



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 239 542**

⑯ Número de solicitud: **200400625**

⑮ Int. Cl.:

G05D 23/30 (2006.01)

B01J 8/06 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

⑯ Fecha de presentación: **08.03.2004**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **16.09.2005**

Fecha de la concesión: **02.11.2006**

⑯ Fecha de anuncio de la concesión: **01.12.2006**

⑯ Fecha de publicación del folleto de la patente:
01.12.2006

⑯ Titular/es: **Universidad de Oviedo
Plaza del Riego, 4 - Edificio Histórico
33003 Oviedo, Asturias, ES
El Politécnico de Torino**

⑯ Inventor/es: **Díez Sanz, Fernando;
Vega Granda, Aurelio;
Ordóñez García, Salvador;
González Hevia, Miguel Ángel;
Baldi, Giancarlo;
Barresi, Antonello;
Fisore, Davide y
Cittadini, Marco**

⑯ Agente: **No consta**

⑯ Título: **Dispositivo para el control de flujo de calor a través de la pared en equipos pequeños.**

⑯ Resumen:

Dispositivo para el control de flujo de calor a través de la pared en equipos pequeños.

Dispositivo para el control de flujo de calor en la pared en equipos pequeños. Consta un horno que rodea al equipo. La temperatura del horno exterior se fija en cada instante en función de la temperatura en el interior del equipo en dicho instante, lo que permite al sistema funcionar en estados no estacionarios. Dispone de un sistema de refrigeración para que la temperatura disminuya cuando el punto de consigna del controlador de temperatura en el exterior del equipo así lo requiera. Si la temperatura del equipo varía a lo largo de una dirección característica, se disponen varios hornos a lo largo de esta dirección, cada horno con un sistema de control de temperatura, cuyo punto de consigna en cada instante es la temperatura en el interior de la correspondiente sección del equipo. De aplicación al sector de equipos de investigación y de proceso.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para el control de flujo de calor a través de la pared en equipos pequeños.

La presente invención se refiere al diseño de equipos de procesos, como tanques de mezcla, reactores químicos, secadores, cambiadores o regeneradores de calor, etc. dotados con un dispositivo que les permite funcionar con un perfil de flujo de calor a través de su pared determinado, o en forma adiabática, tanto en condiciones estacionarias como no estacionarias, incluyendo condiciones forzadas.

La invención está dirigida fundamentalmente a equipos de investigación de pequeño tamaño, para los que, debido a sus reducidas dimensiones y elevada relación superficie/volumen, las pérdidas de calor son relativamente mucho más importantes que para los equipos industriales, de tamaño mayor y con menor relación superficie/volumen. Por ello, en estos equipos es muy difícil controlar el flujo de calor a través de la pared, en particular conseguir un funcionamiento adiabático. Esta invención permite obtener datos representativos del funcionamiento de equipos grandes en equipos de pequeño tamaño. Esto es muy útil para desarrollar nuevos procesos o nuevos conceptos de equipos.

Antecedentes

En el funcionamiento de muchos equipos de proceso en las industrias química, petroquímica, alimentaria, farmacéutica, etc., como cambiadores de calor (carcasa y tubos, placas, compactos, etc.), regeneradores de calor, tanques de mezcla, mezcladores estáticos, secadores, reactores químicos para una fase fluida (tanques agitados continuos o discontinuos, reactores tubulares de flujo), reactores químicos con presencia de un catalizador sólido (reactores en suspensión, de lecho fijo o de lecho fluidizado), es muy importante controlar el flujo de calor a través de sus paredes. Por ejemplo, en muchos casos el flujo de calor a través de la pared de los equipos es próximo a cero, lo que supone que los equipos operan de forma aproximadamente adiabática. Esta forma de operación puede ser beneficiosa para el proceso, por ejemplo para mejorar el rendimiento energético de los equipos (aparatos de intercambio de calor, reacciones exotérmicas). En otros casos, este comportamiento puede ser perjudicial, como en el caso de reacciones muy exotérmicas, que pueden dar lugar a la formación de puntos cálidos, con la posibilidad de desarrollo de reacciones descontroladas.

Es de especial importancia el estudio del funcionamiento de estos equipos de proceso en condiciones no estacionarias o transitorias, como por ejemplo las que se producen en los arranques o paradas, o cambios de condiciones de operación accidentales o provocados en procesos estacionarios; o en procesos que por su propia naturaleza operan en condiciones no estacionarias (operaciones discontinuas o semi-continuas, sistemas con alimentaciones variables, con condiciones de operación programadas en el tiempo, etc.).

El calor producido o consumido en un determinado proceso es generalmente proporcional a su volumen, mientras que el calor intercambiado con el exterior es proporcional a su superficie exterior. Por ello, dado que la relación superficie/volumen es baja en los equipos industriales, es fácil conseguir bajos flujos de calor a través de las paredes, o un comportamiento

próximo al adiabático, especialmente si disponen de aislamiento térmico exterior.

En contraste, la situación es la opuesta para los equipos pequeños o de laboratorio, dado que su alta relación superficie/volumen favorece la transmisión de calor con el exterior, desviándolos del comportamiento adiabático espontáneamente. Es por tanto difícil conseguir que estos equipos pequeños funcionen en condiciones en las que el flujo de calor a través de la pared sea pequeño, o en el caso de funcionamiento adiabático, cero.

Se han propuesto diferentes alternativas técnicas para solucionar este problema, como uso de aislamiento térmico externo, encamisado a vacío, o compensación térmica estacionaria. El uso de aislamiento térmico externo no es satisfactorio en este caso, ya que el espesor necesario para conseguir un buen aislamiento puede ser muy alto, y el peso de la capa de aislamiento en el balance de energía del sistema es mucho mayor que en los equipos industriales (por las mismas razones que la transmisión de calor es también mayor). Este inconveniente es aún mayor cuando se pretende estudiar el funcionamiento de los equipos en estado no estacionario, ya que el aislante provoca una gran inercia térmica en el sistema, que modifica pronunciadamente su comportamiento dinámico.

Otra propuesta que ha sido probada es la de rodear el equipo de una cámara en la que se efectúa vacío. Los resultados son mejores que los de un aislamiento en cuanto a la influencia sobre el comportamiento dinámico del equipo, pero no es técnicamente posible conseguir disminuir lo suficiente las pérdidas de calor.

Otra alternativa es la instalación de una calefacción eléctrica de compensación a lo largo de la parte central del equipo, o alternativamente la utilización de una calefacción eléctrica homogénea en la pared, pero en este caso no se puede evitar que se produzca sobre-compensación, y la dinámica del elemento de calefacción interacciona con la dinámica verdadera del equipo, afectando entonces a su comportamiento dinámico.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra un esquema del funcionamiento del dispositivo de control de flujo de calor utilizado en el ejemplo de realización de la presente invención, donde (1) reactor tubular, (2) hornos de calefacción, (3) vaina de termopares para la medida de la temperatura interna, (4) termopares de medida de la temperatura externa, (5) controladores automáticos de temperatura (PID), (6) PLC para tratamiento de señales, (7) convertidor RS232/RS485, (8) ordenador de tratamiento y registro de datos.

La Figura 2 representa la planta de un elemento calentador que se utiliza en el ejemplo de realización de esta invención donde (9) entrada de aire de refrigeración, (10) reactor tubular, (11) termopar de medida de la temperatura interna, (12) termopar de medida de la temperatura externa, (13) resistencias eléctricas, (14) deflector de aire, (15) bisagra que permite la apertura longitudinal del elemento calefactor, (16) dispositivo manual de apertura del elemento calefactor, (17) conexiones para alimentación eléctrica de las resistencias, (18) capa de material aislante, (19) carcasa metálica

Descripción de la invención

La presente invención describe un dispositivo que permite controlar la transmisión de calor a través de la pared en equipos de proceso (principalmente equipos

de laboratorio o planta piloto), tanto en estado estacionario como no estacionario (estados transitorios u operación no estacionaria forzada).

El dispositivo se basa en la creación de un ambiente circundante al equipo con temperatura controlada. Dado que la transmisión de calor entre el equipo y los alrededores depende de la diferencia de temperatura entre ambos, regulando la temperatura del ambiente circundante al equipo se regula la transmisión de calor a través de la pared del equipo a los alrededores. El control de la temperatura en el ambiente circundante al equipo se consigue instalando un horno que rodea al equipo, estando la temperatura del horno controlada por un controlador automático y siendo el punto de consigna del controlador fijado en función de la temperatura en el interior del equipo. Si se desea funcionamiento adiabático, la temperatura en el exterior debe ser la del interior del equipo, evitándose de este modo la transmisión de entre el proceso y el exterior. Para ello, se fija como punto de consigna del controlador la temperatura en el interior del equipo.

Si la temperatura en el interior del equipo varía con el tiempo (estado no estacionario), la consigna del controlador varía al mismo tiempo, por lo que el sistema propuesto es adecuado para funcionar en estado no estacionario.

Cuando la temperatura varía a lo largo del equipo, es necesario dividir el equipo en secciones. El número de secciones se fija en función de la longitud del equipo en la que se producen gradientes longitudinales de temperatura, y en el valor de estos gradientes. La aproximación al funcionamiento deseado mejorará cuanto mayor sea el número de secciones.

Es necesario medir la temperatura en el interior del equipo en tantos puntos como secciones se hayan establecido. Esto puede hacerse, por ejemplo, mediante una vaina que contenga termopares, situada en el centro del equipo. Dado que el sistema de control se basa en la fijación de la temperatura en el exterior del equipo en función de la temperatura en el interior, también se ha de medir la temperatura de la cara externa del equipo en cada sección. De esta forma, la variable de control del sistema de control de temperatura de cada sección es la temperatura en la pared externa, y el punto de consigna se fija en función de la temperatura interna en la sección correspondiente.

El sistema ha de estar dotado de tantos elementos calefactores como secciones, cada uno con funcionamiento independiente. Dichos elementos calefactores pueden consistir en resistencias eléctricas, cuyo aporte de calor será regulado por el sistema de control. Además, dispone de un sistema de refrigeración, para que el sistema de control pueda responder con la velocidad adecuada si la temperatura en el interior del equipo desciende. Esto puede conseguirse haciendo circular aire frío en el exterior del equipo, sobre cada uno de los elementos. El aire puede circular entre las resistencias eléctricas, entrando en contacto con la pared del equipo, o el elemento calefactor puede estar diseñado de tal forma que rodee al reactor y lo aísle del contacto directo con el aire refrigerante (figura 2). En el primer caso, se pueden disponer placas deflectoras para evitar el contacto del aire frío entrante con el equipo y, en el segundo, la resistencia eléctrica está enrollada en torno a un tubo de diámetro interior mayor que el diámetro exterior del equipo, de forma que no haya contacto entre ellos. La parte externa de los elementos calentadores puede estar recubierta por una

5 capa de aislante, como por ejemplo la lana de roca o fibras cerámicas, dependiendo de la temperatura que deban soportar. Esta capa, además de su función aislante, sirve como límite externo para la cámara donde circula el aire de refrigeración.

10 El equipo está dotado de un sistema de adquisición de datos que envía las temperaturas de consigna a los controladores de temperatura. La adquisición de datos se realiza a través de un PLC o directamente a través de una tarjeta de adquisición de datos. La acción de control (activación y desactivación del relé que conecta las resistencias eléctricas), se lleva a cabo por controladores de temperatura, o directamente 15 a través del ordenador mediante una tarjeta de salida y un programa con el algoritmo de control adecuado. Como algoritmo de control puede utilizarse el PID. Adicionalmente, el sistema de adquisición de datos puede adaptarse para registrar las distintas temperaturas medidas en el sistema.

20 El dispositivo resulta de aplicación al sector de equipos de investigación y de proceso a escalas de laboratorio y planta piloto, de procesos químicos en los que los que la transmisión de calor juega un papel importante, incluyendo procesos no estacionarios. 25 Un ejemplo típico son los reactores catalíticos adiabáticos, como el que se describe a continuación que debe entenderse sin carácter limitativo del alcance de la invención.

30 **Descripción de un ejemplo de realización de la invención**

35 Se trata de un lecho de relleno de tamaño planta piloto, que puede utilizarse como regenerador de calor, o como reactor catalítico. El lecho consta de un cilindro, construido de cuarzo, vidrio borosilicato o acero, de 0.8 m de longitud, 0.05 m de diámetro interno y 0.003 m de espesor de pared. La longitud efectiva del cilindro (la que contiene las partículas de relleno) es de 49 cm. El cilindro se conecta a los accesorios por las partes superior e inferior mediante bridas. La descripción que sigue asume en algunos puntos que el equipo tiene simetría cilíndrica, lo que incluye la gran mayoría de los casos de interés práctico, pero no está limitada a esta geometría, pudiéndose adaptarse fácilmente a otros casos.

40 45 La selección del material de la pared del equipo es importante, ya que la capacidad térmica de la pared, y el calor conducido en dirección axial a su través, pueden ser relevantes en el comportamiento de los equipos pequeños. Materiales con baja conductividad, como vidrio, cuarzo o ciertos materiales cerámicos son adecuados desde este punto de vista, pero son frágiles. Cuando se necesita mayor resistencia mecánica, se puede usar acero inoxidable, o aleaciones de baja conductividad, como acero refractario, Inconel o Hastelloy.

50 55 El sistema de control se esquematiza en la figura 1. Las temperaturas interiores se miden mediante los termopares de la vaina que se acaba de mencionar (3) y que discurre por el centro del reactor (1). Las señales de dichos termopares van hacia un PLC (6) modulable, que admite hasta 16 módulos. En este caso contiene 6 módulos de entrada (dos entradas por módulo) que admiten señales de voltaje linearizables para todo tipo de termopares o termoresistencias por medio del software del PLC. Dichas señales se envían a un ordenador (8) mediante un convertidor RS232/RS485 (7). El ordenador, que dispone de un software tipo cascada para el control y registro de da-

tos, recibe las señales de las temperaturas interiores, registrándolas y enviándolas como consigna a los controladores automáticos de temperatura tipo PID (5), valiéndose del convertidor. Las señales de las temperaturas exteriores tomadas por los controladores, no pasan por el PLC, sino que van directamente al convertidor para ser posteriormente registradas por el ordenador. Los controladores automáticos de temperatura actúan mediante relés de estado sólido. Cuando el relé se cierra, se activan las resistencias eléctricas situadas en el horno correspondiente (2). La respuesta fijada por cada controlador de temperatura se lleva a cabo modulando la fracción del tiempo de un ciclo (cuya duración se puede fijar) que el relé está cerrado.

La longitud efectiva del lecho se encuentra rodeada por hornos de calefacción. El sistema de calefacción está constituido por 7 hornos, uno de 0.10 m situado en el centro, y seis de 0.065 m de longitud, situados tres a cada lado del central. La sección central se ha diseñado con longitud mayor que las restantes porque en la zona central los cambios de temperatura son más pequeños y graduales. El sistema dispone por tanto de siete bandas de calentamiento independientes.

Cada una estas bandas u hornos está abisagrada y, por lo tanto, puede abrirse longitudinalmente. Una planta de uno de estos elementos calentadores se muestra en la figura 2. La entrada de aire de refrigeración (9), que se realiza a través un tubo de acero inoxidable soldado a una carcasa metálica exterior del mismo material (19). El tubo atraviesa una capa de aislante de fibra cerámica de 80 mm de espesor (18).

Un termopar de tipo K (12) alojado sobre un tubo cerámico atraviesa la carcasa metálica y la capa de

aislante justo por encima del tubo de salida del aire refrigerante hasta llegar a tocar la pared del reactor (10). En el centro del reactor se encuentra la vaina con el extremo del termopar (tipo K) correspondiente a esa sección (11). La vaina es de acero, así como el encamisado de los termopares que soporta, por lo que todos ellos están recubiertos con una fina capa de fibra cerámica, salvo las puntas de los termopares, para evitar que contribuyan a aumentar la conductividad axial del sistema. En la zona por donde entra el aire de refrigeración se sitúan unos deflectores que evitan que el aire entrante frío incida directamente sobre el reactor (14).

Las resistencias eléctricas (13) están emplazadas sobre soportes cerámicos verticales anclados en las láminas límite de los módulos, constituyendo el conjunto una estructura cilíndrica. Las cuatro resistencias son equidistantes entre la cara externa del reactor (10) y la cara interna de la capa de aislante (18). Las conexiones eléctricas (17) para tales resistencias están situadas en la parte posterior de la carcasa metálica a ambos lados de una bisagra (15). Dicha bisagra permite la apertura longitudinal junto con la liberación del dispositivo de cierre (16).

Las temperaturas interiores se miden mediante termopares tipo K soportados a lo largo de una vaina. En este caso el número de termopares es de nueve, pues además de la temperatura de cada sección, se mide la de ambos extremos del lecho. La vaina sale por la brida inferior, estando sellada a ésta para evitar fugas de gas. Los termopares están individualmente recubiertos de fibra cerámica, así como la superficie descubierta del tubo guía al que están adosados.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para el control de flujo de calor en la pared en equipos pequeños, **caracterizado** porque funciona tanto en estado estacionario, como en estado no estacionario, porque consta de un horno de calefacción que rodea al equipo, un medidor de temperatura en el exterior del equipo, un controlador automático de temperatura y un medidor de temperatura en el interior del equipo y porque la temperatura de consigna del horno de calefacción en cada instante se fija en función de la temperatura en el interior del equipo.

2. Dispositivo, según la reivindicación anterior, **caracterizado** por disponer de un sistema de refrigeración que consiste en un fluido refrigerante, una bomba o soplante para su impulsión, tuberías y válvulas

5 las para la regulación del caudal para conseguir que la temperatura de los hornos disminuya con la velocidad adecuada cuando el punto de consigna del controlador de temperatura en el exterior del equipo así lo requiera.

10 3. Dispositivo, según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el sistema de control del flujo de calor consta de una serie de secciones independientes que recubren distintas partes del equipo, disponiendo cada sección de un horno y un sistema de refrigeración, y porque la temperatura de cada horno está controlada automáticamente por separado, fijándose la temperatura de consigna de cada horno en 15 cada instante en función de la temperatura en el interior del equipo en la sección correspondiente.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

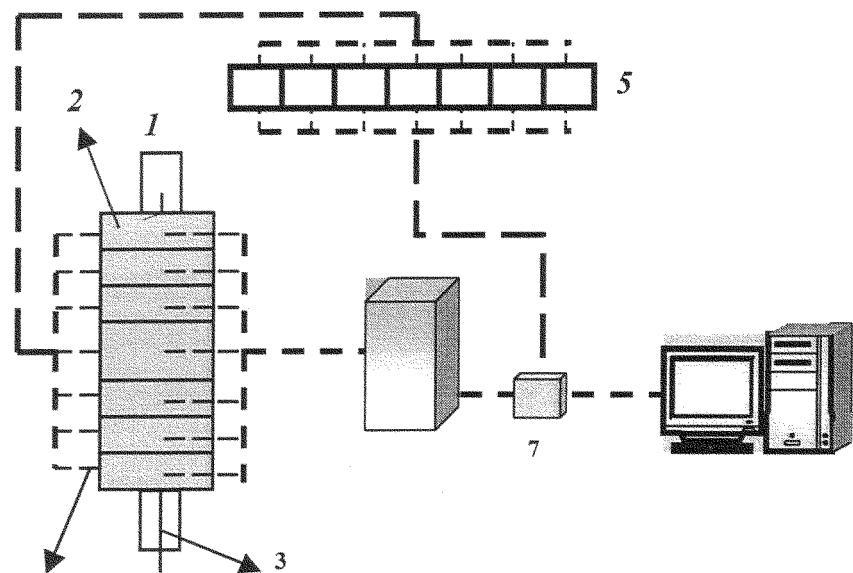


Figura 1.

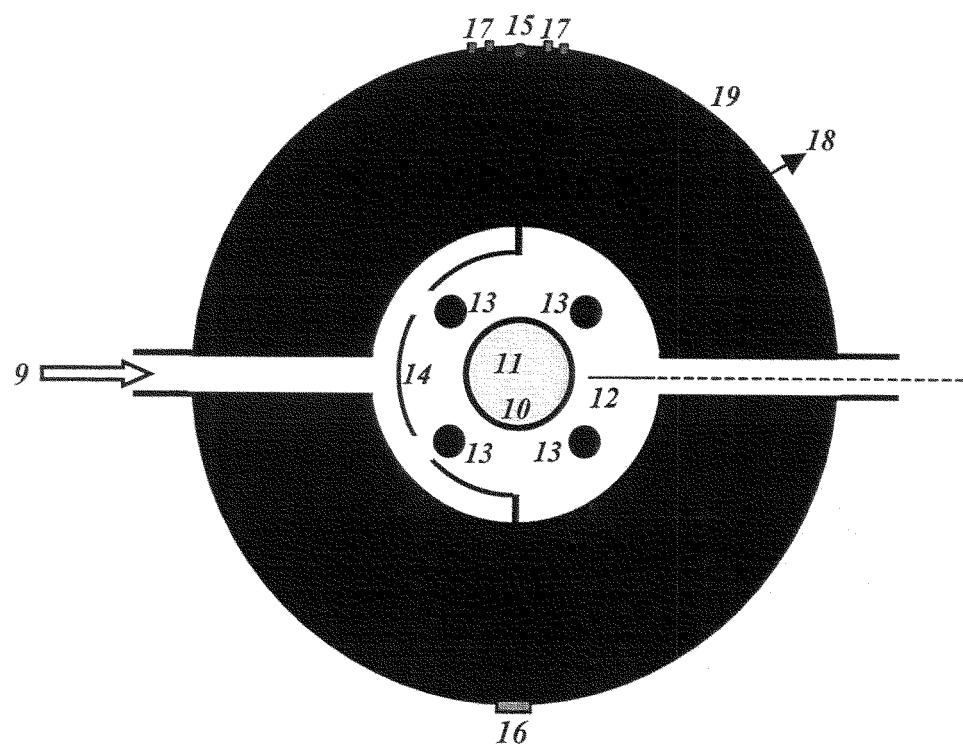


Figura 2



INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

(51) **Int. Cl.7:** G05D 23/30, B01J 8/06

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	GB 1604980 A (MINNESOTA MINING AND MANUFACTURING CO) 16.12.1981, página 1, línea 7 - página 3, línea 46; página 18, líneas 19-48; figuras 1,2,12.	1-3
A	ES 2194041 T3 (NOVAR ELECTRONICS CO) 16.11.2003, página 3, línea 20 - página 5, línea 41; figuras 1-2.	1-3
A	ES 2098597 T3 (THE M.W.KELLOGG CO) 01.05.1997, todo el documento.	1-3
A	US 5362452 A (QUANG et al) 11.08.1994, columna 3, línea 16 - columna 5, línea 44; figura 1.	1-3

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

O: referido a divulgación no escrita

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

A: refleja el estado de la técnica

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 13.07.2005	Examinador P. Pérez Moreno	Página 1/1
--	-------------------------------	---------------