porque las bobinas productoras de campos magnéticos (3), (4) y (18) y (20) ge-

neran campos magnéticos intermitentes, estando regulado su funcionamiento mediante un ordenador, el cuál efectua el control de las bobinas

basándose en la información que recibe, mediante sensores de diversos tipos, sobre el movimiento de las partículas.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

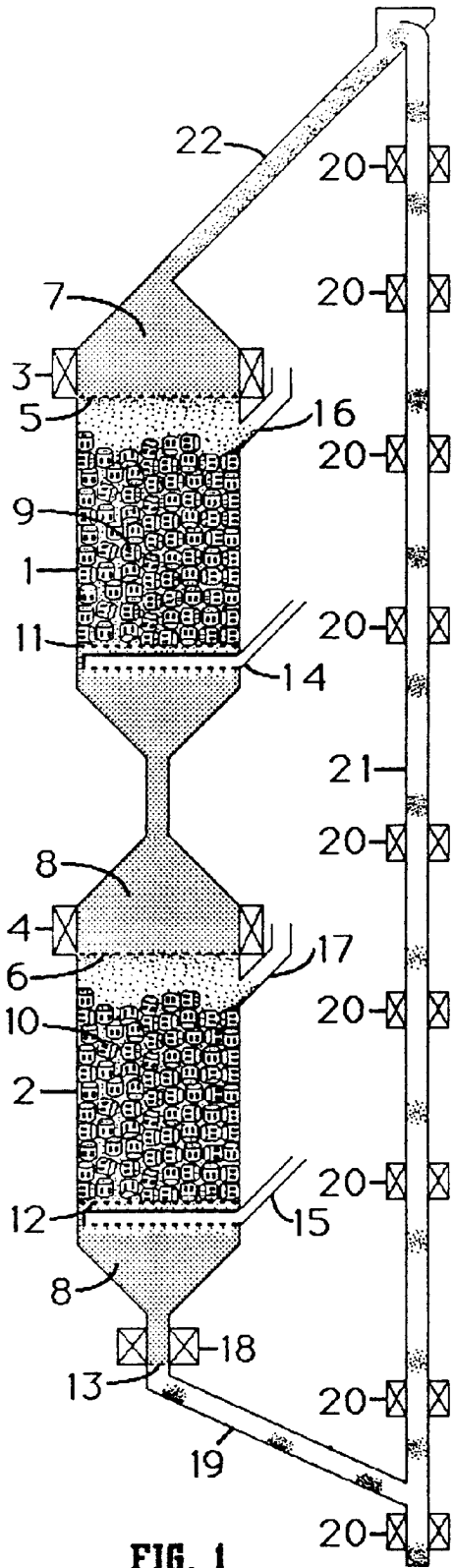


FIG. 1