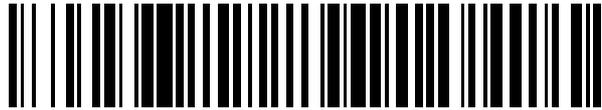


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 501**

51 Int. Cl.:

**F28D 19/04** (2006.01)

**F28D 17/00** (2006.01)

**F28D 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2011** **E 11151711 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2018** **EP 2348272**

54 Título: **Intercambiador de calor regenerativo y procedimiento para la transferencia de calor entre dos sólidos**

30 Prioridad:

**22.01.2010 DE 102010005578**

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

**18.02.2019**

73 Titular/es:

**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT  
(100.0%)  
Karolinenplatz 5  
64285 Darmstadt, DE**

72 Inventor/es:

**EPPLE, BERND y  
SEEBER, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 700 501 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Intercambiador de calor regenerativo y procedimiento para la transferencia de calor entre dos sólidos

5 La presente invención se refiere a un intercambiador de calor regenerativo y a un procedimiento para la transferencia de calor desde un primer sólido espolvoreable a un segundo sólido espolvoreable.

Los intercambiadores de calor o transmisores de calor son conocidos. Por ejemplo, el documento DE 30 27 187 A1 da a conocer un intercambiador de calor recuperativo para la transferencia de calor indirecta entre sólidos  
10 espolvoreables. Este intercambiador de calor recuperativo consiste en un conjunto de tubos paralelos entre sí, en el que los tubos adyacentes están, al menos en un lado, apoyados unos contra otros. El conjunto de tubos está dispuesto horizontalmente y se puede girar alrededor de un eje de rotación. En los tubos, están fijadas nervaduras transportadoras, de manera que el sólido espolvoreable es transportado a través del tubo respectivo por la rotación de los tubos alrededor del eje de rotación que transcurre paralelo al sentido de extensión de los tubos. A través de  
15 una parte de los tubos, se transporta el primer sólido en un sentido, mientras que al mismo tiempo se transporta el segundo sólido, en el sentido opuesto, a través de la otra parte de los tubos. De esta manera, el calor se transfiere, al menos parcialmente, desde el sólido más caliente a través de la pared del tubo al sólido más frío.

El documento GB 322 601 A da a conocer un intercambiador de calor regenerativo que tiene una superficie de  
20 intercambiador de calor para transferir calor de una primera sustancia (gas de escape) a una segunda sustancia (aire). Un dispositivo de posicionamiento puede cambiar la posición de la superficie del intercambiador de calor entre una posición de absorción de calor y una posición de liberación de calor. La primera sustancia (gas de escape) se desplaza a través de un conducto de escape en una dirección de avance de una primera cara a una segunda cara de la superficie del intercambiador de calor. La segunda sustancia (aire) se desplaza a través de un conducto de aire  
25 a lo largo de la superficie del intercambiador de calor de la segunda cara a la primera cara de la superficie del intercambiador de calor. Después de calentar una parte de la superficie del intercambiador de calor en el canal de gas, la superficie del intercambiador de calor se gira y la parte calentada se coloca en el conducto de aire, mientras que la parte enfriada se desplaza desde el conducto de aire al canal de gas. En cada posición de la superficie del intercambiador de calor, el calor se absorbe en el conducto de gas y el calor se libera en el conducto de aire.

30 El documento DE 32 25 838 A1 muestra un intercambiador de calor, que tiene sustancialmente la misma estructura que el que se describe en el documento GB 322 601 A.

Sobre esta base, se creará un intercambiador de calor y un procedimiento para la transferencia de calor entre  
35 sólidos espolvoreables con una eficiencia mejorada.

Este objetivo se logra mediante un intercambiador de calor regenerativo con las características de la reivindicación 1, mediante un conjunto de intercambiadores de calor que tiene las características de la reivindicación 12 y mediante el  
40 procedimiento que tiene las características de la reivindicación 13.

El intercambiador de calor según la invención está configurado como un intercambiador de calor regenerativo. El primer sólido espolvoreable y el segundo sólido espolvoreable se desplazan sucesivamente sobre la superficie del intercambiador de calor para la transferencia de calor. El primer sólido espolvoreable caliente emite su calor a la superficie del intercambiador de calor durante su desplazamiento a lo largo de la superficie del intercambiador de  
45 calor. A continuación, cuando el segundo sólido espolvoreable pasa sobre la superficie del intercambiador de calor, absorbe el calor de la superficie del intercambiador de calor. De esta manera, el calor se transfiere al menos parcialmente desde el primer sólido espolvoreable al segundo sólido espolvoreable. Dado que ambos sólidos se ponen en contacto con la misma superficie del intercambiador de calor, se pueden lograr eficiencias de transferencia de calor muy altas.

50 El intercambiador de calor según la invención también dispone de un dispositivo de posicionamiento mediante el cual se puede cambiar la posición de la superficie del intercambiador de calor entre una posición de absorción de calor y una posición de liberación de calor. Para calentar la superficie del intercambiador de calor, se lleva la misma mediante el dispositivo de posicionamiento a la posición de absorción de calor. El primer sólido espolvoreable se  
55 desplaza en una dirección de avance de una primera cara a una segunda cara de la superficie del intercambiador de calor. Preferentemente, las dos caras de la superficie del intercambiador de calor están dispuestas una encima de la otra en sentido vertical. La superficie del intercambiador de calor se calienta más en la zona de la primera cara que en la zona de la segunda cara. Esto se debe al hecho de que el primer sólido se enfría de manera continua al pasar por el intercambiador de calor, mientras que libera calor a la superficie del intercambiador de calor. Después de que  
60 la superficie del intercambiador de calor se ha calentado lo suficiente, se detiene el suministro del primer sólido

espolvoreable al intercambiador de calor y el dispositivo de posicionamiento desplaza la superficie del intercambiador de calor a la posición de liberación de calor. La superficie del intercambiador de calor cambia su posición de tal manera que el segundo material sólido espolvoreable que se introduce a continuación, incide primero sobre la segunda cara de la superficie del intercambiador de calor que se calienta con menos fuerza y se transfiere desde allí a lo largo de la superficie del intercambiador de calor hasta la primera cara.

En la posición de absorción de calor, la primera cara de la superficie del intercambiador de calor preferentemente está colocada, en sentido vertical, encima de la segunda cara, mientras que en la posición de liberación de calor, la segunda cara de la superficie del intercambiador de calor se encuentra, en sentido vertical, encima de la primera cara. En ambas posiciones, el sólido respectivo se espolvorea exclusivamente por o al menos con ayuda de la gravedad a lo largo de la superficie del intercambiador de calor de arriba a abajo.

Al girar la superficie del intercambiador de calor, se logra que el gradiente de temperatura entre el sólido que pasa a través del intercambiador de calor y la superficie del intercambiador de calor permanezca aproximadamente igual en cada punto de la superficie del intercambiador de calor. El intercambiador de calor regenerativo funciona según el "principio de contracorriente", por decirlo de alguna manera. Esto asegura una alta eficiencia en la transferencia de calor del primer sólido al segundo sólido espolvoreable. Ambos sólidos pasan uno tras otro por toda la superficie del intercambiador de calor.

El intercambiador de calor regenerativo o el conjunto de intercambiadores de calor que consiste en varios intercambiadores de calor regenerativos así como el procedimiento según la invención pueden usarse ventajosamente en relación con un calcinador. El primer sólido caliente espolvoreable es un sólido enriquecido con óxido de calcio (CaO). Un sólido enriquecido con carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) se usa preferentemente como segundo sólido espolvoreable. La transferencia de calor puede tener lugar entre la primera corriente de materia sólida que sale del calcinador y la segunda corriente de materia sólida que entra en el calcinador. Por lo tanto, el intercambiador de calor regenerativo puede ser una parte integral del calcinador.

En algunas realizaciones de la superficie del intercambiador de calor, es ventajoso proporcionar una carcasa de intercambiador de calor que rodea la superficie del intercambiador de calor. La carcasa del intercambiador de calor está prevista particularmente para las realizaciones de la superficie del intercambiador de calor, que presenta partes que no están fijadas entre sí, como por ejemplo, cuerpos de relleno adyacentes sueltos. Estos cuerpos de relleno se pueden meter fácilmente en la carcasa del intercambiador de calor. Para ello, no es necesario que la carcasa del intercambiador de calor esté completamente cerrada. Puede presentar una estructura en forma de rejilla. La forma y/o el tamaño de las aberturas de la carcasa deben ser tales que el cuerpo de relleno no pueda caerse hacia fuera y pueda mantenerse en la carcasa del intercambiador de calor. Por ejemplo, se pueden usar elementos de pared perforados o elementos de rejilla para formar aberturas de la carcasa. Al menos en un primer y un segundo punto, hay una abertura de la carcasa en cada caso, de manera que el material sólido que pasa a través del intercambiador de calor pueda ser introducido o retirado a través de las dos aberturas de la carcasa.

El dispositivo de posicionamiento puede desplazar la carcasa del intercambiador de calor junto con la superficie del intercambiador de calor entre la posición de liberación de calor y la posición de absorción de calor. En particular, la primera y la segunda abertura de la carcasa intercambian sus posiciones. Esto permite conseguir una estructura compacta del intercambiador de calor regenerativo que requiere poco espacio de instalación. En una configuración sencilla, el dispositivo de posicionamiento puede estar realizado como un dispositivo rotativo que gira la superficie del intercambiador de calor o la carcasa del intercambiador de calor con la superficie del intercambiador de calor entre las dos posiciones. El eje de rotación pasa por el intercambiador de calor, preferentemente en sentido transversal a la dirección de avance de los sólidos. Por ejemplo, el eje de rotación puede estar colocado más o menos horizontalmente. La superficie del intercambiador de calor puede girar, por ejemplo, 180 grados entre las dos posiciones.

Al menos una parte de la superficie del intercambiador de calor puede estar constituida por cuerpos de rellenos colocados en la carcasa del intercambiador de calor. Estos cuerpos de relleno se usan para aumentar el tamaño de la superficie del intercambiador de calor, de manera que la superficie del intercambiador de calor proporcionada para el contacto con el sólido respectivo sea grande para un volumen dado. De esta manera se garantiza que quede una sección transversal de paso adecuada para el paso del sólido correspondiente. En la configuración de la forma y el tamaño del cuerpo de relleno, no solo se puede aumentar la superficie del intercambiador de calor, sino también el tiempo de permanencia del sólido que ha pasado y, por lo tanto, se puede variar el tiempo de contacto entre el sólido y la superficie del intercambiador de calor y se puede especificar según se desee.

Los cuerpos de relleno pueden formar una estructura sólida o matriz y estar conectados entre sí de manera fija. En

este caso se puede prescindir de una carcasa de intercambiador de calor.

Ventajosamente, el cuerpo de relleno puede presentar medios espaciadores, de manera que la distancia entre el cuerpo de relleno adyacente garantiza una sección transversal de paso suficientemente grande para el paso del sólido respectivo. Como medio espaciador se pueden usar proyecciones que sobresalen del cuerpo de relleno, como, por ejemplo, pasadores, barras, discos, segmentos de discos o similares.

Como relleno, se pueden usar, por ejemplo, bolas o poliedros. Estos pueden presentar como alternativa a o además de los medios espaciadores uno o más orificios pasantes a través de los cuales se puede pasar el sólido en cuestión.

También pueden usarse placas u láminas onduladas o en ángulo múltiple como cuerpo de relleno. De forma alternativa o adicional, también es posible usar barras que transcurren transversalmente a la dirección de avance del respectivo sólido como cuerpo de relleno.

Convenientemente, se usa la misma entrada y/o salida de sólidos para introducir los primeros y segundos sólidos en el intercambiador de calor. La superficie del intercambiador de calor está colocada entre la entrada y la salida de sólidos. Además, puede estar previsto un dispositivo de distribución de sólidos entre la superficie del intercambiador de calor o la carcasa del intercambiador de calor y la entrada de sólidos para distribuir los sólidos en una superficie transversal a la dirección de avance de los sólidos a lo largo de la superficie del intercambiador de calor. Esto garantiza un contacto uniforme entre la superficie del intercambiador de calor y el sólido. En particular, el dispositivo de distribución de sólidos distribuye los sólidos en un área sustancialmente horizontal. Como dispositivo de distribución sólido puede servir, por ejemplo, una bandeja de distribución. Esta bandeja de distribución se puede fluidizar de manera que se forme un lecho fluidizado particularmente homogéneo y se distribuya el sólido de manera uniforme sobre la superficie, que luego pueda salir de la bandeja de distribución a la superficie del intercambiador de calor a través de una pluralidad de orificios de rebosamiento.

Otras ventajas y configuraciones preferidas de la invención se deducen de las reivindicaciones dependientes y de la descripción. Las realizaciones preferidas de la invención se explican más en detalle en la memoria descriptiva mediante los dibujos adjuntos. Muestran:

- Figura 1 un diagrama de bloques de una planta de energía que presenta un calcinador y un carbonatador,
- Figura 2 una vista en planta de un conjunto de intercambiadores de calor entre calcinador y carbonatador en una representación esquemática,
- Figura 3 el conjunto de intercambiadores de calor según la línea de sección B-B que se muestra en la Figura 2,
- Figura 4 el conjunto de intercambiadores de calor según la línea de sección A-A que se muestra en la Figura 2,
- Figura 5 un primer ejemplo de realización de una superficie de intercambiador de calor con placas onduladas,
- Figura 6 un segundo ejemplo de realización de una superficie de intercambiador de calor con placas onduladas,
- Figura 7 un tercer ejemplo de realización de una superficie de intercambiador de calor con barras que transcurren en sentido transversal a la dirección del desplazamiento de los sólidos,
- Figura 8 muestra un cuarto ejemplo de realización de una superficie de intercambiador de calor con una estructura en forma de rejilla,
- Figura 9 cuerpos de relleno esféricos con espaciadores en forma de pasadores para formar una superficie de intercambiador de calor según un quinto ejemplo de realización y
- Figura 10 cuerpos de relleno esféricos con orificios pasantes para formar una superficie de intercambiador de calor según un sexto ejemplo de realización.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de una planta de energía con un sistema de combustión, por ejemplo, un horno de generador de vapor. El gas de escape resultante contiene dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), que se introduce en un carbonatador 22 en el que el  $\text{CO}_2$  es absorbido por un absorbente en forma de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) y reacciona para dar lugar a carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La primera corriente de sólidos suministrada al carbonatador 22, que contiene o está compuesta de óxido de calcio, constituye el primer sólido espolvoreable F1.

A través de un separador de sólidos 23, se introduce una corriente de sólidos de un segundo sólido espolvoreable F2 que contiene o está compuesto de carbonato de calcio, desde el carbonatador 22 a un calcinador 24. En un sistema de combustión del calcinador 25, se quema una mezcla de combustible B y un portador de oxígeno, por ejemplo, oxígeno puro o aire L, para calentar el calcinador 24 y alcanzar la temperatura de calcinación de unos 900

## ES 2 700 501 T3

grados Celsius. En el calcinador 24, el carbonato de calcio se descompone nuevamente en óxido de calcio (CaO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). El óxido de calcio se añade al carbonatador 22 en el primer sólido F1.

El gas CO<sub>2</sub> concentrado producido en el calcinador 24 se puede comprimir después del enfriamiento y la limpieza y se puede almacenar, por ejemplo, bajo tierra. Para la refrigeración se puede usar un intercambiador de calor 26, de manera que el calor contenido en el CO<sub>2</sub> se pueda convertir en energía útil. Una parte de los gases de escape que contienen CO<sub>2</sub> puede ser suministrada desde el calcinador 24 a través de un conducto de retorno 27 hacia el carbonador 22 junto con el CO<sub>2</sub> procedente de los gases de escape del sistema de combustión 21. Otro intercambiador de calor 28 puede estar presente en el conducto de retorno 27. Además, antes de que se introduzca el gas de combustión al carbonatador 22, pueden estar presentes una unidad de desulfuración de gases de combustión 29 y una válvula de control 30 para controlar la cantidad de gas introducida al carbonatador 22. En la línea de conexión 33, entre el sistema de combustión 21 y el carbonatador 22, puede haber otra unidad de desulfuración de gases de combustión 31 y otra válvula 32. Opcionalmente, la unidad de desulfuración de gases de combustión 31 y la válvula de control 32 también pueden usarse para el flujo de gases de escape conducido a través del conducto de retorno 27, como se muestra en la Figura 1. En este caso se puede prescindir de la unidad de desulfuración de gases de combustión 29 y de la válvula de control 30.

Los gases de escape liberados en gran parte de CO<sub>2</sub> en el carbonatador 22 se introducen a través de un conducto de escape 34 en una chimenea o torre de enfriamiento 35. En el conducto de escape 34, se puede colocar otro intercambiador de calor 36, otra válvula de control 37 y un separador de polvo 38.

La disposición de los intercambiadores de calor 26, 28, 36, las unidades de desulfuración de gases de combustión 29, 31, las válvulas de control 30, 32, 37 y el separador de polvo 38 representan una realización preferida de la planta de energía 20, pero se puede modificar. Por ejemplo, puede modificarse en una línea el orden de los componentes mencionados. También es posible combinar unidades funcionalmente idénticas para simplificar la estructura del sistema. Además, es posible instalar otro separador de polvo 39 en la línea de conexión 33 después del sistema de combustión 21 de la planta de energía 20.

Según la invención, está previsto al menos un intercambiador de calor regenerativo 45 entre carbonatador 22 y calcinador 24. El intercambiador de calor regenerativo 45 sirve para transferir al menos parcialmente el calor del primer sólido espolvoreable F1, que se suministra al carbonatador 22 desde el calcinador 24, al segundo sólido de flujo libre F2, que se suministra al calcinador 24 desde el carbonatador 22. En el ejemplo de realización preferido, el calcinador 24 presenta una unidad de intercambiador de calor 46 con varios y, por ejemplo, tres intercambiadores de calor regenerativos 45 conectados en paralelo. Los intercambiadores de calor regenerativos 45 sirven para precalentar el segundo sólido F2 espolvoreable, de manera que en el sistema de combustión del calcinador 25 se pueden economizar el combustible B y portadores de oxígeno (O<sub>2</sub>). Los intercambiadores de calor regenerativos 45 transfieren el calor desde el primer sólido espolvoreable F1 caliente hasta el segundo sólido espolvoreable F2.

En las figuras 2 a 4, se muestra esquemáticamente una representación esquemática del conjunto de intercambiadores de calor 46 con el dispositivo para la introducción y descarga de sólidos F1, F2.

A cada intercambiador de calor regenerativo 45 del conjunto de intercambiadores de calor 46 se le asigna una entrada de sólidos 47. Cada entrada de sólidos 47 está conectada a un primer tubo de entrada 48 a través de un primer conjunto de válvulas de entrada 49. El primer conjunto de válvulas de entrada 49 se encuentra entre los primeros tubos de entrada 48 y un sifón 50 de un separador de sólidos del calcinador 24 que no se muestra en detalle. El primer sólido espolvoreable F1 se recoge en el sifón 50.

Además, cada una de las entradas de sólidos 47 está conectada a través de un segundo tubo de entrada 51 y un segundo conjunto de válvulas de entrada 52 al separador de sólidos 23 del carbonatador 22, en el que se encuentra el segundo sólido espolvoreable F2. A través de los dos conjuntos de válvulas de entrada 49, 52, se puede introducir el primer sólido espolvoreable F1 o el segundo sólido espolvoreable F2 de manera independiente a cada uno de los intercambiadores de calor regenerativos 45.

En el ejemplo de realización preferido, se introducen los sólidos F1, F2 exclusivamente por gravedad. Debajo de cada abertura de entrada 47 hay en cada intercambiador de calor 45 una bandeja de distribución 55, que sirve para la distribución amplia, sustancialmente horizontal, del sólido F1 o F2 suministrado en cada caso. La bandeja de distribución 55 puede fluidizarse fácilmente para una mejor distribución de los sólidos y presenta una pluralidad de orificios de rebosamiento 56 a lo largo de su superficie, como se muestra en la Figura 4 de manera esquemática.

Visto en el sentido vertical, la superficie del intercambiador de calor 57 del intercambiador de calor regenerativo 45

está situada debajo de la bandeja de distribución 55 y verticalmente debajo de la entrada de sólidos 47 respectiva. En el ejemplo de realización preferido, la superficie del intercambiador de calor 57 se encuentra dentro de una carcasa del intercambiador de calor 58. La carcasa del intercambiador de calor 58 puede omitirse en realizaciones del intercambiador de calor 45 en las que la superficie del intercambiador de calor 57 presente una estructura fija o

- 5 rígida y pueda estacionarse de manera giratoria sin carcasa, por ejemplo, en el caso de superficies de intercambiadores de calor con elementos en forma de placas (figuras 5 y 6). La superficie 57 del intercambiador de calor se indica solo esquemáticamente en las Figuras 3 y 4 mediante un sombreado. La superficie del intercambiador de calor 57 se abordará más adelante en relación con las Figuras 5 a 10.
- 10 A cada intercambiador de calor regenerativo 45 o a cada conjunto de intercambiador de calor 46 se les asigna un dispositivo de posicionamiento 60. El dispositivo de posicionamiento 60 sirve para desplazar la superficie del intercambiador de calor 57 entre una posición de absorción de calor I y una posición de liberación de calor II. En el ejemplo de realización aquí descrito, la superficie del intercambiador de calor 57 está unida firmemente a la carcasa del intercambiador de calor 58, por lo que el dispositivo de posicionamiento 60 desplaza la carcasa del
- 15 intercambiador de calor 58 junto con la superficie del intercambiador de calor 57. Preferentemente, las carcasas del intercambiador de calor 58 reposan en un dispositivo de sujeción 62, de manera que puedan girar alrededor de un eje de rotación 61 esencialmente horizontal. En este caso, el dispositivo de posicionamiento 60 está configurado como un dispositivo de rotación 63. Las tres carcasas de intercambiadores de calor 58 se pueden desplazar entre sus dos posiciones I y II, una independientemente de las otras.

- 20 Debajo de la superficie del intercambiador de calor 57 y, por ejemplo, en sentido vertical, directamente debajo de la entrada de sólidos 47, hay una salida de sólidos 64 a la que está asignado un conjunto de válvulas de salida 65. A través del conjunto de válvulas de salida 65 se conecta la salida de sólidos 64 del intercambiador de calor 45 con una primera línea de salida 66 al carbonatador 22 o con una segunda línea de salida 67 al calcinador 24. El conjunto
- 25 de la válvula de salida 65 se ajusta en función de cuál de los sólidos F1, F2 pasa a través del intercambiador de calor 45.

- En el ejemplo de realización preferido, el dispositivo de sujeción 62 está configurado en forma de una carcasa exterior 70 que rodea la carcasa del intercambiador de calor 58. En la zona de la carcasa del intercambiador de calor
- 30 58 hay una zona de rotación 71 dentro de la carcasa exterior 70, que permite que la carcasa del intercambiador de calor 58 gire alrededor del eje de rotación 61. La zona de rotación 71, por ejemplo, está configurada como una cavidad cilíndrica.

- En el ejemplo de realización de la Figura 1, la carcasa del intercambiador de calor 58 presenta un contorno cilíndrico
- 35 con un eje cilíndrico que se extiende en la dirección del eje de rotación 61. La superficie de base de la carcasa cilíndrica del intercambiador de calor 58 se indica mediante un polígono, por ejemplo, un hexágono. La superficie de base puede ser circular o elíptica. En principio, la forma de la carcasa de la carcasa del intercambiador de calor 58 es de libre elección.

- 40 La superficie del intercambiador de calor 57 de cada intercambiador de calor 58 presenta una primera cara 72 y una segunda cara 73 diametralmente opuesta con respecto al eje de rotación 61. En la posición de absorción de calor I de la superficie del intercambiador de calor 57, la primera cara 72 está asignada a la entrada de sólidos 47 y la segunda cara 73 a la salida de sólidos 64. Por lo tanto, la primera cara 72 se encuentra encima de la segunda cara
- 45 73 en sentido vertical. Para desplazar la superficie del intercambiador de calor 57 de la posición de absorción de calor 1 a la posición de liberación de calor 2, el dispositivo de rotación 63 hace que la superficie del intercambiador de calor 57 gire 180 grados. Las dos caras 72, 73, por lo tanto, intercambian sus posiciones. En la posición de liberación de calor II, la segunda cara 73 está asignada a la entrada de sólidos 47 y la primera cara 72 a la salida de sólidos 64.

- 50 La primera cara 72 de la superficie del intercambiador de calor 57 es adyacente a una primera abertura de la carcasa 75 y la segunda cara 73 es adyacente a una segunda abertura de la carcasa 76 en la carcasa del intercambiador de calor 58. Dependiendo de la posición I, II de la carcasa del intercambiador de calor 58, los sólidos correspondientes F1, F2 pueden ser suministrados o descargados a través de las aberturas de la carcasa 75, 76. Las flechas dibujadas en las Figuras 5 y 6 indican la dirección de avance del sólido F1 o F2 que pasa a través del
- 55 intercambiador de calor 45, en el que la superficie del intercambiador de calor 57 se encuentra, a modo de ejemplo, en la posición de absorción de calor I.

- La superficie del intercambiador de calor 57 puede realizarse de diferentes maneras. Algunos ejemplos de realización se muestran en las Figuras 5 a 10. En el primer ejemplo de realización de la Figura 5, la superficie del
- 60 intercambiador de calor 57 está formada por varias placas o láminas onduladas 79 dispuestas en paralelo. En lugar

de las placas onduladas 79, también se pueden usar placas o láminas anguladas 80 de manera múltiple, como se muestra esquemáticamente en la Figura 6. La forma ondulada o angular de las placas 79, 80 evita el goteo directo de los sólidos F1, F2. Las placas 79, 80 forman, por así decirlo, obstáculos que desvían repetidamente el sólido de su dirección de avance para prolongar el tiempo de contacto entre el sólido F1, F2 y la superficie del intercambiador de calor 57. Las placas o láminas 79, 80 representan los cuerpos de relleno 81 previstos en la carcasa del intercambiador de calor.

En un tercer ejemplo de realización que se muestra en la Figura 7, la carcasa del intercambiador de calor 58 está llena de una pluralidad de cuerpos de relleno 81 en forma de barra. Las barras 82 que constituyen los cuerpos de relleno 81 están dispuestas transversalmente a la dirección de avance R de los sólidos F1, F2 a través del intercambiador de calor. Las barras 82 pueden penetrar parcial o totalmente en la carcasa del intercambiador de calor desde una pared lateral hasta la pared lateral opuesta. Alrededor de las barras 82 están previstos medios espaciadores 83 para mantener las barras 82 separadas entre sí a fin de proporcionar un área de paso adecuado para los sólidos F1, F2. No es necesario que las barras 82 estén conectadas firmemente con la carcasa del intercambiador de calor 58. En este ejemplo de realización, los medios espaciadores 83 están constituidos por discos anulares 84 que rodean las barras 82.

En otro ejemplo de realización, el cuarto, la superficie del intercambiador de calor 57 está constituida por una estructura en forma de rejilla 85. También en este caso hay barras 82 que transcurren transversalmente a la dirección del avance R, que se fijan en posición mediante barras de retención 85.

Las Figuras 9 y 10 muestran otras posibilidades alternativas para los cuerpos de relleno 81. Los cuerpos de relleno 81 están configurados como cuerpos aproximadamente esféricos. En el ejemplo de realización que se muestra en la Figura 9, cada cuerpo de relleno 81 presenta pasadores 86 que sobresalen radialmente en diferentes direcciones y que constituyen medios espaciadores 83. Los pasadores se encuentran preferentemente distribuidos por toda el contorno del cuerpo de relleno 81. El sólido F1 o F2 en cuestión puede fluir a través de la carcasa del intercambiador de calor 58 entre el cuerpo de relleno esférico 81 y los pasadores 86.

Los cuerpos de relleno 81 que se muestran en la Figura 10 también están configurados en forma de esferas. Cada uno de ellos presenta varios orificios pasantes 87 para permitir el paso del primer o segundo sólido F1 o F2 a través de la carcasa del intercambiador de calor 58.

En una modificación de la variante de realización de la superficie del intercambiador de calor 57 que se describe en el presente documento también se pueden usar combinaciones de los cuerpos de relleno 81 descritos. Por ejemplo, también se pueden emplear cuerpos de relleno esféricos 81 entre las placas 79, 80.

La intercambiador de calor 45 según la invención o el conjunto de intercambiadores de calor 46 que está compuesto por tres intercambiadores de calor regenerativos 45 funciona de la siguiente manera:

En la posición de absorción de calor I de la superficie del intercambiador de calor 57, se introduce el primer sólido espolvoreable F1 al intercambiador de calor regenerativo 45 a través del primer tubo de entrada 48. La bandeja de distribución 55 distribuye el primer F1 sólido espolvoreable horizontalmente y de manera uniforme. A través de los orificios de rebosamiento 56 en la bandeja de distribución 55, fluye el primer sólido espolvoreable F1 a través de la primera abertura de la carcasa 75 a la carcasa del intercambiador de calor 58. A continuación, incide sobre la superficie del intercambiador de calor 57 y se desplaza a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57 hasta la segunda abertura de la carcasa 76. Allí sale de la carcasa del intercambiador de calor 58 y es transportado al carbonatador 22 a través de la salida de sólidos 64 y del conjunto de válvulas de salida 65 de la primera línea de salida 66. Después de un calentamiento adecuado de la superficie del intercambiador de calor 57, el primer conjunto de válvulas de entrada 49 interrumpe la introducción del primer sólido espolvoreable F1. Durante el calentamiento de la superficie del intercambiador de calor 57, la primera cara 72 se encontraba debajo de la entrada de sólidos 47, mientras que la segunda cara 73 estaba asignada a la salida de sólidos 64. Por eso la primera cara 72 se ha calentado más que la segunda cara 73. La temperatura de la superficie del intercambiador de calor 57 disminuye continuamente desde la primera cara 72 hasta la segunda cara 73.

El dispositivo de posicionamiento 60 desplaza la superficie del intercambiador de calor 57 a la posición de liberación de calor II, por ejemplo, alrededor del eje de rotación 61. Ahora, la segunda cara 73 menos caliente está asignada a la entrada de sólidos 47 y la primera cara 72 más caliente a la salida de sólidos 64. A través del segundo conjunto de válvulas de entrada 52, se introduce el segundo sólido espolvoreable F2 al intercambiador de calor regenerativo 45, por lo que el segundo sólido espolvoreable F2 se calienta cada vez más a medida que se desplaza a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57. Dado que la temperatura de la superficie del intercambiador de calor 57 en la posición de liberación de calor II en la dirección de avance R del segundo sólido espolvoreable F2 aumenta

continuamente desde la segunda cara 73 hasta la primera cara 72, se puede lograr una diferencia de temperatura aproximadamente constante entre el segundo sólido espolvoreable F2 y la superficie del intercambiador de calor 57 en la trayectoria completa del segundo sólido espolvoreable F2 a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57. El intercambiador de calor regenerativo 45 funciona según el "principio de contracorriente", por decirlo de alguna manera. El segundo sólido espolvoreable F2 se introduce en la segunda línea de salida 67 al calcinador 24 a través del conjunto de válvulas de salida 65.

Dado que la superficie del intercambiador de calor 57 se enfría cada vez más en la posición de liberación de calor II, se interrumpe la introducción del segundo sólido espolvoreable F2 después de un tiempo determinado y el dispositivo de posicionamiento 60 devuelve la superficie del intercambiador de calor a la posición de absorción de calor I. La primera cara 72 más caliente de la placa del intercambiador de calor ahora se vuelve a asignar a la entrada de sólidos. Por lo tanto, el primer sólido espolvoreable F1 se desplaza desde la primera cara más caliente a la segunda cara menos caliente 73 de la superficie del intercambiador de calor 57. Por lo tanto, la diferencia de temperatura entre el primer sólido espolvoreable F1 y la superficie del intercambiador de calor 57 es aproximadamente constante durante todo el desplazamiento.

La secuencia descrita se continúa cíclicamente.

Tal como se muestra en las Figuras 2 a 4, varios intercambiadores de calor regenerativos 45 forman una unidad de intercambiadores de calor 46. Preferentemente, se combinan al menos tres intercambiadores de calor 45 en una unidad de intercambiadores de calor 46. Es posible conseguir corrientes continuas tanto para el primer sólido espolvoreable F1 como para el segundo sólido espolvoreable F2. Para ello, los intercambiadores de calor regenerativos 45 de una unidad de intercambiadores de calor 46 se encuentran en diferentes estados: Posición de absorción de calor I, posición de liberación de calor II o estado de conmutación entre las dos posiciones I, II. Mientras uno de los intercambiadores de calor regenerativo 45 esté en su posición de absorción de calor I, al menos uno de los otros intercambiadores de calor regenerativo 45 adopta la posición de liberación de calor II, como se muestra en la Figura 3. El tercer intercambiador de calor regenerativo 45 de la unidad de intercambiadores de calor 46 se encuentra en estado de conmutación entre las dos posiciones I, II. En el estado de conmutación, durante el movimiento de desplazamiento de la superficie del intercambiador de calor 57 entre las dos posiciones I, II, no hay suministro de sólidos al intercambiador de calor 45. Con tres intercambiadores de calor regenerativo 45 conectados en paralelo en una unidad de intercambiadores de calor 46, se puede garantizar un flujo continuo de ambos sólidos F1, F2.

La presente invención se refiere a un intercambiador de calor regenerativo 45 y a un procedimiento para la transferencia de calor desde un primer sólido espolvoreable F1 a un segundo sólido espolvoreable F2. El intercambiador de calor regenerativo 45 presenta una superficie del intercambiador de calor 57. La superficie del intercambiador de calor 57 se puede conmutar entre una posición de absorción de calor I y una posición de liberación de calor II mediante un dispositivo de posicionamiento 60. En la posición de absorción de calor I, un primer sólido F1 de flujo libre fluye a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57 desde una primera cara 72 hasta una segunda cara 73. La superficie del intercambiador de calor 57 se calienta y su temperatura aumenta continuamente desde la primera cara 72 hasta la segunda cara 73. Después de calentar la superficie del intercambiador de calor 57, el dispositivo de posicionamiento 60 desplaza la superficie del intercambiador de calor 57 a la posición de liberación de calor II, en la que el segundo sólido espolvoreable F2 que se pretende calentar es conducido a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57. Por tanto, el segundo sólido F2 espolvoreable se desplaza de la segunda cara 73 menos caliente a la primera cara 72 más caliente. Preferentemente, se desplazan los sólidos F1, F2 únicamente por gravedad en el sentido vertical hacia abajo, en una dirección de avance R, a lo largo de la superficie 47 del intercambiador de calor. Durante todo el desplazamiento del sólido espolvoreable F1, F2 respectivo a lo largo de la superficie del intercambiador de calor 57, la diferencia de temperatura entre el sólido espolvoreable F1, F2 y la superficie del intercambiador de calor 57 es aproximadamente constante y da como resultado una transferencia de calor continua entre la superficie del intercambiador de calor 57 y el sólido F1, F2 respectivo.

En un conjunto de intercambiadores de calor 46 preferido, están previstos tres intercambiadores de calor regenerativos 45, en el que cada intercambiador de calor 45 se encuentra en un estado diferente: El intercambiador de calor 45 toma la posición de absorción de calor I, el otro intercambiador de calor 45, la posición de liberación de calor II y el tercer intercambiador de calor 45 un estado de conmutación entre la posición de absorción de calor I y la posición de liberación de calor II.

**Lista de referencias:**

60

## ES 2 700 501 T3

20	Planta de energía
21	Sistema de combustión
5 22	Carbonatador
23	Separador de sólidos
24	Calcinador
10 25	Sistema de combustión del calcinador
26	Intercambiadores de calor
15 27	Conducto de retorno
28	Intercambiador de calor
29	Unidad de desulfuración de gases de combustión
20 30	Válvula de control
31	Unidad de desulfuración de gases de combustión
25 32	Válvula de control
33	Línea de conexión
34	Conducto de escape
30 35	Chimenea/ torre de enfriamiento
36	Intercambiador de calor
35 37	Válvula de control
38	Separador de polvo
39	Separador de polvo
40 45	Intercambiador de calor regenerativo
46	Unidad de intercambiador de calor
45 47	Entrada de sólidos
48	Primer tubo de entrada
49	Primer conjunto de válvulas de entrada
50 50	Sifón v. 24
51	Segundo tubo de entrada
55 52	Segundo conjunto de válvulas de entrada
55	Bandeja de distribución
56	Orificio de rebosamiento
60	

## ES 2 700 501 T3

57	Superficie del intercambiador de calor
58	Carcasa del intercambiador de calor
5 60	Dispositivo de posicionamiento
61	Eje de rotación
62	Dispositivo de sujeción
10 63	Dispositivo de rotación
64	Salida de sólidos
15 65	Conjunto de válvulas de salida
66	Primera línea de salida
67	Segunda línea de salida
20 70	Carcasa exterior
71	Zona de rotación
25 72	Primera cara
73	Segunda cara
75	Primera abertura de la carcasa
30 76	Segunda abertura de la carcasa
79	Placa ondulada
35 80	Placa angulada
81	Cuerpo de relleno
82	Barra
40 83	Medio espaciador
84	Disco
45 85	Barra de retención
86	Pasador
87	Orificio pasante
50 I	Posición de absorción de calor
II	Posición de liberación de calor
55 B	Combustible
F1	Primer sólido espolvoreable
F2	Segundo sólido espolvoreable
60	

## ES 2 700 501 T3

L	Aire
R	Dirección de avance
5 O <sub>2</sub>	Oxígeno
Co <sub>2</sub>	Dióxido de carbono

## REIVINDICACIONES

1. Intercambiador de calor regenerativo para la transferencia de calor de un primer sólido espolvoreable (F1) a un segundo sólido espolvoreable (F2), con una superficie de intercambiador de calor (57) situada entre una  
5 entrada de sólidos (47) y una salida de sólidos (64),  
en el que para la introducción del primer sólido espolvoreable (F1) y del segundo sólido espolvoreable (F2) en el intercambiador de calor, se usa la misma entrada de sólidos (47) y para descargar el primer sólido espolvoreable (F1) y el segundo sólido espolvoreable (F2) del intercambiador de calor se usa la misma salida de sólidos (64),  
con un dispositivo de posicionamiento (60) mediante el cual la posición de la superficie del intercambiador de calor  
10 (57) es modificable entre una posición de absorción de calor (I) y una posición de liberación de calor (II), en el que en la posición de absorción de calor (I), una primera cara (72) de la superficie del intercambiador de calor (57) está asignada a la entrada de sólidos (47) y una segunda cara (73) está asignada a la salida de sólidos (64) y en el que en la posición de liberación de calor (II), la segunda cara (73) está asignada a la entrada de sólidos (47) y la primera cara (72) a la salida de sólidos (64),  
15 en el que el primer sólido espolvoreable (F1) en la posición de absorción de calor (I) de la superficie del intercambiador de calor (57) se espolvorea de arriba a abajo, en una dirección de avance (R) a lo largo de la superficie del intercambiador de calor (57), de la primera cara (72) a la segunda cara (73) de la superficie del intercambiador de calor (57), al menos con ayuda de la gravedad,  
y en el que el segundo sólido espolvoreable (F2) en la posición de liberación de calor (II), se espolvorea de arriba a  
20 abajo a lo largo de la superficie del intercambiador de calor (57) sustancialmente de la segunda cara (73) a la primera cara (72) de la superficie del intercambiador de calor (57) al menos con ayuda de la gravedad.
2. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 1, **caracterizado porque** está presente una carcasa del intercambiador de calor (58) con una primera abertura de carcasa (75) y una segunda abertura de  
25 carcasa (76), en la que está prevista la superficie del intercambiador de calor (57).
3. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 2, caracterizado porque, para desplazar la superficie del intercambiador de calor (57) entre la posición de absorción de calor (I) y la posición de liberación de calor (II), el dispositivo de posicionamiento (30) desplaza la carcasa del intercambiador de calor (58) junto con la  
30 superficie del intercambiador de calor (57) situada en la misma.
4. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 3, caracterizado porque durante el desplazamiento de la superficie del intercambiador de calor (57) entre sus dos posiciones (I, II), las dos aberturas de la carcasa (75, 76) intercambian sus posiciones.  
35
5. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 1, caracterizado porque el dispositivo de posicionamiento (60) está realizado como un dispositivo de rotación (63) que gira la superficie del intercambiador de calor (57) alrededor de un eje de rotación (61) que se extiende perpendicularmente a la dirección de avance (R) de los sólidos (F1, F2) a lo largo de la superficie del intercambiador de calor (57).  
40
6. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 2, caracterizado porque al menos una parte de la superficie del intercambiador de calor (57) está formada por cuerpos de relleno (81) situados en la carcasa del intercambiador de calor (58).
- 45 7. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 6, caracterizado porque los cuerpos de relleno (81) presentan medios espaciadores (83) para mantener una separación mínima con respecto a los cuerpos de relleno adyacentes (81).
8. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 6, caracterizado porque cada cuerpo de  
50 relleno (81) presenta al menos un orificio pasante (87).
9. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 6, caracterizado porque se usan placas onduladas o anguladas (79, 80) como cuerpos de relleno (81).
- 55 10. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 6, caracterizado porque se usan barras (82) dispuestas transversalmente a la dirección de avance (R) de los sólidos (F1, F2) como cuerpos de relleno (81).
11. Intercambiador de calor regenerativo según la reivindicación 1, caracterizado porque está previsto un dispositivo de distribución de sólidos (55) entre la entrada de sólidos (47) y la superficie del intercambiador de calor  
60 (57), mediante la cual el sólido (F1, F2) suministrado en cada caso se distribuye uniformemente en la dirección de

avance (R).

12. Conjunto de intercambiadores de calor con al menos dos intercambiadores de calor regenerativo (45) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la superficie del intercambiador de calor (57) de al menos uno de los intercambiadores de calor (45) se encuentra en la posición de absorción de calor (I) mientras que la superficie del intercambiador de calor (57) de al menos otro intercambiador de calor se encuentra en la posición de liberación de calor (II).

13. Procedimiento para la transferencia de calor de un primer sólido espolvoreable (F1) a un segundo sólido espolvoreable (F2) mediante un intercambiador de calor regenerativo (45) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el primer sólido espolvoreable (F1) en una posición de absorción de calor (I) de la superficie del intercambiador de calor (57) es conducido en una dirección de avance (R) a lo largo de la superficie del intercambiador de calor (57) de una primera cara (72) a una segunda cara (73) de la superficie del intercambiador de calor (57), en el que la superficie del intercambiador de calor (57) se desplaza después de su calentamiento a una posición de liberación de calor (II), en la que el segundo sólido espolvoreable (F2) es conducido a lo largo de la superficie del intercambiador de calor (57) de la segunda cara (73) a la primera cara (72) de la superficie del intercambiador de calor (57).

20





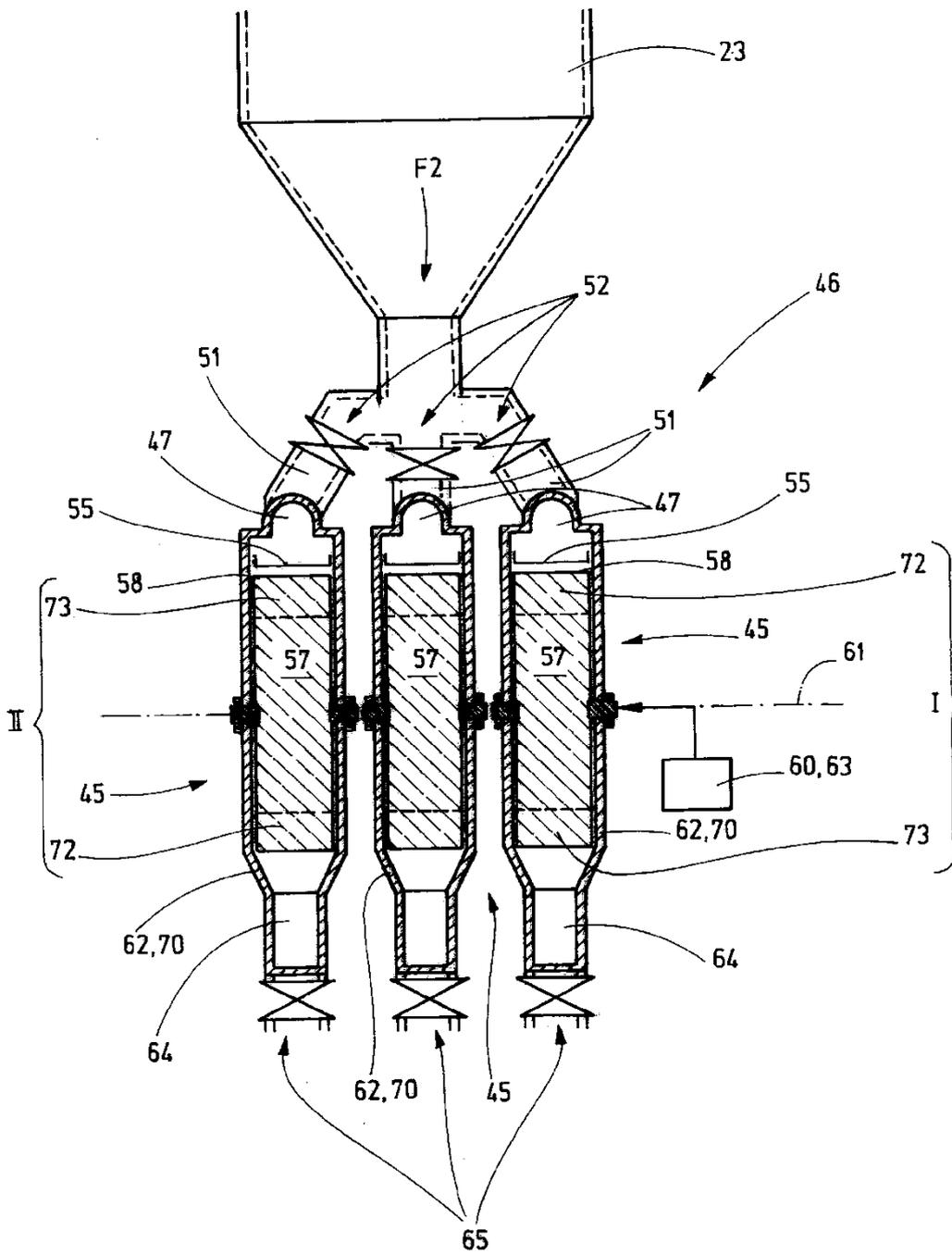


Fig.3

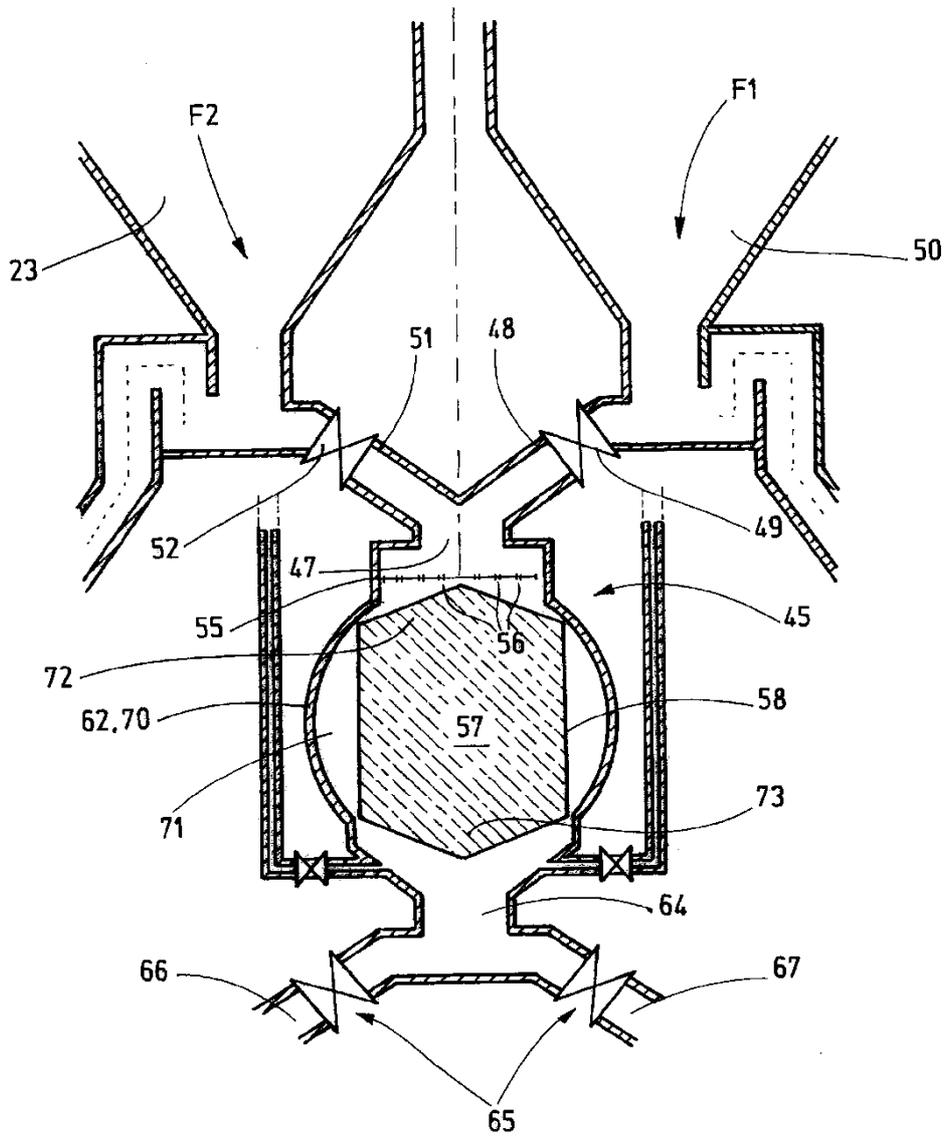
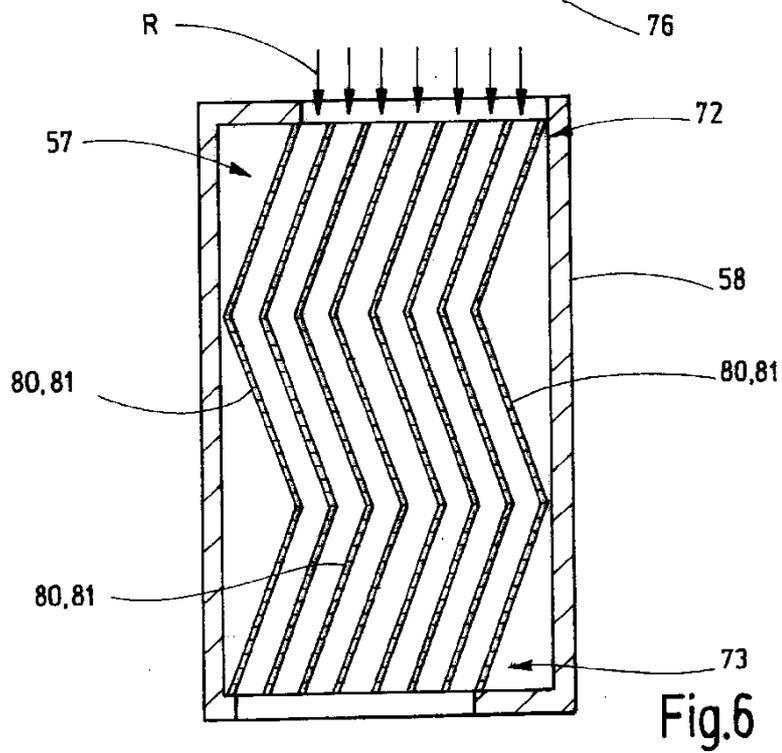
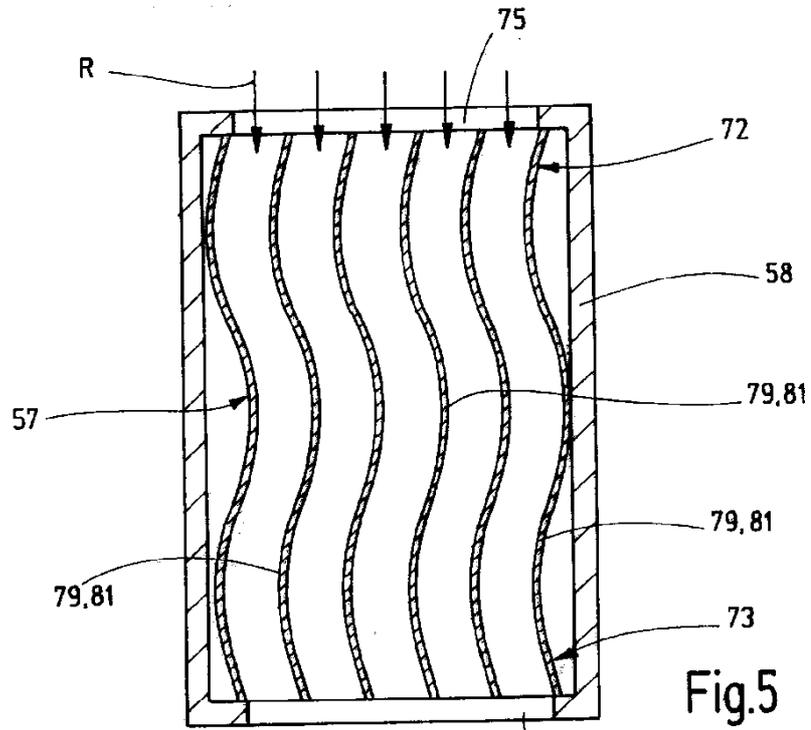
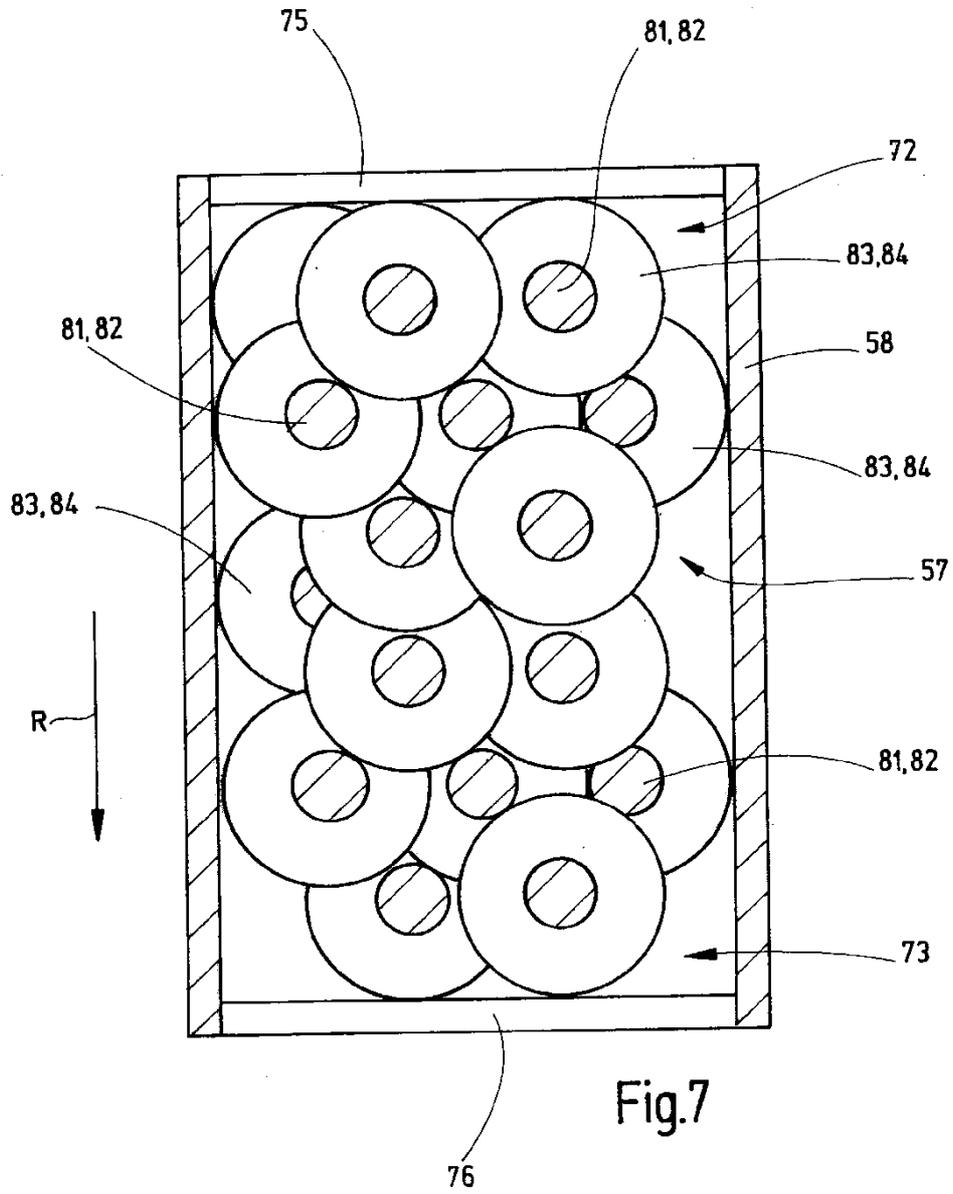


Fig.4





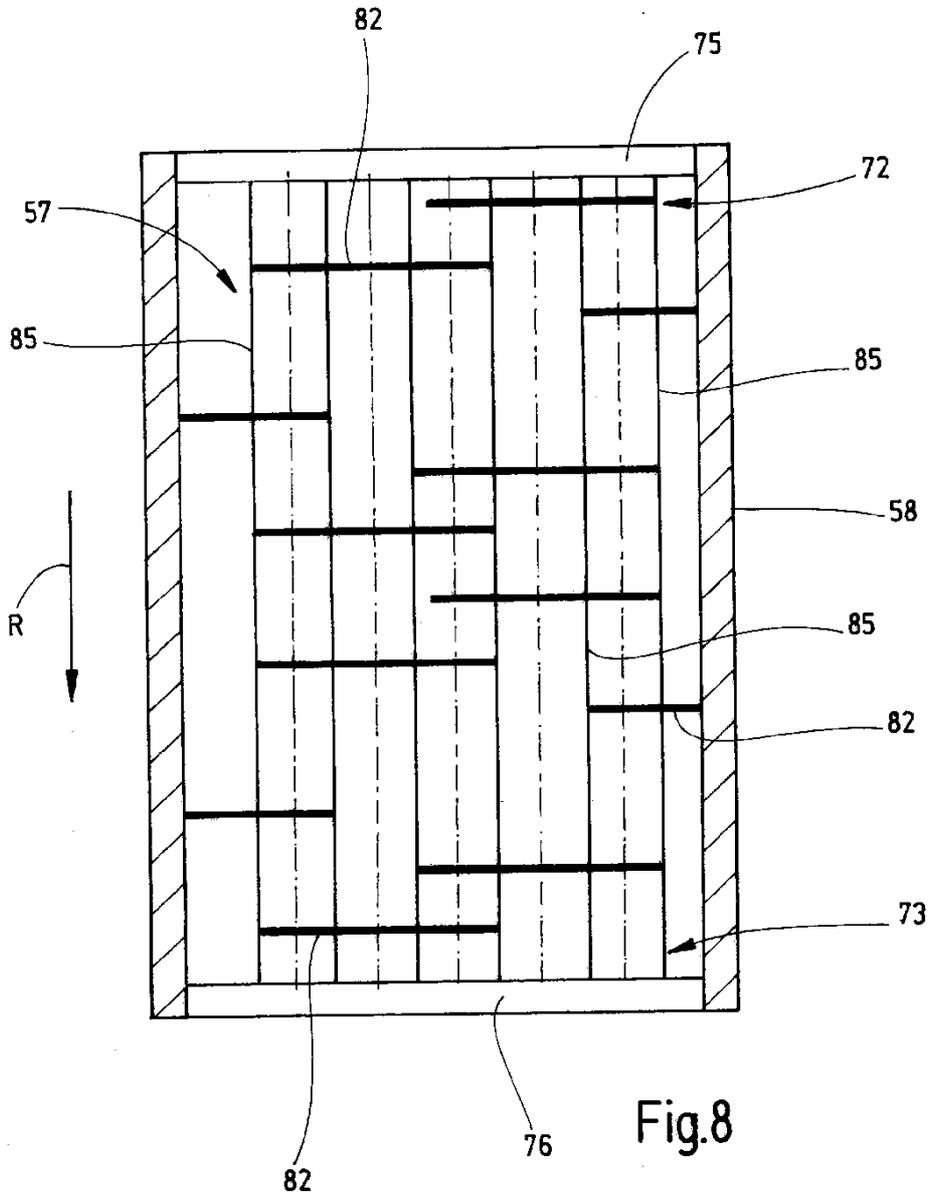


Fig.8

