

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 851**

51 Int. Cl.:

F24S 10/00 (2008.01)

F24S 20/20 (2008.01)

F24S 10/80 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2016 PCT/IB2016/056050**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17060882**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2016 E 16801559 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 3359886**

54 Título: **Receptor volumétrico**

30 Prioridad:

08.10.2015 IT UB20154238

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

14.04.2020

73 Titular/es:

**FONDAZIONE BRUNO KESSLER (100.0%)
Via S. Croce 77
38122 Trento, IT**

72 Inventor/es:

**ALBERTI, FABRIZIO;
ROCCABRUNA, MATTIA;
CREMA, LUIGI;
ROMERO ALVAREZ, MANUEL;
GONZALEZ-AGUILAR, JOSÉ y
SANTIAGO SACRISTAN, SERGIO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 753 851 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

Receptor volumétrico

5 La invención se refiere a un receptor volumétrico mejorado configurado para implementar el intercambio térmico entre un fluido de transferencia de calor circundante y la radiación emitida por una fuente de calor e incidente en el propio receptor. La técnica conocida incluye dispositivos especiales, definidos en la jerga técnica como receptores volumétricos o también en términos más generales como intercambiadores de calor, diseñados para transferir la energía térmica generada por la radiación emitida por una fuente de calor y que incide en una cara de dichos dispositivos expuestos a un fluido de transferencia de calor, generalmente aire, que fluye a través de los mismos dispositivos.

10 En particular, como se puede entender también por la lectura del artículo científico titulado "On the design and evaluation of open volumetric air receiver for process heat applications" de Piyush Sharma, Rakesh Sarma, Laltu Chandra, Rajiv Shekhar, P.S. Ghoshdastidar (Energy Procedia 57 (2014) 2994 - 3003), la expresión "receptor volumétrico" significa un intercambiador de calor con absorción directa, en el sentido de que el receptor puede transferir el volumen de fluido a calentar y con un flujo paralelo, en el sentido de que la dirección de desplazamiento del fluido coincide con la dirección de la energía de radiación concentrada en el propio receptor. Estos receptores se instalan típicamente en torres de concentración dispuestas en una posición central en sistemas relacionados con tecnologías solares. Más específicamente, un receptor volumétrico está hecho de un material permeable que absorbe progresivamente la radiación solar concentrada que ingresa al espacio vacío definido por la estructura del receptor a través de una cara expuesta de este último.

20 El receptor volumétrico, a continuación, transfiere la energía térmica a un fluido de transferencia de calor, es decir, un medio de transferencia de calor que fluye a través de la estructura del receptor en la misma dirección que la propagación de la radiación de luz. El intercambio de calor particular que se acaba de describir entre el receptor volumétrico y el fluido de transferencia de calor que lo rodea se conoce como "efecto volumétrico" en la jerga técnica.

El coeficiente de absorción de estos receptores volumétricos es alto, aproximadamente en el intervalo de 0,9-0,96.

25 Los receptores volumétricos están sujetos a altos flujos de radiación, aproximadamente 700-800 kW/m². Por lo tanto, alcanzan altas temperaturas.

Gracias al efecto volumétrico, la temperatura de la superficie frontal del receptor es más baja que la temperatura del aire en la salida. Por lo tanto, se reduce la dispersión de radiación en la atmósfera.

30 La eficiencia de un receptor volumétrico depende de las propiedades geométricas, ópticas y termofísicas del material poroso con el que está hecho y en el medio de transferencia de calor utilizado.

35 Como se señaló anteriormente, los receptores volumétricos antes mencionados se utilizan en diferentes tipos de aplicaciones, por ejemplo en los sistemas relacionados con las tecnologías solares, donde existe la necesidad de tomar ventaja de un fluido caliente a temperaturas muy elevadas (> 1000°C), generalmente aire, como fuente de energía en ciclos de potencia, para la producción de vapor a altas temperaturas o para su uso en reactores químicos que requieren altas temperaturas.

Actualmente hay diferentes tipos de receptores volumétricos, todos con un cuerpo sólido en el que hay una pluralidad de canales pasantes, a través de los cuales fluye dicho fluido a calentar.

40 En particular, las diferentes realizaciones de la técnica conocida crean alternativamente el cuerpo sólido antes mencionado de receptores volumétricos en malla de alambre de metal o espumas cerámicas o incluso como un monolito de cerámica.

En el caso de receptores volumétricos con el cuerpo sólido que comprende un monolito de cerámica, los canales mencionados anteriormente son por lo general sustancialmente paralelos e independientes entre sí.

45 Sin embargo, el principio de operación en la base de los diferentes tipos de receptores descritos anteriormente sigue siendo el mismo, es decir, la radiación emitida por la fuente de calor, concentrada en una cara expuesta del propio receptor, conduce al calentamiento de dicho cuerpo sólido, que a su vez transfiere la energía térmica inducida al fluido que fluye a través de los canales que se forman en el mismo.

En detalle, la transferencia de calor entre el receptor y el fluido de transferencia de calor se produce a través del contacto directo entre este último y las superficies internas de dichos canales pasantes. Por esta razón, las superficies internas de los canales pasantes se denominan "superficies húmedas" en la jerga técnica.

50 Sin embargo, estos tipos de receptores volumétricos de acuerdo con la técnica anterior comparten sustancialmente también los mismos inconvenientes reconocidos.

En particular, un primer inconveniente de los receptores volumétricos de acuerdo con la técnica anterior radica en que tienen un bajo índice de penetración de la radiación, es decir, la radiación incidente sobre el receptor volumétrico en

su cara expuesta no es capaz de penetrar en el interior del cuerpo sólido más allá de cierto espesor bastante limitado, que normalmente es del orden de unos pocos milímetros.

5 Esto significa que el calentamiento del cuerpo sólido de los receptores volumétricos de la técnica anterior debido a la acción directa de la radiación tiene lugar sustancialmente a un nivel superficial, lo que resulta en el decaimiento exponencial típico se muestra en la figura 1 y en relación con la capacidad de intercambio de calor entre los propios receptores y el fluido de transferencia de calor circundante a medida que aumenta la distancia desde dicha cara expuesta.

10 Un inconveniente adicional típico de receptores volumétricos con un cuerpo sólido monolito cerámico reside en que se caracterizan por un alto índice de inestabilidad dinámica de fluidos. De hecho, esta inestabilidad se produce porque los canales formados en el monolito cerámico, como se señaló, son independientes entre sí y el fluido que fluye a través de los mismos se calienta y tiende a ser menos viscoso. La combinación de estas dos condiciones, a saber, la disminución de la propensión del fluido a fluir dentro de cada canal, y el hecho de que el propio fluido no tenga rutas de escape alternativas, da como resultado la obstrucción del propio canal y, en consecuencia, provoca un aumento adicional en temperatura local, también conocida por el término técnico de "punto caliente". Este aumento en la temperatura local también tiende a extenderse a los canales adyacentes a aquel en el que se produjo el fenómeno del punto caliente, lo que resulta en un efecto de avalancha que, de manera desventajosa, puede conducir a la obstrucción de todo el receptor volumétrico, reduciendo así su eficiencia a un mínimo.

15 Un inconveniente adicional es, en general, un resultado de la estructura de los receptores volumétricos de la técnica conocida y consiste en el hecho de que no es posible predeterminedar, o al menos controlar, la direccionalidad de la transferencia de calor a lo largo de la cuerpos sólidos relativos. En otras palabras, con los receptores volumétricos de la técnica anterior no es posible imponer una dirección y una dirección preferencial sobre la transferencia de calor a lo largo de dichos cuerpos sólidos. Esto significa que los receptores volumétricos de la técnica anterior, que como se señaló anteriormente se calientan por la acción directa de la radiación únicamente a nivel superficial, tienen una capacidad pobre para concentrar el proceso de transferencia de calor hacia su interior. Por lo tanto, esto contribuye a reducir su índice de penetración.

20 Por último, desventajosamente, el hecho de estructurar los receptores volumétricos de la técnica anterior como se describe anteriormente significa que un diseñador tiene un número limitado de parámetros físicos disponibles para adaptar y optimizar el propio receptor volumétrico a las especificaciones de la aplicación particular para ser implementado.

25 Más específicamente, de acuerdo con las características del sistema a implementar y los objetos que deben alcanzarse, para aumentar la eficacia de los receptores volumétricos de la técnica anterior solo es posible intervenir casi exclusivamente en el número de canales que se harán en los cuerpos sólidos relacionados, en su diámetro y posiblemente en el tipo de material utilizado para terminar la superficie de los propios receptores.

30 El documento WO 2004/023048 A1 divulga un receptor volumétrico configurado para absorber la radiación emitida por una fuente de calor y que incide en una cara expuesta del receptor volumétrico y para transferir la energía térmica inducida por la absorción a un fluido de transferencia de calor circundante, comprendiendo el receptor volumétrico una pluralidad de celdas huecas que tienen la misma forma geométrica y cuyos ejes longitudinales son sustancialmente ortogonales con respecto a la cara expuesta, siendo dichas celdas huecas adyacentes y estando conectadas de manera estable entre sí para crear al menos un nivel sustancialmente paralelo a dicha cara expuesta, definiendo cada una de dichas celdas huecas un canal que está abierto en sus dos extremos opuestos de acuerdo con dicho eje longitudinal de tal manera que permita el flujo de dicho fluido de transferencia de calor en una dirección paralela a la dirección de la radiación.

La presente invención pretende superar todos los inconvenientes mencionados.

35 En particular, uno de los objetos de la invención es proporcionar un receptor volumétrico con un mayor índice de penetración de la radiación en comparación con receptores de la técnica volumétricos anteriores.

Otro objeto de la invención es proporcionar un receptor volumétrico que sea inmune o, al menos, apenas sujeto a inestabilidad dinámica de fluidos debido a la aparición del fenómeno conocido como puntos calientes.

Todavía otro objeto de la invención es proporcionar un receptor volumétrico estructurado de tal manera como para permitir la definición y optimización de la dirección preferencial de transferencia de calor a través de su cuerpo sólido.

40 Un objeto adicional de la invención es proporcionar un receptor volumétrico que ofrezca la posibilidad de establecer un gran número de parámetros físicos con el fin de optimizar su rendimiento de acuerdo con las especificaciones de diseño de la aplicación particular a implementar.

45 Es un objeto final de la invención proporcionar un receptor volumétrico estructurado de tal manera que se pueda producir de forma rápida y fácilmente por medio de aditivos técnicas de fabricación, en particular, por medio de técnicas que impliquen la sinterización de polvos metálicos.

Dichos objetos se consiguen por medio de un receptor volumétrico de acuerdo con la reivindicación principal.

Otras características del receptor volumétrico que es objeto de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

5 Dichos objetos, junto con las ventajas que se mencionan de aquí a continuación, se destacarán en la descripción de algunas realizaciones preferidas de la invención, que se proporcionan únicamente a título de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 muestra el gráfico relacionado con la disminución exponencial de la capacidad de intercambio de calor entre los receptores volumétricos de la técnica anterior y el fluido de transferencia de calor circundante a medida que aumenta la distancia desde la cara expuesta del mismo receptor;
- 10 - La figura 2 muestra una vista axonométrica de una primera realización del receptor volumétrico que es el objeto de la invención;
- La figura 3 muestra una vista superior de la primera realización del receptor volumétrico de la invención mostrado en la figura 2;
- 15 - La figura 4 muestra una vista lateral de la primera realización del receptor volumétrico de la invención mostrado en la figura 2;
- La figura 5 muestra una vista axonométrica de una segunda realización del receptor volumétrico de la invención;
- La figura 6 muestra una vista superior de la segunda realización del receptor volumétrico de la invención que se muestra en la figura 5, donde se resaltan las celdas huecas pertenecientes al primer, segundo y tercer niveles;
- 20 - La figura 7 muestra una vista lateral de la segunda realización del receptor volumétrico de la invención mostrado en la figura 5;
- La figura 8 muestra esquemáticamente una planta de tipo solar en la que se usan dos receptores volumétricos de la invención, mostrados respectivamente en las figuras 2-4 y en las figuras 5-7;
- La figura 9 muestra el gráfico relacionado con la capacidad de intercambio de calor que se puede lograr con los receptores volumétricos de la invención a medida que aumenta la distancia desde la cara expuesta del mismo receptor;
- 25 - La figura 10 muestra una vista axonométrica de la realización preferida de la celda hueca usada para la definición de los receptores volumétricos de la invención;
- La figura 11 muestra una vista superior de la celda hueca mostrada en la figura 10;
- La figura 12 muestra una vista lateral de la celda hueca mostrada en la figura 10.

30 Debe indicarse, en primer lugar, que la descripción que sigue, aunque relativa a dos ejemplos particulares de receptores volumétricos realizados de acuerdo con la invención, también es válida para cualquier otro receptor volumétrico estructurado de manera diferente, siempre que estos últimos tengan las características básicas de la invención contenidas en la reivindicación principal, y siempre que se realicen siguiendo los principios de diseño y construcción específicos de la presente invención presentados a continuación. Además, debe tenerse en cuenta que, para fines de simplicidad y claridad, las ventajas técnicas obtenidas con los receptores volumétricos de la invención, en particular las que resultan de una o más de las características que los distinguen de los receptores volumétricos de la técnica anterior, se resaltarán solo después de introducir todas las características técnicas anteriores. Volviendo a las realizaciones particulares antes mencionadas de los receptores volumétricos de la invención, se representan en conjunto en las figuras 2 a 4 y en las figuras 5 a 7, donde se indican respectivamente por **100** y **200**.

40 Como ya se ha señalado, los receptores volumétricos, o más en general, los intercambiadores de calor, **100** y **200** de la invención están configurados para implementar el intercambio de calor entre un fluido de transferencia de calor circundante **F**, que se muestra en la figura 8 como una zona de puntos, y radiación **R** emitida por una fuente de calor **S** e incidente sobre una cara expuesta **102** y **202** de los mismos receptores volumétricos **100** y **200**. Aún más en detalle, los receptores volumétricos **100** y **200** están configurados para absorber la radiación **R** emitida por dicha fuente de calor **S** y que incide en la cara expuesta **102** y **202** y para transferir la energía térmica inducida por dicha absorción al fluido de transferencia de calor **F**.

45 Debe aclararse que en el presente contexto, la cara expuesta **102** y **202** de los receptores volumétricos **100** y **200** de la invención significa que la superficie de este último se encuentra sustancialmente en un plano π_1 y adecuado para estar directamente frente a dicha fuente de calor **S**.

50 Por lo que respecta específicamente al receptor volumétrico **100** que se muestra en las figuras 2 a 4, que muestra la realización más sencilla de la invención, está equipado con una pluralidad de celdas huecas **1** que tienen ejes longitudinales sustancialmente ortogonales con respecto a la cara expuesta **102** definida previamente. Como se

muestra en la figura 2, cada celda hueca **1** define claramente un canal abierto al nivel de ambos extremos, que son opuestos entre sí, de acuerdo con dicho eje longitudinal. Este canal permite el flujo del fluido de transferencia de calor **F** dentro de cada celda hueca **1** en una dirección paralela a la dirección de la radiación **R**, definiendo así el efecto volumétrico típico de los receptores volumétricos.

- 5 En dicho receptor volumétrico **100**, las celdas huecas relativas **1** son adyacentes y están conectadas de manera estable entre sí para crear al menos un nivel **104** sustancialmente paralelo a la cara expuesta **102**, como se muestra en la figura 3.

10 Hay que señalar que en el presente contexto, el término "nivel(es)" significa la altura del plano o planos $\pi_2 \dots \pi_n$ en el que las bases de una pluralidad de celdas huecas adyacentes **1** están dispuestas, comparado con el plano de referencia π_1 definido por dicha cara expuesta **102** y **202** de los receptores volumétricos **100** y **200** realizados de acuerdo con la invención.

Una característica adicional del receptor volumétrico **100** de la invención, como se ve en la figura 2 y en la figura 4, es que cada una de las celdas huecas **1** que pertenecen al mismo está provista de al menos una abertura **3** hecha en el nivel de la superficie lateral **2**.

- 15 Además, según la invención, todas de dichas celdas huecas **1** pertenecientes al receptor volumétrico **100** de la invención tienen la misma forma geométrica.

20 En el receptor volumétrico **100** de la invención mostrado en la figura 2 y en la figura 3, dichas celdas huecas **1** definidas en el mismo nivel **104** tienen el mismo tamaño, además de tener la misma forma geométrica. Específicamente, se entiende que tamaño significa la anchura, la altura y la longitud de cada celda hueca **1**, así como el espesor de las superficies laterales **2** de cada una de dichas celdas huecas **1**.

Como también se describirá más adelante, estas características dimensionales determinan el llamado grado de porosidad de cada celda hueca individual **1**, donde el grado de porosidad significa que el valor de la relación entre las superficies sólidas y el espacio vacío determinado en dicha celda hueca **1**.

- 25 La segunda realización del receptor volumétrico **200** de la invención, como se muestra en las figuras 5 a 7, prevé que las respectivas celdas huecas **1** estén hechas de una manera tal como para crear tres niveles **204a**, **204b** y **204c** paralelos y superpuestos entre sí en una dirección ortogonal con respecto a la cara expuesta relativa **202**.

Como se muestra en la figura 5, para cada nivel **204a**, **204b** y **204c**, las celdas huecas **1** están construidas adyacentes y unidas de forma estable entre sí.

- 30 La superposición de dichos niveles **204a**, **204b** y **204c**, que comprende cada uno una pluralidad de celdas huecas **1** adyacentes entre sí, se implementa de tal manera que el canal de cada una de las celdas huecas **1** se define en un primer nivel **204a**, **204b** y **204c** que está en comunicación directa con el canal de al menos una de las celdas huecas **1** perteneciente a un segundo nivel **204a**, **204b** y **204c** inmediatamente adyacente al primer nivel recién mencionado anteriormente. Por lo tanto, esta característica permite alcanzar el efecto volumétrico mencionado anteriormente, incluso en el caso en que el receptor volumétrico **200** de la invención tenga múltiples niveles.

- 35 Además, según la invención, incluso las celdas huecas **1** que definen el receptor volumétrico **200** están provistas de al menos una abertura **3** hecha en el nivel de su superficie lateral **2**.

Con respecto a dichas celdas huecas **1** del receptor volumétrico de **200**, todas ellas tienen la misma forma geométrica, como en el caso del receptor volumétrico **100**.

- 40 Como se muestra además en las figuras 5 a 7, de acuerdo con la invención, las celdas huecas **1** que pertenecen al mismo nivel **204a**, **204b** o **204c**, además de tener la misma forma geométrica, también son del mismo tamaño.

45 Finalmente, en el caso del receptor volumétrico **200** con las celdas huecas **1** distribuidas en tres niveles **204a**, **204b** y **204c**, la invención prevé, de acuerdo con la dirección de entrada **V** hacia el receptor **200** como se indica por la flecha en la figura 7, que las celdas huecas **1** de cada nivel tengan un tamaño que es menor o igual que el de las celdas huecas **1** definidas en el nivel anterior, y tienen un tamaño que es mayor o igual que el de las celdas huecas definidas en el siguiente nivel.

Las celdas huecas **1** del receptor volumétrico **200** que definen la primera capa **204a** más cercana a la cara expuesta **202** son más grandes en tamaño que las celdas huecas **1** que pertenecen al segundo nivel **204b** inmediatamente inferior y, a su vez, las últimas celdas huecas **1** son más grandes que las celdas huecas **1** definidas en el tercer y último nivel **204c**.

- 50 Generalizando el concepto inventivo en la base de los receptores volumétricos en cuestión, se puede decir que de acuerdo con la presente invención las celdas huecas **1** están distribuidas de tal manera que definen un número de niveles iguales o mayores que uno, donde, tomando como referencia la cara expuesta **202** del receptor **200** en la dirección entrante indicada por la flecha **V** en la figura 7, las celdas huecas **1** de cada nivel **204a**, **204b** y **204c** son

más pequeñas o iguales que las celdas huecas **1** definidas en el nivel anterior y son mayores o iguales que las celdas huecas **1** definidas en el nivel posterior.

Incluso de manera más general, se puede decir que de acuerdo con la presente invención, las celdas huecas **1** están distribuidas de una manera tal como para definir un número de niveles **204a**, **204b** y **204c** igual o mayor que uno, donde, tomando como referencia a la cara expuesta **202** del receptor **200**, en la dirección de entrada indicada por la flecha **V** en la figura 7, las celdas huecas **1** de cada nivel tienen un grado de porosidad menor o igual que el de las celdas huecas **1** definidas en el nivel posterior y que tienen un grado de porosidad superior o igual al de las celdas huecas **1** definidas en el nivel anterior. Como se señaló anteriormente, la expresión "grado de porosidad" indica el valor de la relación entre las superficies sólidas y el espacio vacío en cada una de las celdas huecas **1**.

En resumen, la estructura de los receptores volumétricos **200** de la invención basada en el principio de construcción antes mencionado se puede definir como una estructura "jerárquica geométrica".

Según la invención, todas las celdas huecas **1** pertenecientes al mismo receptor volumétrico **100** y **200** de la invención tienen la misma forma geométrica y, preferiblemente, las celdas huecas **1** que definen el mismo nivel también tienen el mismo tamaño. Claramente, cada celda hueca **1** de un receptor volumétrico **100** y **200** de la invención debe estar provista de al menos una abertura **3** definida en la respectiva superficie lateral **2**.

Por lo tanto, se han introducido las características principales de receptores volumétricos **100** y **200** que son el objeto de la presente invención. Por lo tanto, a continuación se presentan las ventajas técnicas obtenidas con las características antes mencionadas.

En primer lugar, la presencia de al menos una abertura **3** en la superficie lateral **2** de cada una de las celdas huecas **1** facilita la mayor penetración de la radiación **R** emitida por la fuente de calor **S** dentro del cuerpo del receptor volumétrico **100** y **200** de la invención.

Más específicamente, tomando como referencia el receptor volumétrico **200** que se muestra en la figura 5, la radiación **R** que entra en el receptor volumétrico a través de la cara expuesta **202**, por una parte intercepta las superficies laterales internas **2a** de las celdas huecas **1** que pertenecen al primer nivel **204a**, lo que da como resultado un intercambio de calor directo, por absorción, entre la propia radiación **R** y las superficies laterales **2**, y por otro lado, continúa su viaje a través de las aberturas **3**, llegando a las celdas huecas **1** del segundo nivel **204b** inmediatamente debajo. La misma situación se repite progresivamente para cada nivel de celdas huecas **1** definidas en el detector volumétrico **200** de la invención. De esta manera, ventajosamente, la radiación **R** es capaz de penetrar más profundamente en el receptor volumétrico **200** de la invención que en el caso de los receptores volumétricos de la técnica anterior, aumentando así la cantidad de la superficie interna del receptor **200** involucrado en un intercambio de calor directo con dicha radiación **R**. En particular, esta transferencia térmica afecta a una porción de la superficie interna de los receptores volumétricos **200** de la invención ubicada a mayor profundidad en comparación con lo que ocurre en los receptores volumétricos de la técnica anterior.

En otras palabras, la presencia de dichas aberturas **3** permite a los receptores volumétricos **100** y **200** de la invención tener un mayor índice de penetración a la radiación **R** de la que puede conseguirse con receptores volumétricos de la técnica anterior.

En cuanto a la mejora de la eficiencia de transferencia de calor observada entre dicha radiación **R** y los receptores volumétricos de la invención en comparación con la de los receptores de la técnica anterior, esto también se obtiene debido al aumento progresivo en el grado de porosidad, como resultado de la progresiva reducción del tamaño de las celdas huecas **1** de un nivel al siguiente, tomando como referencia la dirección que se muestra en la figura 7 con la flecha **V**.

De hecho, esta realización permite el logro de un doble efecto positivo. En primer lugar, la presencia de celdas huecas **1** con un menor grado de porosidad, por lo tanto, con un tamaño más grande y, en particular, con aberturas más grandes **3** en la vecindad de la cara expuesta **202** del receptor **200**, facilita una mayor penetración de la radiación **R** hacia el niveles más profundos. Al mismo tiempo, el mayor nivel de porosidad debido al menor tamaño de las celdas huecas **1** en los niveles más profundos, minimiza la posibilidad de reemisión de dicha radiación **R** hacia el exterior en estos niveles. Esto significa que la energía de la radiación **R** que ingresa a los receptores volumétricos de la invención se transfiere casi por completo a su cuerpo sólido.

La presencia de dichas aberturas **3** también permite la consecución de una ventaja adicional sobre los receptores de la técnica anterior. De hecho, dichas aberturas **3**, como se muestra en las figuras 2 y 5 con respecto a los dos ejemplos de receptores volumétricos **100** y **200** de la invención, colocan todos los canales, o cavidades, definidos en los receptores **100** y **200** en comunicación entre sí.

De esta manera, de hecho, el fluido de transferencia de calor adaptado para recibir el calor del receptor volumétrico **100** y **200** de la invención es libre para fluir de un canal de celdas huecas **1** a otro, siendo las celdas huecas **1** lateralmente adyacentes entre sí y superpuestas una sobre otra, en el que el fluido de transferencia de calor no está obligado a seguir una trayectoria predeterminada.

Esto aumenta ventajosamente el factor de intercambio de calor entre los diversos canales definidos en el interior del receptor volumétrico **100** y **200** de la invención, evitando de este modo la aparición de aumentos en la temperatura local, conocidos como puntos calientes, y la consiguiente obstrucción de los propios canales debido a la disminución de la viscosidad del fluido, como ocurre con frecuencia cuando se utilizan receptores de la técnica anterior.

5 Además, la decisión de construir los receptores volumétricos de la invención mediante la creación de una pluralidad de celdas huecas **1** teniendo todas la misma forma geométrica y que varían su tamaño de acuerdo con el nivel en el que se encuentran, por un lado, permite la simplificación de su diseño y, por otro lado, mejora su eficiencia en comparación con los receptores de la técnica anterior, como se discutió anteriormente.

10 En otras palabras, el concepto inventivo subyacente al diseño y a la construcción de los receptores volumétricos de la invención reside en la definición de una única forma geométrica para la celda hueca **1**, en la definición del número de celdas huecas a construirse a continuación entre sí para cada nivel, y en la selección del número de niveles en los que distribuir dichas celdas huecas, variando progresivamente su grado de porosidad y, por lo tanto, su tamaño de un nivel a otro. Dado lo anterior, también es evidente que el diseñador y fabricante de los receptores volumétricos de la invención tiene una gran cantidad de parámetros físicos disponibles para modificación para optimizar la forma y, por
15 lo tanto, la eficiencia de los receptores volumétricos según el uso previsto.

En particular, es posible elegir el tamaño de la receptor volumétrico en conjunto, el número de niveles en el que dividir el receptor, el tamaño de las celdas huecas para cada nivel, y como resultado el número de celdas huecas para cada nivel.

20 También es posible modificar, para cada nivel, el espesor de las paredes laterales de las celdas huecas. A este respecto, la libertad de elección en relación con el espesor permite ventajosamente la definición de una trayectoria preferencial para la transferencia de calor hacia el interior del receptor volumétrico. En otras palabras, es posible optimizar el receptor volumétrico para que pueda promover la transferencia del calor acumulado en la vecindad de su cara expuesta hacia las partes internas. Incluso esta solución puede usarse para homogeneizar tanto como sea posible la capacidad de intercambio de calor entre los receptores volumétricos de la invención y el fluido de transferencia de
25 calor circundante, al aumentar la distancia desde dichas caras expuestas, como se muestra en el gráfico de la figura 9.

Un parámetro físico adicional que el diseñador de un receptor volumétrico **100** y **200** de la invención puede modificar está relacionada con la forma geométrica de dichas celdas huecas.

30 A este respecto, el solicitante ha observado a partir de pruebas experimentales que la forma geométrica básica más eficiente para dar a las celdas huecas, con el que definen el receptor volumétrico **100** y **200** de la invención, es la que se muestra en las figuras de 10 a 12, donde están indicados por **1**.

Como se muestra en la figura 11, en particular, cada celda hueca **1** tiene, en vista desde arriba, la forma de paralelogramo. Más específicamente, el paralelogramo es una forma romboidal.

35 Una primera ventaja obtenida por la elección de dicha forma romboide para las celdas huecas **1** reside en la posibilidad de crear los receptores volumétricos **100** y **200** de la invención con la relación más alta entre el tamaño de las superficies mojadas y la cantidad de material utilizado para su definición, en comparación con cualquier otra forma posible de las celdas huecas **1**.

40 A partir de la vista axonométrica de la realización preferida de la celda hueca **1** que se muestra en la figura 10, se puede también señalar que esta última preferiblemente, pero no necesariamente, comprende una abertura **3** para cada una de las cuatro caras laterales **21**, **22**, **23** y **24** que constituyen la superficie lateral **2** de la celda hueca romboidal **1**.

No se puede excluir, sin embargo, que en realizaciones alternativas de la invención, dicha abertura **3** pueda ser definida en solo una, dos o tres de las cuatro caras laterales **21**, **22**, **23** y **24** de cada una de las celdas huecas **1**.

45 Además, según la realización preferida de la invención, como se muestra en la figura 10, las aberturas **3** hechas en cada una de las cuatro caras laterales **21**, **22**, **23** y **24** de la celda hueca **1** tienen una forma sustancialmente triangular. Más específicamente, la forma sustancialmente triangular mencionada anteriormente de cada abertura **3** tiene la forma de un triángulo rectángulo con un primer cateto **31** definido en proximidad a un borde **5** relativo a la cara lateral **21**, **22**, **23** o **24** en la que se hace dicha abertura **3**. Dicho primer cateto **31**, en particular, se define sustancialmente en una posición ortogonal con respecto a la cara expuesta **102** y **202** del receptor volumétrico **100** y **200**. Por el contrario, el
50 segundo cateto **32** de dicha abertura **3** está situado en la cara lateral **21**, **22**, **23** o **24** en la que hay la misma abertura **3**, en el lado opuesto con respecto a dicha cara expuesta **102** y **202**.

55 Por otra parte, la realización preferida de la invención prevé que, de dos en dos, las caras adyacentes laterales de cada una de las celdas huecas **1**, como por ejemplo las caras laterales indicadas por **21** y **22** en la figura 10, tengan las respectivas aberturas **3** en forma de triángulo rectángulo con dichos primeros catetos **31** ubicados cerca del borde **5** en común con las mismas dos caras laterales adyacentes **21** y **22**, para crear una columna de soporte **6** que se proyecta perpendicularmente a lo largo de toda la altura de la propia celda hueca **1**. Ventajosamente, la elección de la

forma romboidal para la celda hueca **1** y de la forma del triángulo rectángulo para las aberturas **3** definidas en la celda hueca **1** permite la construcción de los receptores volumétricos de la invención, en particular, aquellos en los que se definen múltiples niveles, mediante técnicas de fabricación del tipo aditivo, en particular, mediante la sinterización de polvos metálicos.

5 De hecho, partiendo de la suposición de que la producción de los receptores volumétricos de la invención a través de sinterización requiere que el proceso continúe en la dirección opuesta a la indicada por la flecha **V** en la figura 7, la elección de la forma romboidal particular permite ventajosamente la explotación de las celdas huecas **1** de un nivel específico como base de soporte para la construcción de las celdas huecas **1** del nivel inmediatamente superior. Por lo tanto, esta forma romboidal permite definir una estructura para los receptores volumétricos de la invención que es autosuficiente durante su construcción con dichas técnicas de sinterización, mientras que simultáneamente requiere una cantidad mínima de material sólido para la creación de dos celdas huecas superpuestas **1**.

10 En particular, con referencia a las columnas de soporte **6** que se muestran en la figura 10, su forma permite que la celda inferior hueca **1** soporte adecuadamente la celda hueca superior **1** incluso si los puntos de contacto entre dichas dos celdas huecas **1** son limitadas. Esta última característica juega un papel muy importante, especialmente para las celdas huecas **1** creadas a lo largo de los niveles más externos, de hecho, permite la reducción del grado de porosidad de dichas celdas huecas al mínimo y, en consecuencia, permite una mayor penetración de la radiación **R**.

Además, incluso la forma triangular antes mencionada de las aberturas **3**, de manera ventajosa, se definió de tal manera que las caras laterales **21**, **22**, **23** y **24** de las celdas huecas **1** son capaces de mantenerse por sí mismas durante la construcción de los receptores volumétricos de la invención por sinterización.

20 Por último, hay que decir que en la actualidad la construcción de los receptores volumétricos de la invención estructurados como se describe anteriormente puede llevarse a cabo exclusivamente por medio de las técnicas de fabricación de aditivos anteriores, en particular, mediante la sinterización de polvos metálicos.

En cualquier caso, no se puede excluir que en el futuro la producción de los receptores volumétricos de la invención se pueda realizar con diferentes técnicas de construcción que no son conocidas actualmente o están poco desarrolladas.

25 Por otra parte, no puede excluirse que en realizaciones alternativas de la invención una forma geométrica distinta de una forma romboidal pueda definirse para las celdas huecas **1** mencionadas anteriormente, siempre que el receptor volumétrico construido con una pluralidad de tales celdas huecas **1** tenga las características descritas en la reivindicación independiente a continuación.

30 De acuerdo con lo anterior, por lo tanto, los receptores volumétricos que son objeto de la invención consiguen todos los objetos establecidos.

En particular, la invención consigue el objetivo de proporcionar un receptor volumétrico que tiene un mayor índice de penetración de radiación en comparación con receptores volumétricos de la técnica anterior.

35 La invención consigue además el objeto de proporcionar un receptor volumétrico que es inmune o, al menos, mínimamente sujeto a inestabilidad dinámica de fluidos debido a la aparición del fenómeno conocido como puntos calientes.

Además, la invención también consigue el objetivo de proporcionar un receptor volumétrico estructurado para permitir la definición y la optimización de la dirección preferencial de transferencia de calor a través de su cuerpo sólido.

40 Además, la invención también consigue el objetivo de proporcionar un receptor volumétrico que ofrece la posibilidad de modificar un gran número de parámetros físicos para optimizar su rendimiento de acuerdo con las especificaciones de diseño de la aplicación particular a implementar.

Finalmente, la invención también consigue el objetivo de proporcionar un receptor volumétrico estructurado de tal manera que se pueda producir de forma rápida y fácilmente por medio de técnicas de fabricación de aditivos, en particular, por medio de técnicas de sinterización de polvo de metal.

45

REIVINDICACIONES

1. Receptor volumétrico (200) configurado para absorber la radiación (R) emitida por una fuente de calor (S) y que incide en una cara expuesta (202) de dicho receptor volumétrico (200) y para transferir la energía térmica inducida por dicha absorción a un fluido de transferencia de calor circundante (F), comprendiendo dicho receptor volumétrico (200) una pluralidad de celdas huecas (1) que tienen la misma forma geométrica y cuyos ejes longitudinales son sustancialmente ortogonales con respecto a dicha cara expuesta (202), siendo dichas celdas huecas (1) adyacentes y estando conectadas de manera estable entre sí para crear al menos un nivel (204a, 204b, 204c) sustancialmente paralelo a dicha cara expuesta (202), definiendo cada una de dichas celdas huecas (1) un canal que está abierto en ambos de sus extremos opuestos según dicho eje longitudinal de manera que permita el flujo de dicho fluido de transferencia de calor (F) en una dirección paralela a la dirección de dicha radiación (R), caracterizado por que cada una de dichas celdas huecas (1) se proporciona además en una abertura (3) creada al nivel de su superficie lateral (2), colocando todos dichos canales definidos en dicho al menos un nivel (204a, 204b, 204c) en comunicación entre sí, en el que dichas celdas huecas (1) están dispuestas de tal manera que definen al menos dos niveles (204a, 204b, 204c) que son sustancialmente paralelos y superpuestos entre sí de acuerdo con una dirección ortogonal a dicha cara expuesta (202), estando definido dicho canal de cada una de dichas celdas huecas (1) en un primer nivel de dichos al menos dos niveles (204a, 204b, 204c) en comunicación directa con dicho canal de al menos una de dichas celdas huecas (1) perteneciente al segundo nivel de dichos al menos dos niveles (204a, 204b, 204c), adyacente a dicho primer nivel, en el que dichas celdas huecas (1) definidas en el mismo nivel (204a, 204b, 204c) tienen el mismo tamaño y en el que dichas celdas huecas (1) definidas en un nivel (204a, 204b, 204c) son más grandes que las celdas huecas (1) definidas en el nivel posterior de acuerdo con la dirección entrante (V) hacia dicho receptor volumétrico (200) comenzando desde dicha cara expuesta (202).
2. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 1, caracterizado por que dichos al menos dos niveles (204a, 204b, 204c) son al menos tres niveles (204a, 204b, 204c) que son sustancialmente paralelos y superpuestos entre sí según una dirección ortogonal a dicha cara expuesta (202), estando dicho canal de cada una de dichas celdas huecas (1) definido en un primer nivel de dichos al menos tres niveles (204a, 204b, 204c) en comunicación directa con dicho canal de al menos una de dichas celdas huecas (1) pertenecientes a un segundo nivel de dichos al menos tres niveles (204a, 204b, 204c) adyacentes a dicho primer nivel, en el que dichas celdas huecas (1) definidas en el mismo nivel (204a, 204b, 204c) tienen el mismo tamaño y en el que dichas celdas huecas (1) definidas en un nivel (204a, 204b, 204c) son de un tamaño más pequeño que las celdas huecas (1) definidas en el nivel anterior (204a, 204b, 204c) y son más grandes en tamaño que las celdas huecas (1) definidas en el nivel posterior de acuerdo con la dirección entrante (V) hacia dicho receptor volumétrico (200) desde dicha cara expuesta (202).
3. Receptor volumétrico (200) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que dicho tamaño de cada celda hueca está determinado por la anchura, la altura y la longitud de cada una de dichas celdas huecas (1) y por el espesor del lateral superficies (2) de cada una de dichas celdas huecas (1).
4. Receptor volumétrico (200) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que cada una de dichas celdas huecas (1) tiene, en vista superior, la forma de un paralelogramo.
5. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 4, caracterizado por que dicha forma de paralelogramo es romboidal.
6. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que dicha abertura (3) está definida al menos en una cara lateral (21, 22, 23, 24) perteneciente a la superficie lateral (2) de cada una de dichas celdas huecas (1), teniendo dicha abertura (3) una forma sustancialmente triangular.
7. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 6, caracterizado por que cada una de las caras laterales (21, 22, 23, 24) de cada una de dichas celdas huecas (1) comprende una abertura (3) en una forma sustancialmente triangular.
8. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que cada una de dichas aberturas (3) en una forma sustancialmente triangular tiene la forma de un triángulo rectángulo con un primer cateto (31) definido en proximidad a un borde (5) en relación con la cara lateral (21, 22, 23, 24) en la que se define dicha abertura (3), siendo dicho primer cateto (31) sustancialmente ortogonal a dicha cara expuesta (102, 202), definiéndose el segundo cateto (32) de dichas aberturas (3) en la cara lateral (21, 22, 23, 24) en la que se define dicha abertura (3), desde el lado opuesto con respecto a dicha cara expuesta (102, 202).
9. Receptor volumétrico (200) según la reivindicación 8, caracterizado por que dichas aberturas (3) tienen la forma de un triángulo rectángulo de al menos dos caras laterales adyacentes (21, 22, 23, 24) de cada una de dichas celdas huecas (1) tienen dichos primeros catetos (31) definidos en proximidad al borde (5) en común con dichas dos caras laterales adyacentes (21, 22, 23, 24), para definir una columna de soporte (6) que se proyecta perpendicularmente para toda la altura de dicha celda hueca (1).

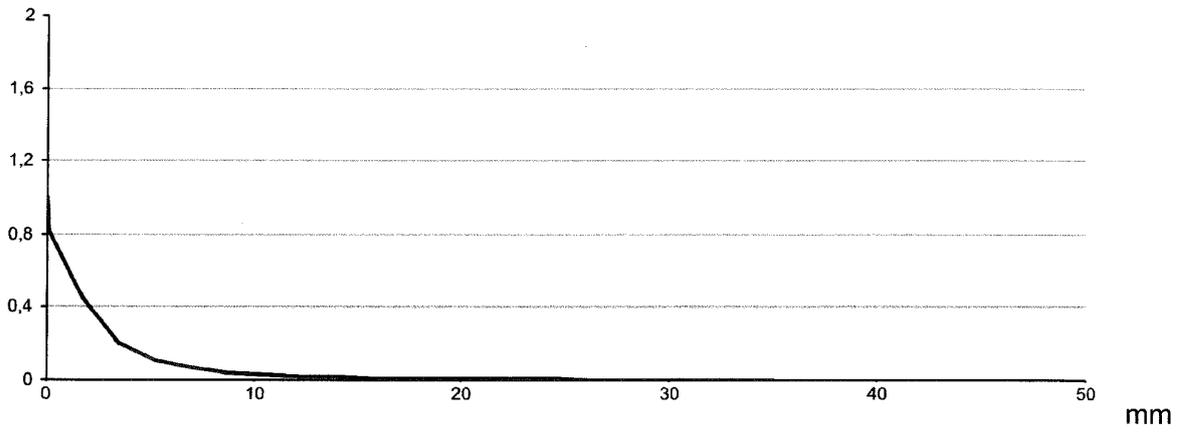


Fig.1

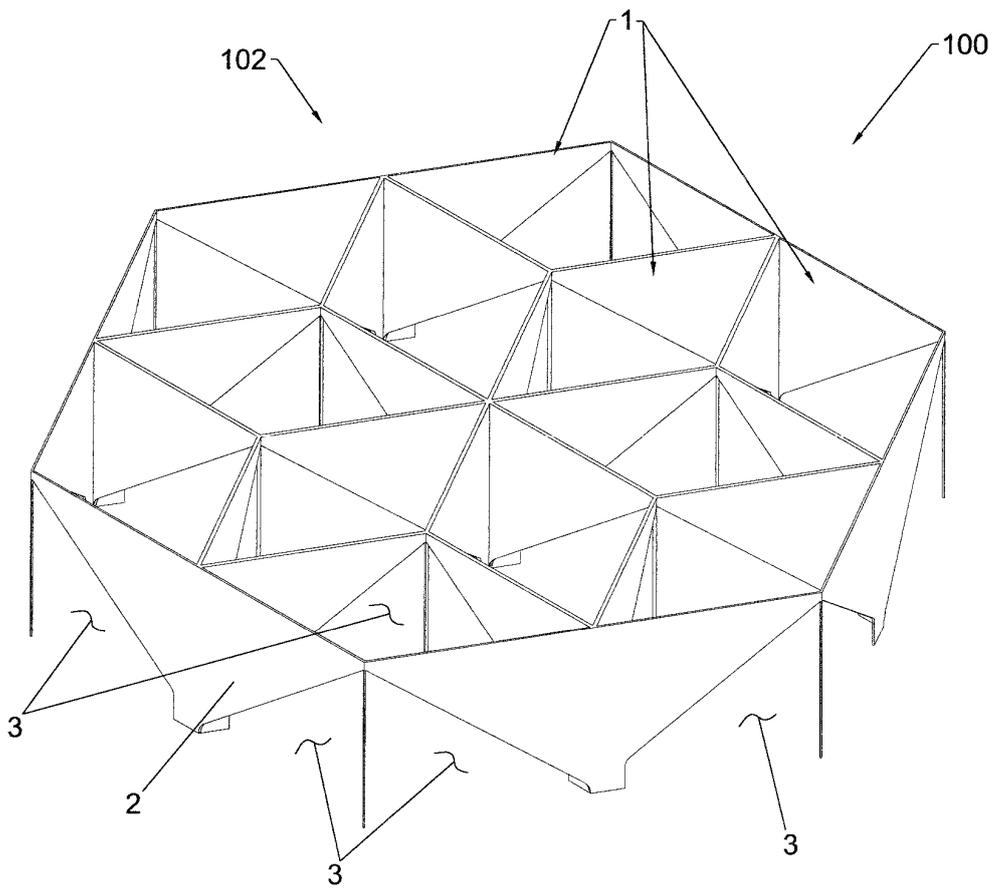


Fig.2

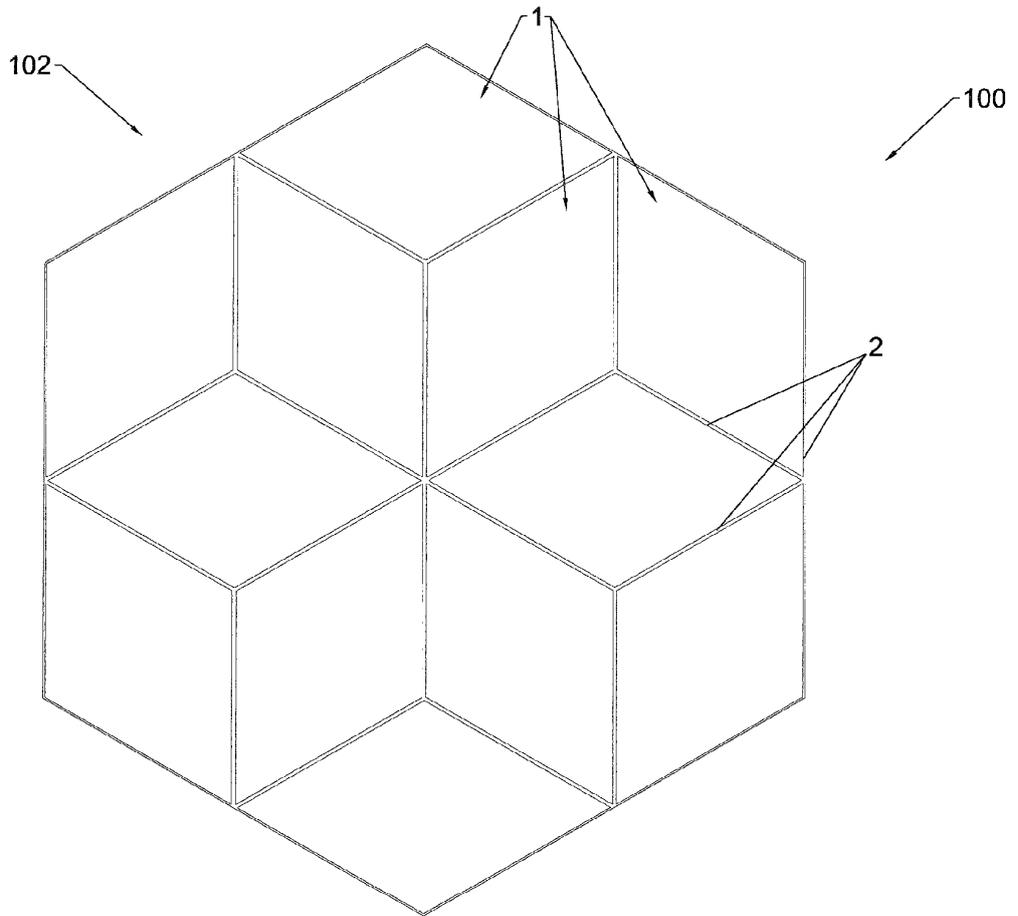


Fig.3

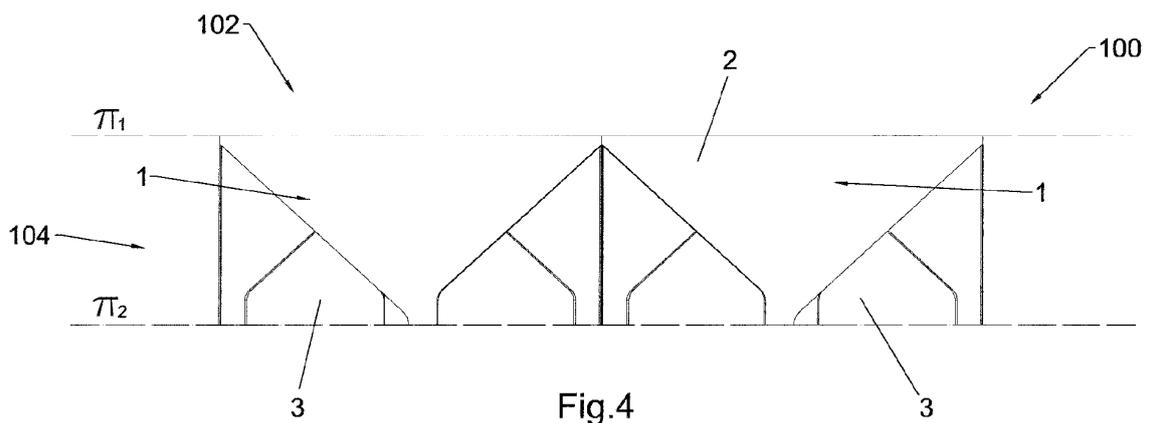


Fig.4

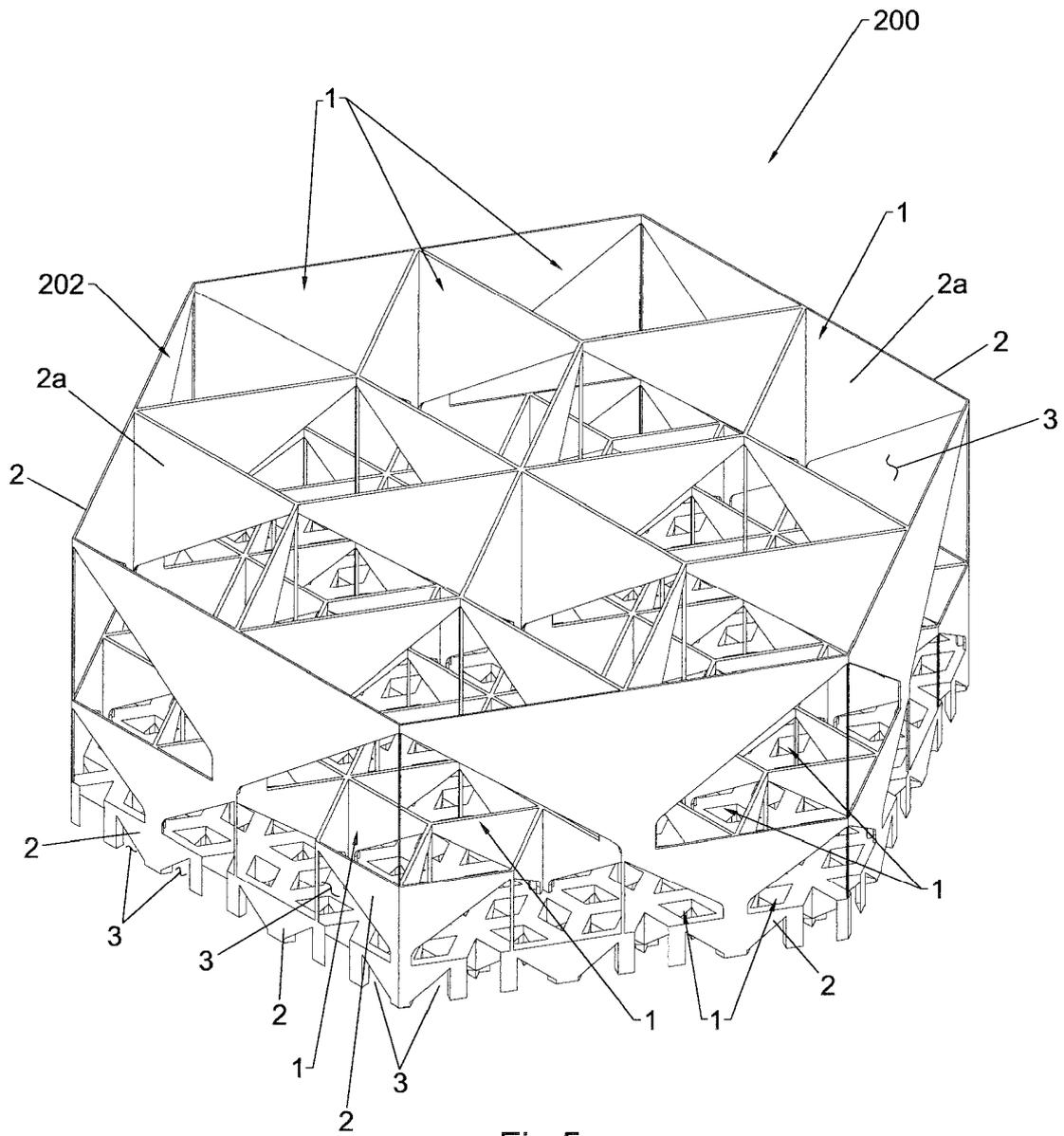


Fig.5

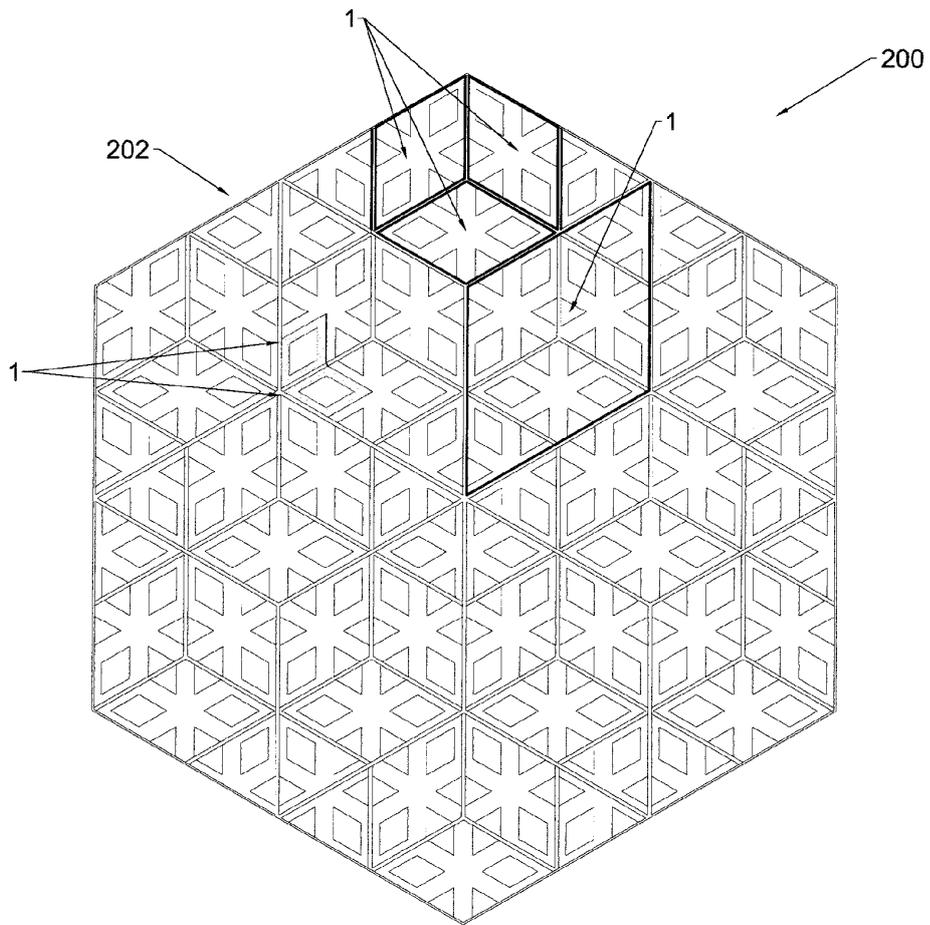


Fig.6

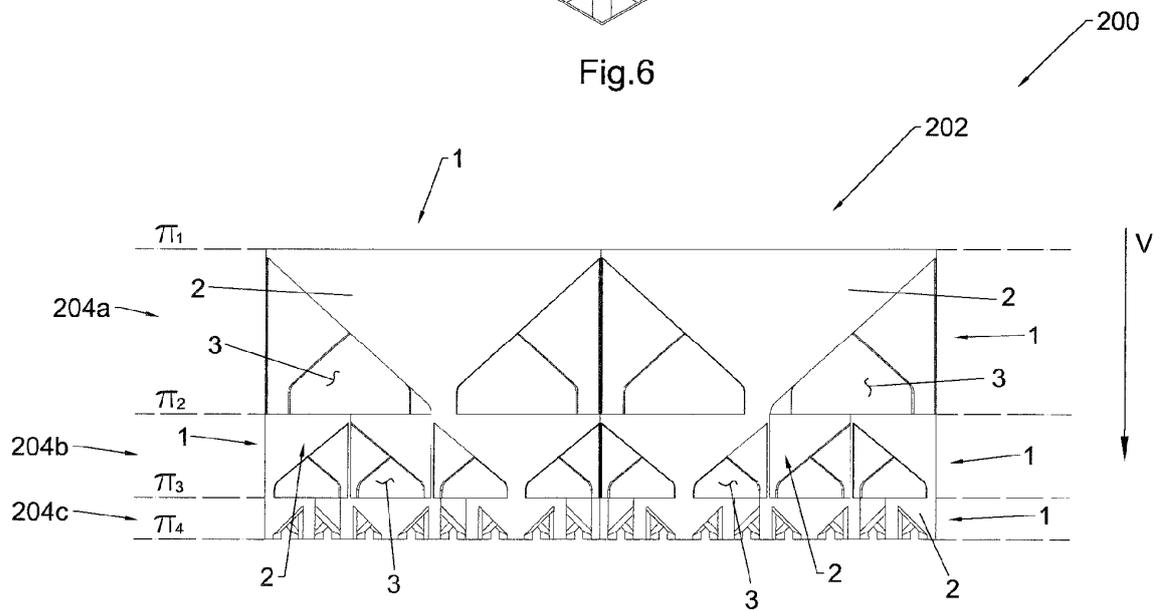


Fig.7

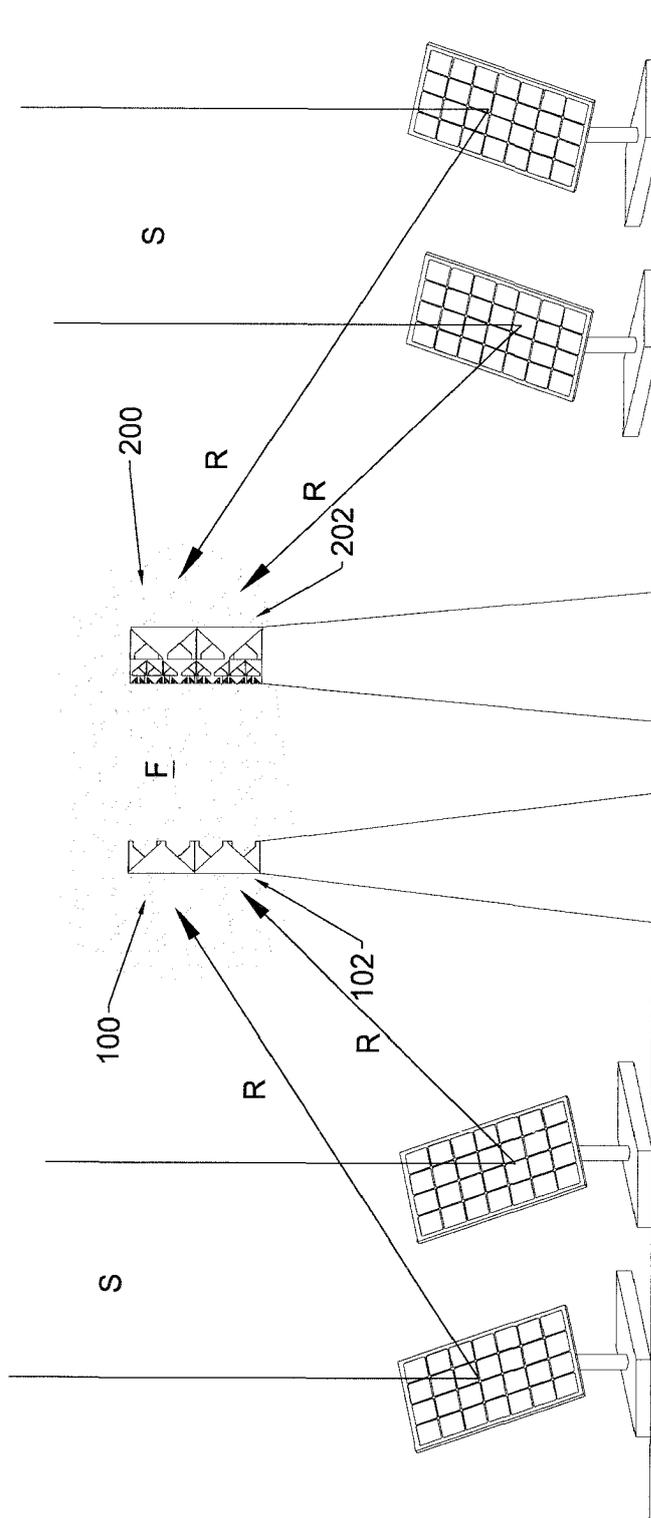


Fig.8

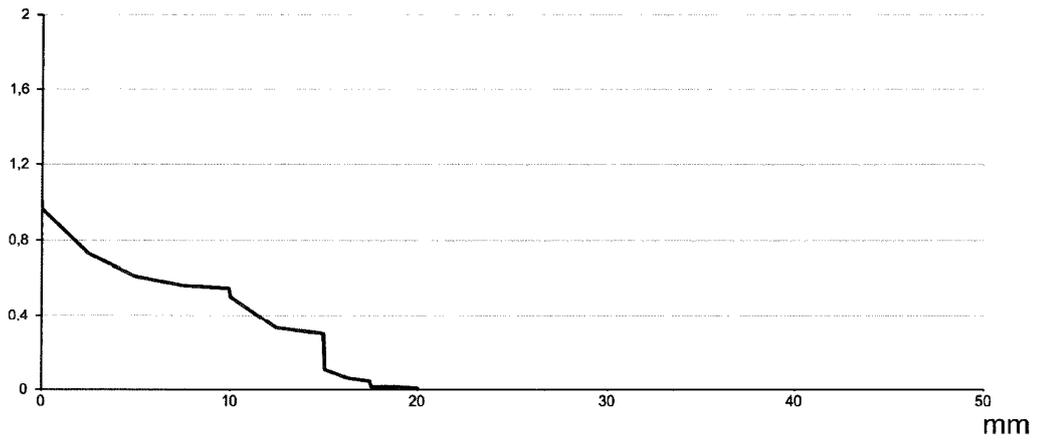


Fig.9

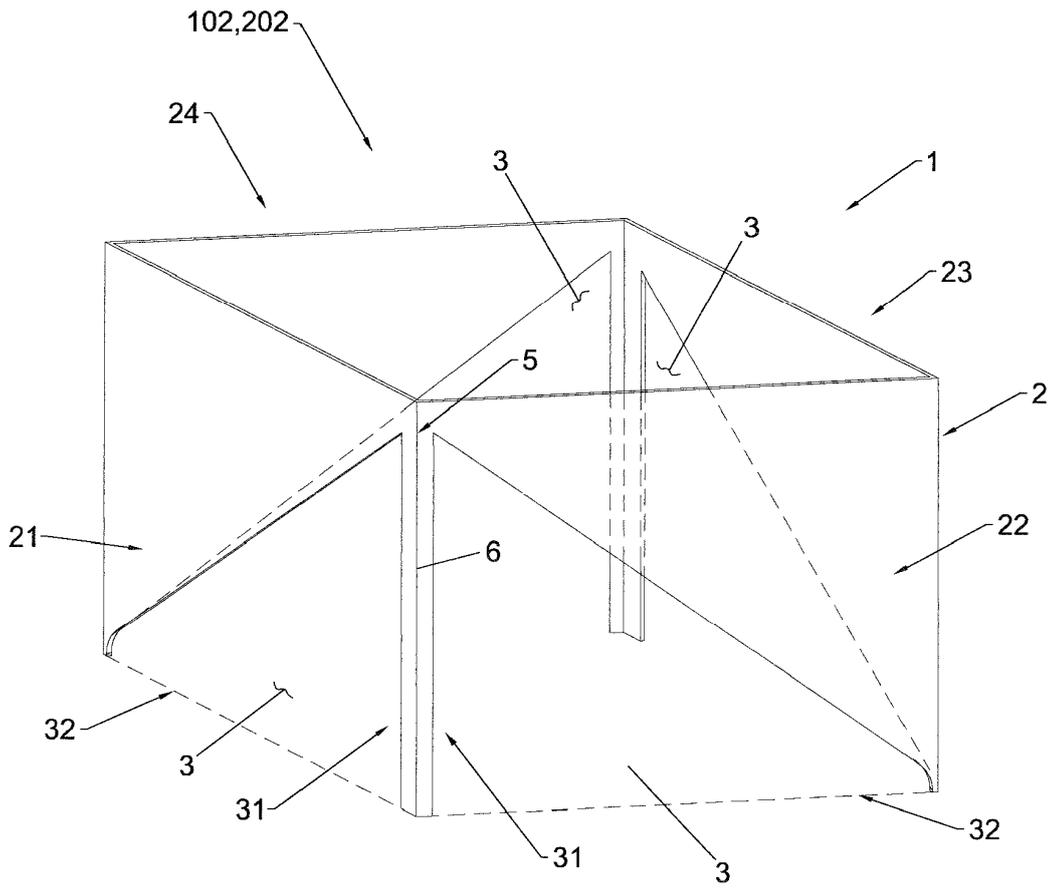


Fig.10

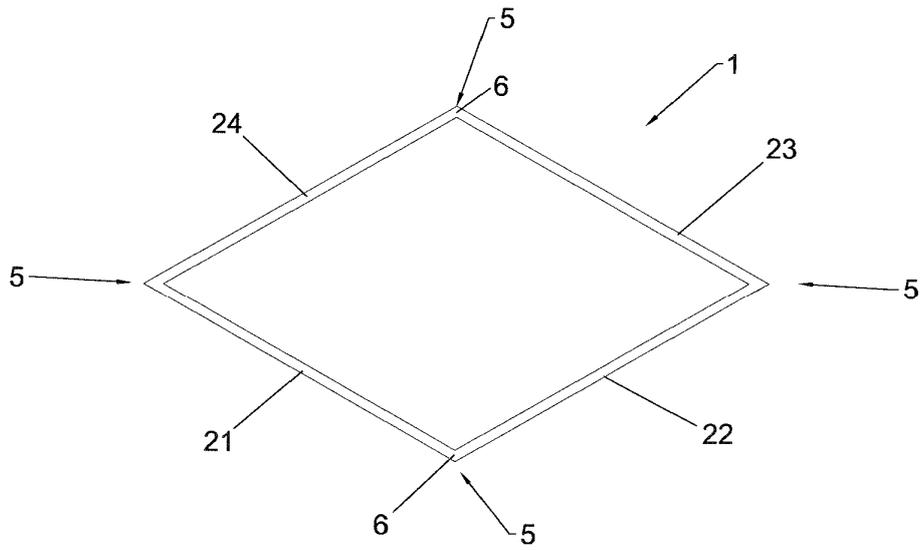


Fig.11

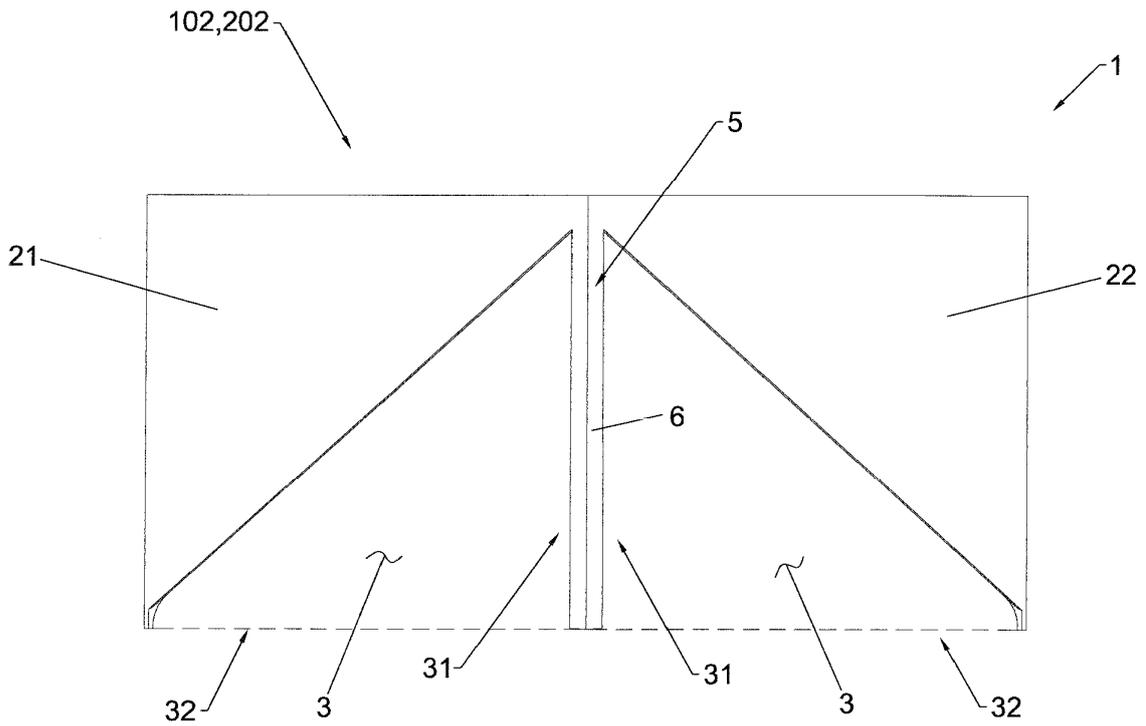


Fig.12