

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 844 976**

21 Número de solicitud: 202030052

51 Int. Cl.:

F24S 20/20 (2008.01)

F24S 23/74 (2008.01)

F24S 23/30 (2008.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

22.01.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

23.07.2021

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)

Avenida Cervantes, 2

29071 Málaga (Málaga) ES

72 Inventor/es:

SERRANO AGUILERA, Juan José y

PARRAS ANGUITA, Luis

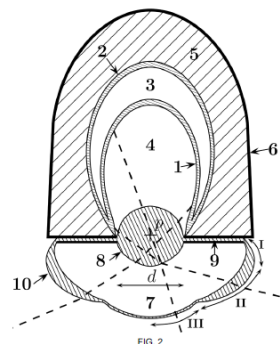
74 Agente/Representante:

SAN MARTÍN ALARCIA, Esther

54 Título: **Receptor de doble cavidad para colectores solares de foco lineal**

57 Resumen:

Receptor de doble cavidad para colectores solares de foco lineal. La presente invención se refiere a un receptor para colectores de foco lineal caracterizado por que comprende un absorbedor metálico cóncavo (2) delimitado en su apertura por una rendija de un ancho d cubierta por una lente ovoidal (8), limitando el absorbedor y la lente (8) una cavidad principal (4) por debajo de la cual, en dirección al reflector del colector, se encuentra una segunda cavidad (7) sometida a vacío y delimitada por una pieza de vidrio (10) cóncava, conformada por varios tramos en forma de arco invertido de espesor variable, cuyos contornos siguen un patrón definido mediante funciones polinómicas a trozos continuas y derivables. El receptor así provisto de dos cavidades tiene ventajas tanto ópticas como térmicas.



DESCRIPCIÓN

RECEPTOR DE DOBLE CAVIDAD PARA COLECTORES SOLARES DE FOCO LINEAL

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención corresponde al campo técnico de la energía solar de
10 concentración, en concreto a la tecnología de receptores solares térmicos de foco lineal, aportando un nuevo diseño de receptor más robusto para los captadores cilindroparabólicos con un ángulo de borde (*rim angle*) inferior a 90 grados que operen en un rango de temperatura elevado

15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En el contexto de la industria termosolar, la tecnología de captadores cilindroparabólicos es la que más interés comercial despierta por su madurez tecnológica y el reducido riesgo a asumir por parte de los inversores en su implantación. De todos los elementos
20 con los que consta cualquier captador, el receptor es el elemento más crítico, no sólo por la complejidad técnica que implica, si no por ser uno de los elementos más vulnerables y costosos. Desde la implantación de las primeras plantas SEGS (*Solar Energy Generating Systems*) en California en la década de los 80, el concepto de tubo receptor empleado por la industria no ha cambiado sustancialmente. Las primeras
25 patentes donde se describe este concepto aparecieron en la década de los 70 y 80, este es el caso, por ejemplo, del documento US4432343, donde se describe un captador cilindroparabólico formado por un reflector con sección parabólica cuyo receptor está formado por un absorbedor metálico tubular (con un recubrimiento selectivo, p. ej. cromado negro) rodeado de una cubierta de vidrio concéntrica a la anterior. En la citada
30 invención también se detalla que deben existir condiciones de vacío entre el absorbedor y la cubierta de vidrio además de emplear fuelles de expansión para compensar los diferentes grados de dilatación térmica entre el metal y el vidrio.

Desde entonces, en el estado de la técnica se han propuesto modificaciones parciales,
35 pero todas ellas a partir del concepto de receptor tubular cilíndrico. En el documento

ES2125828 se propuso un tubo absorbedor con hendiduras en las paredes para favorecer el coeficiente de transferencia térmica entre la pared metálica y el fluido caloportador. Por su parte, en el documento WO2007076578 se añade una cubierta aislante en la zona superior del absorbedor (mitad superior por donde no recibe radiación concentrada) para reducir las pérdidas térmicas. O incluso configuraciones como la descrita en DE10033240 donde el tubo absorbedor y la cobertura de vidrio cilíndrica no son concéntricos. La geometría de la cobertura de vidrio también puede ser modificada. Según el documento DE10305428, la modificación parcial de la geometría de sección cilíndrica mediante hendiduras en la cubierta de vidrio mejora el índice de interceptación del receptor.

Por su parte, los documentos US2007034204 y US2008087277 proponen soluciones alternativas a la unión clásica entre el tubo absorbedor y la cobertura de vidrio mediante fuelle metálico.

Aunque en el estado del arte abundan las invenciones basadas en absorbedores tubulares de sección circular, existen algunas invenciones que ya han introducido el concepto de receptor de cavidad en el contexto de los captadores cilindroparabólicos. Los documentos US20130192226 y WO2015089273 destacan las ventajas del uso de un receptor tubular, el cual queda recubierto en su parte superior con aislante térmico y en su parte inferior se habilita una cavidad. Esta cavidad puede estar cerrada en su parte inferior por un cierre de vidrio simple cuya finalidad es sellar la cavidad existente para favorecer la estratificación. Según sus autores, para reducir las pérdidas térmicas, es muy importante que la superficie emisora del absorbedor metálico sea la mínima posible, a pesar de encontrarse en una cavidad. Por esta razón, las superficies laterales de dicha cavidad no forman parte del cuerpo del absorbedor metálico. Un documento anterior, US20100043779, sí propone un receptor con absorbedor de cavidad cóncavo, pero esta cavidad está circundada por 3 elementos: tubo absorbedor cóncavo, aislante térmico y cierre de vidrio sencillo que es pasivo desde el punto de vista óptico (ver figuras 6 y 7 de dicho documento). Por su parte, en US1661473 también se propone un receptor con un absorbedor metálico en forma de cavidad al cual se le puede adjuntar una lente convencional maciza en su apertura inferior.

No obstante, no se encuentran en el estado del arte ninguna invención relativa a un receptor de cavidad, donde esta cavidad esté íntegramente circundada por el

absorbedor metálico, junto con un cierre de vidrio inferior que a su vez se emplee para crear otra cavidad secundaria inferior cuya pared (esto es, todo el perímetro que circunda con aire) tenga una funcionalidad óptica para reconcentrar los rayos. De forma particular, el documento DE102006048734 sí concibe un sistema óptico con forma de

5 cavidad trapezoidal pero acoplado a un receptor tubular bajo un reflector secundario. Sin embargo, esta cavidad está circundada en su cara inferior por una lente tipo Fresnel junto con un cierre simple de vidrio en su cara superior. Este hecho no optimiza el proceso de concentración de rayos, ya que cada rayo tiene que cruzar 4 interfases vidrio-aire (con las correspondientes penalizaciones ópticas), beneficiándose sin

10 embargo sólo de una etapa de concentración que se materializa en las dos primeras interfases (lente Fresnel). Es conveniente citar también que la fabricación de una lente tipo Fresnel es más costosa que una pared de vidrio con contornos suaves. Además, según se desprende de la descripción del citado documento alemán, las paredes laterales de esta cavidad trapezoidal no cumplen ninguna función óptica más que

15 sostener la lente Fresnel, por lo que pueden ser de cualquier material, lo que limita el ángulo de borde (*rim angle*) que admite el receptor.

A todos los factores comentados anteriormente, hay que añadir un problema común en todos los diseños que emplean cámara de vacío para reducir las pérdidas térmicas por

20 convección. Si esta cámara de vacío no se encuentra circundada por una pieza compacta de vidrio, se requieren sellos entre el vidrio y el otro material que circunde la citada cámara. Estos sellos además de costosos son vulnerables a fallos de sellado, degradando el nivel de vacío en la cámara y disparando las pérdidas térmicas, incrementando la tasa de fallos de los receptores en la instalación.

25

RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención describe un nuevo concepto de receptor de foco lineal cuyo

30 objetivo es cumplir una función análoga a la de aquellos receptores existentes en los colectores cilindroparabólicos. Mediante este nuevo diseño de receptor de doble cavidad se aporta una alternativa para sistemas que operen en un rango de temperaturas elevado ($> 300\text{ }^{\circ}\text{C}$), como es el caso de los sistemas termosolares para la generación de electricidad.

35

El receptor comprende un absorbedor metálico cóncavo delimitado en su apertura por una rendija de un ancho d cubierta por una lente. Así, el absorbedor y la lente delimitan una cavidad principal por debajo de la cual se encuentra otra segunda cavidad sometida a vacío y delimitada por una pieza de vidrio de una geometría determinada y espesor variable.

La cavidad limitada por vidrio que se encuentra al vacío aporta dos ventajas principales:

- Durabilidad: Al existir una cámara inferior estanca, se puede habilitar una cámara aislante de vacío íntegramente sellada por vidrio a través de un pieza compacta y desmontable. Esto aumenta la vida media operativa de los receptores al no requerir de soldadura vidrio metal, lo que garantiza altos niveles de vacío durante la vida operativa del receptor, lo que limita las pérdidas térmicas.
- Pérdidas por radiación: Puesto que el vidrio es prácticamente opaco a la radiación infrarroja, se reducen los efectos de las pérdidas por radiación ya que se cuenta con una doble pared de vidrio. Además, gracias a la etapa de concentración proporcionada por las paredes de la cámara de vacío, se reduce el área emisora de radiación infrarroja, pudiendo prescindir de un recubrimiento selectivo de muy baja emitancia en la superficie metálica del absorbedor.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Gráfica con representación general del patrón radial que siguen tanto el borde interior $r_{\text{int}}(\theta)$ como exterior $r_{\text{ext}}(\theta)$ de la pared inferior de la pieza de vidrio.

Figura 2.- Muestra la sección transversal al eje longitudinal del receptor de doble cavidad.

Figura 3.- Muestra el sistema de coordenadas empleado para definir los contornos de la pieza de vidrio.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención propone un receptor solar (fig. 2), formado por 3 elementos principales:

5

(i) Un absorbedor metálico (2), por dentro del cual circula el fluido caloportador (3). La superficie interna del absorbedor (con geometría cóncava) abarca la mayor parte del perímetro de la cavidad principal (4). Como caso particular, este diseño puede adoptar la forma característica de una herradura cuya geometría queda definida, entre otros parámetros, por el ancho de la rendija de apertura (d).

10

(ii) Una lente ovoidal que ocupa todo el ancho d de la rendija. Gracias al absorbedor y a una lente (8) de forma ovoidal que ocupa todo el ancho d de la rendija la cavidad principal (4) queda aislada del exterior para reducir pérdidas térmicas. La superficie interior de la cavidad (1) puede estar tratada con un recubrimiento selectivo, aunque los valores de absorptancia y emitancia de esta superficie absorbidora no son tan críticos como en los diseños de tubos absorbedores convencionales, ya que la rendija de anchura d es la única superficie por donde se producen pérdidas radiantes. Esta cavidad principal (4), a diferencia de la cavidad al vacío (7) que se describirá más adelante, está llena de aire en condiciones atmosféricas.

15

20

(iii) Una pieza de vidrio que tiene como función principal redireccionar los rayos solares concentrados por el reflector primario mediante refracción además de delimitar una cámara de vacío (7) para reducir las pérdidas convectivas. La descripción más general de esta pieza de vidrio posee tres partes principales que le confieren su carácter distintivo:

25

30

(iii.1) Rendija de apertura con una anchura d que constituye el acceso de los rayos a la cámara de aire. Esta rendija está ocupada por una lente interior con forma ovoidal (8), de forma que la geometría de cada uno de sus bordes (superior e inferior) puede definirse a partir de un polinomio de grado n expresado en coordenadas polares. Siendo el origen del sistema de coordenadas el punto focal (p) del reflector primario y el ángulo θ definido como positivo en sentido horario con origen angular en la dirección horizontal:

35

$$r(\theta) = C_n \theta^n + C_{n-1} \theta^{n-1} + \dots + C_2 \theta^2 + C_1 \theta + \frac{d}{2}$$

Ambos polinomios (tanto el del borde superior como el del inferior) deben satisfacer la condición $r(\theta=0) = d/2$, siendo d la anchura de la citada rendija de apertura del absorbedor. Aprovechando la simetría existente respecto al eje vertical que pasa por el punto focal p , sólo es necesario definir estos bordes en uno de los dos cuadrantes que ocupa.

(iii.2) El cierre superior de la pieza de vidrio (9) está constituido por dos paredes planas simétricas y horizontales de vidrio a ambos lados de la lente con forma ovoidal. El espesor de esta pared garantiza la rigidez de la pieza de vidrio. Sin embargo, un exceso de espesor implica un aumento de las pérdidas térmicas por conducción a través de la longitud de esta pared de vidrio. La cara inferior de estos cierres de vidrio puede estar tratada con un recubrimiento selectivo o aislamiento para compensar la alta emisividad del vidrio.

(iii.3) En el límite externo de la pieza de vidrio se encuentra la pared de espesor variable (10) que circunda el borde inferior de la cámara de vacío. La geometría de esta pared posee forma de arco invertido. Tanto el contorno interno como el externo de esta pared sigue un patrón geométrico que puede ser definido en coordenadas polares $r(\theta)$ siendo el origen del sistema de coordenadas el punto focal del reflector primario (p) (reflector con un ángulo de borde, o *rim angle*, inferior a 90 grados) y el ángulo θ definido como positivo en sentido horario (ver fig. 3). Atendiendo a la figura 1, el patrón geométrico que siguen cada uno de los dos bordes, queda determinado por una función a trozos continua y derivable definida en el intervalo $\theta \in [0, \pi/2]$:

1. Trozo 1, correspondiente a la región I (ver fig. 1 y fig. 2) y definido en el intervalo $\theta \in [0, \theta_{a1})$ que debe pasar por los puntos extremos del intervalo $(0, R_0), (\theta_{a1}, R_a)$. Este trozo de la función queda definido por un polinomio con tendencia creciente ($R_a > R_0$).
2. Trozo 2, correspondiente a la transición entre la región I y II (T_a en la fig.

- 1). Se trata de un spline (polinomio cúbico) que debe pasar por los puntos inicial y final del intervalo $(\theta_{a1}, R_a), (\theta_{a2}, R_a)$ además de garantizar que la función sea derivable en $\theta = \theta_{a1}$ y θ_{a2} .
3. Trozo 3, correspondiente a la región II (ver fig. 1 y fig. 2) y definido en el intervalo $\theta \in [\theta_{a2}, \theta_{b1})$ que debe pasar por los puntos extremos del intervalo $(\theta_{a2}, R_a), (\theta_{b1}, R_b)$. Este trozo de la función queda definido por un polinomio con tendencia decreciente ($R_a > R_b$).
4. Trozo 4, correspondiente a la transición entre la región II y III (T_b en la fig. 1). Se trata de un spline (polinomio cúbico) que debe pasar por los puntos inicial y final del intervalo $(\theta_{b1}, R_b), (\theta_{b2}, R_b)$ además de garantizar que la función sea derivable en $\theta = \theta_{b1}$ y θ_{b2} .
5. Trozo 5, correspondiente a la región III (ver FIG. 1 y FIG. 2) y definido en el intervalo $\theta \in [\theta_{b2}, \pi/2]$ que debe pasar por los puntos extremos del intervalo $(\theta_{b2}, R_b), (\pi/2, R_{\pi/2})$.

Debido a la tendencia en las regiones I y II de los contornos interno y externo de la pieza de vidrio, se configura una lente convergente con eje curvo cuya función es redireccionar los rayos que inciden de forma más oblicua sobre la rendija de entrada a la cavidad del absorbedor.

Opcionalmente, el absorbedor (2) puede estar recubierto de un aislamiento térmico (5), que reduce hasta niveles despreciables cualquier tipo de pérdida térmica a través perímetro exterior del receptor. Este aislamiento queda cubierto y protegido de los agentes externos por una carcasa protectora (6).

El concepto de receptor de doble cavidad presenta las siguientes ventajas en relación con los receptores de vacío convencionales:

- (i) Es un diseño más robusto, ya que puede mantener niveles de vacío adecuados durante periodos más largos que los receptores actuales prescindiendo de soldaduras vidrio-metal.
- (ii) Puede evitarse la aplicación de un recubrimiento selectivo de alta eficiencia

- sobre la superficie interior (1) del absorbedor metálico, ya que el vidrio es prácticamente opaco a la radiación térmica y su conductividad térmica es baja. Además, la superficie emisora de radiación (ancho de la rendija de apertura) se reduce respecto al perímetro de un absorbedor convencional.
- 5 (iii) En caso de rotura en alguno de los 3 elementos del receptor, no es necesario reemplazar todo el receptor, si no solo el elemento afectado. Esto también facilita cualquier reparación.
- (iv) El material de aislamiento térmico (p. ej. lana de roca) hace que no exista flujo de calor por el contorno superior del absorbedor, y por tanto contribuye a reducir la diferencia de temperatura entre el fluido y la pared superior del mismo, limitando el *stress* térmico al que el receptor se ve sometido. Esto limita los gradientes térmicos en la pared metálica.
- 10 (v) No se necesitaría tipo alguno de fuelle, ya que los elementos van encajados, lo que permite el deslizamiento entre la cara superior de la pieza de vidrio y el resto de elementos para compensar los diferentes coeficientes de dilatación.
- 15 (vi) La superficie activa de intercambio térmico entre el absorbedor metálico y el fluido (con relación a la sección de paso) es mayor, ya que la geometría del absorbedor puede modificarse sin afectar a la anchura de la rendija de apertura.
- 20 (vii) Es mucho más sencillo instrumentar y monitorizar la temperatura del absorbedor metálico en diferentes puntos a través del aislamiento superior.
- (viii) Las paredes de la cámara de vacío pueden aprovecharse para (mediante paredes de vidrio de espesor variable) redireccionar los rayos de forma que se pueda reducir la anchura de la rendija de apertura del absorbedor metálico. Todas las interfaces que atraviesan los rayos (cuatro interfaces aire-vidro) son activas desde el punto de vista óptico, mejorando el factor de concentración.
- 25
- 30 La figura 2 muestra una puesta en práctica particular donde el receptor de la invención está asociado a un reflector primario con una distancia focal de 1.71 m. La geometría de los bordes de la lente ovoidal (8) viene determinada por r_{sup} y r_{inf} para el contorno superior e inferior mediante los siguientes polinomios (ver fig. 3):

$$r_{\text{sup}}(\theta) = +0.016 \cdot \theta^7 + 0.100 \cdot \theta^6 + 0.244 \cdot \theta^5 + 0.308 \cdot \theta^4 + 0.213 \cdot \theta^3 + 0.077 \cdot \theta^2 + 0.013 \cdot \theta + 0.023, \quad \theta \in \left[-\frac{\pi}{2}, 0\right]$$

$$r_{\text{inf}}(\theta) = -0.005 \cdot \theta^7 + 0.034 \cdot \theta^6 - 0.091 \cdot \theta^5 + 0.122 \cdot \theta^4 - 0.079 \cdot \theta^3 + 0.017 \cdot \theta^2 - 0.001 \cdot \theta + 0.023, \quad \theta \in \left[0, +\frac{\pi}{2}\right]$$

donde el radio viene expresado en metros (siendo el origen de la coordenada radial el punto focal p y el término independiente de ambos polinomios coincidente con $d/2$).

- 5 Por su parte, el cierre inferior de la cámara de vacío (10) se define de forma análoga. El radio del borde interno r_{int} se define mediante una función continua derivable formada por 5 trozos (ver fig. 1 y fig. 3):

$$r_{\text{int}}(\theta) = \begin{cases} -1.144 \cdot \theta^3 + 0.133 \cdot \theta^2 + 0.035 \cdot \theta + 0.062 & , 0 \leq \theta \leq \theta_{a1} \\ +0.439 \cdot \theta^3 - 0.338 \cdot \theta^2 + 0.079 \cdot \theta + 0.061 & , \theta_{a1} < \theta < \theta_{a2} \\ -0.074 \cdot \theta^4 + 0.195 \cdot \theta^3 - 0.186 \cdot \theta^2 + 0.055 \cdot \theta + 0.061 & , \theta_{a2} \leq \theta \leq \theta_{b1} \\ -1.030 \cdot \theta^3 + 3.124 \cdot \theta^2 - 3.151 \cdot \theta + 1.111 & , \theta_{b1} < \theta < \theta_{b2} \\ -0.008 \cdot \theta^3 + 0.031 \cdot \theta^2 - 0.039 \cdot \theta + 0.070 & , \theta_{b2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

- 10 donde $\theta_{a1} = 0.1228$ rad, $\theta_{a2} = 0.2624$ rad, $\theta_{b1} = 0.9177$ rad y $\theta_{b2} = 01.0573$ rad.

El borde externo r_{ext} , se define de forma similar a través del mismo modelo de función expresada en coordenadas polares:

$$15 \quad r_{\text{ext}}(\theta) = \begin{cases} -0.443 \cdot \theta^3 + 0.068 \cdot \theta^2 + 0.050 \cdot \theta + 0.063 & , 0 \leq \theta \leq \theta_{a1} \\ +0.109 \cdot \theta^3 - 0.169 \cdot \theta^2 + 0.072 \cdot \theta + 0.064 & , \theta_{a1} < \theta < \theta_{a2} \\ -0.100 \cdot \theta^4 + 0.308 \cdot \theta^3 - 0.359 \cdot \theta^2 + 0.150 \cdot \theta + 0.053 & , \theta_{a2} \leq \theta \leq \theta_{b1} \\ -2.034 \cdot \theta^3 + 6.194 \cdot \theta^2 - 6.272 \cdot \theta + 2.168 & , \theta_{b1} < \theta < \theta_{b2} \\ -0.001 \cdot \theta^3 + 0.004 \cdot \theta^2 - 0.004 \cdot \theta + 0.057 & , \theta_{b2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

donde $\theta_{a1} = 0.2304$ rad, $\theta_{a2} = 0.3701$ rad, $\theta_{b1} = 0.9217$ rad y $\theta_{b2} = 1.0613$ rad.

- Gracias a esta configuración de la pieza de vidrio, se permite la existencia de una cámara de vacío en el interior de la misma (7). Además, con la finalidad de compensar los diferentes grados de dilatación existentes entre la pieza de vidrio (10) y el absorbedor metálico (2), se debe permitir deslizamiento parcial entre ambas piezas a lo largo del eje longitudinal del receptor. El hecho de que la cavidad principal (4) se encuentre a presión

atmosférica facilita el montaje y el mantenimiento del receptor, ya que no es necesario ningún tipo de sello especial entre absorbedor, pieza de vidrio y aislamiento.

Debido a la propia naturaleza de la invención propuesta, el receptor de doble cavidad
 5 presenta una reducción drástica de las pérdidas térmicas, a expensas de penalizar el
 rendimiento óptico debido a la existencia de una segunda pared de vidrio en el trayecto
 que recorren los rayos solares concentrados (existen cuatro fronteras vidrio-aire). Este
 hecho implica que este receptor es el diseño más apropiado cuando la temperatura de
 operación del fluido es muy alta, lo que aconseja el uso de la invención en los tramos
 10 finales de los lazos de captadores. De forma general, se aconseja el uso del receptor de
 doble cavidad en instalaciones donde la temperatura promedio del fluido caloportador
 sea elevada ($>300\text{ }^{\circ}\text{C}$), además de en sistemas donde sea indispensable mantener la
 temperatura del fluido en ausencia de radiación solar durante largos periodos (por
 ejemplo durante la noche) o en sistemas que usen sales fundidas como fluido
 15 caloportador.

El concepto de receptor de doble cavidad puede ser aplicado también en sistemas
 híbridos cuya función sea la de proporcionar aire y fluido caloportador a alta
 temperatura. Además del fluido caloportador circulando por la sección de paso interior
 20 (3), se puede establecer una corriente secundaria e independiente de aire en la cavidad
 interna (4). Este flujo secundario permite calentar aire, aumentando el coeficiente de
 transferencia térmico total del receptor. En función de la temperatura del flujo de aire,
 las pérdidas térmicas pueden descender de forma sensible al reducir la temperatura de
 la lente ovoidal (8) y recuperar parte de la energía térmica procedente de las pérdidas
 25 ópticas de carácter volumétrico.

REIVINDICACIONES

1. Receptor para colectores de foco lineal caracterizado por que comprende un
 5 absorbedor metálico cóncavo (2) delimitado en su apertura por una rendija de un ancho
 (d) cubierta por una lente ovoidal (8), limitando el absorbedor y la lente (8) una cavidad
 principal (4) por debajo de la cual, en dirección al reflector del colector, se encuentra
 una segunda cavidad (7) sometida a vacío y delimitada por una pieza de vidrio (10)
 cóncava, conformada por varias regiones en forma de arco invertido de espesor
 10 variable, cuyos contornos siguen un patrón definido mediante funciones polinómicas a
 trozos continuas y derivables.

2. Receptor según la reivindicación 1 caracterizado por que la lente ovoidal (8) tiene un
 radio de contorno superior e inferior definido como

15

$$r(\theta) = C_n \theta^n + C_{n-1} \theta^{n-1} + \dots + C_2 \theta^2 + C_1 \theta + \frac{d}{2}$$

siendo el origen del sistema de coordenadas el punto focal (p) del reflector primario y
 estando el ángulo θ definido como positivo en sentido horario, donde el contorno de la
 20 pieza de vidrio (10) queda determinado por una función con tres regiones principales I,
 II, III, continua y derivable definida en el intervalo $\theta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$ según las siguientes
 expresiones:

a. región I, definida en el intervalo $\theta \in \left[0, \theta_{a1}\right)$ que pasa por los puntos
 extremos del intervalo $(0, R_0), (\theta_{a1}, R_a)$, polinomio con tendencia
 25 creciente ($R_a > R_0$);

b. transición entre las regiones I y II, polinomio cúbico que pasa por los
 puntos inicial y final del intervalo $(\theta_{a1}, R_a), (\theta_{a2}, R_a)$ además de garantizar
 que la función sea derivable en $\theta = \theta_{a1}$ y θ_{a2} ;

c. región II, definida en el intervalo $\theta \in \left[\theta_{a2}, \theta_{b1}\right)$ que pasa por los puntos
 30 extremos del intervalo, polinomio con tendencia decreciente ($R_a > R_b$);

d. transición entre la región II y III, polinomio cúbico que pasa por los

puntos inicial y final del intervalo $(\theta_{b1}, R_b), (\theta_{b2}, R_b)$ además de garantizar que la función sea derivable en $\theta = \theta_{b1}$ y θ_{b2} ; y
e. región III, definida en el intervalo $\theta \in [\theta_{b2}, \pi/2]$ que pasa por los puntos extremos del intervalo $(\theta_{b2}, R_b), (\pi/2, R_{\pi/2})$.

5

3. Receptor según la reivindicación 2 donde el radio del contorno superior e inferior de la lente ovoidal (8) se definen como:

$$r_{\text{sup}}(\theta) = +0.016 \cdot \theta^7 + 0.100 \cdot \theta^6 + 0.244 \cdot \theta^5 + 0.308 \cdot \theta^4 + 0.213 \cdot \theta^3 + 0.077 \cdot \theta^2 + 0.013 \cdot \theta + 0.023, \quad \theta \in \left[-\frac{\pi}{2}, 0\right]$$

$$r_{\text{inf}}(\theta) = -0.005 \cdot \theta^7 + 0.034 \cdot \theta^6 - 0.091 \cdot \theta^5 + 0.122 \cdot \theta^4 - 0.079 \cdot \theta^3 + 0.017 \cdot \theta^2 - 0.001 \cdot \theta + 0.023, \quad \theta \in \left[0, +\frac{\pi}{2}\right]$$

10

donde el contorno interno de la pieza de vidrio (10) se define como:

$$r_{\text{int}}(\theta) = \begin{cases} -1.144 \cdot \theta^3 + 0.133 \cdot \theta^2 + 0.035 \cdot \theta + 0.062 & , 0 \leq \theta \leq \theta_{a1} \\ +0.439 \cdot \theta^3 - 0.338 \cdot \theta^2 + 0.079 \cdot \theta + 0.061 & , \theta_{a1} < \theta < \theta_{a2} \\ -0.074 \cdot \theta^4 + 0.195 \cdot \theta^3 - 0.186 \cdot \theta^2 + 0.055 \cdot \theta + 0.061 & , \theta_{a2} \leq \theta \leq \theta_{b1} \\ -1.030 \cdot \theta^3 + 3.124 \cdot \theta^2 - 3.151 \cdot \theta + 1.111 & , \theta_{b1} < \theta < \theta_{b2} \\ -0.008 \cdot \theta^3 + 0.031 \cdot \theta^2 - 0.039 \cdot \theta + 0.070 & , \theta_{b2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

15 donde $\theta_{a1} = 0.1228$ rad, $\theta_{a2} = 0.2624$ rad, $\theta_{b1} = 0.9177$ rad y $\theta_{b2} = 01.0573$ rad;

y el contorno externo de la pieza de vidrio (10) se define como:

20

$$r_{\text{ext}}(\theta) = \begin{cases} -0.443 \cdot \theta^3 + 0.068 \cdot \theta^2 + 0.050 \cdot \theta + 0.063 & , 0 \leq \theta \leq \theta_{a1} \\ +0.109 \cdot \theta^3 - 0.169 \cdot \theta^2 + 0.072 \cdot \theta + 0.064 & , \theta_{a1} < \theta < \theta_{a2} \\ -0.100 \cdot \theta^4 + 0.308 \cdot \theta^3 - 0.359 \cdot \theta^2 + 0.150 \cdot \theta + 0.053 & , \theta_{a2} \leq \theta \leq \theta_{b1} \\ -2.034 \cdot \theta^3 + 6.194 \cdot \theta^2 - 6.272 \cdot \theta + 2.168 & , \theta_{b1} < \theta < \theta_{b2} \\ -0.001 \cdot \theta^3 + 0.004 \cdot \theta^2 - 0.004 \cdot \theta + 0.057 & , \theta_{b2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} \end{cases}$$

donde $\theta_{a1} = 0.2304$ rad, $\theta_{a2} = 0.3701$ rad, $\theta_{b1} = 0.9217$ rad y $\theta_{b2} = 1.0613$ rad.

4. Receptor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el receptor
5 está cubierto por un aislante térmico (8).

5. Receptor según la reivindicación 4 donde el aislante térmico (5) está cubierto por
una carcasa protectora (6) y una fracción del contorno interior de la cavidad principal (4)
está protegido con un recubrimiento selectivo (1).

10

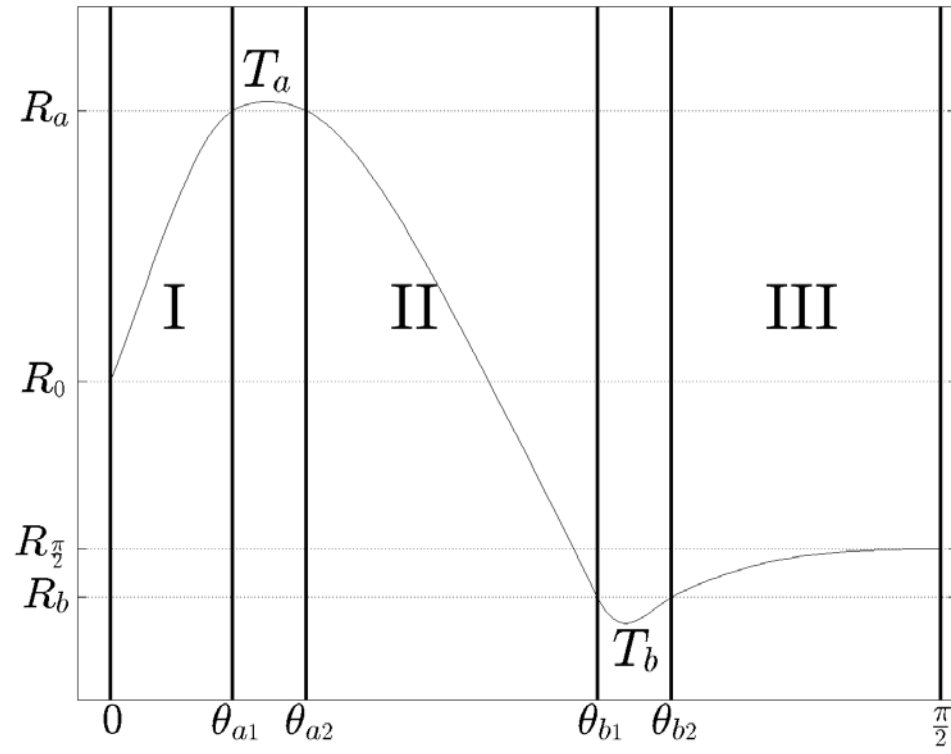


FIG. 1

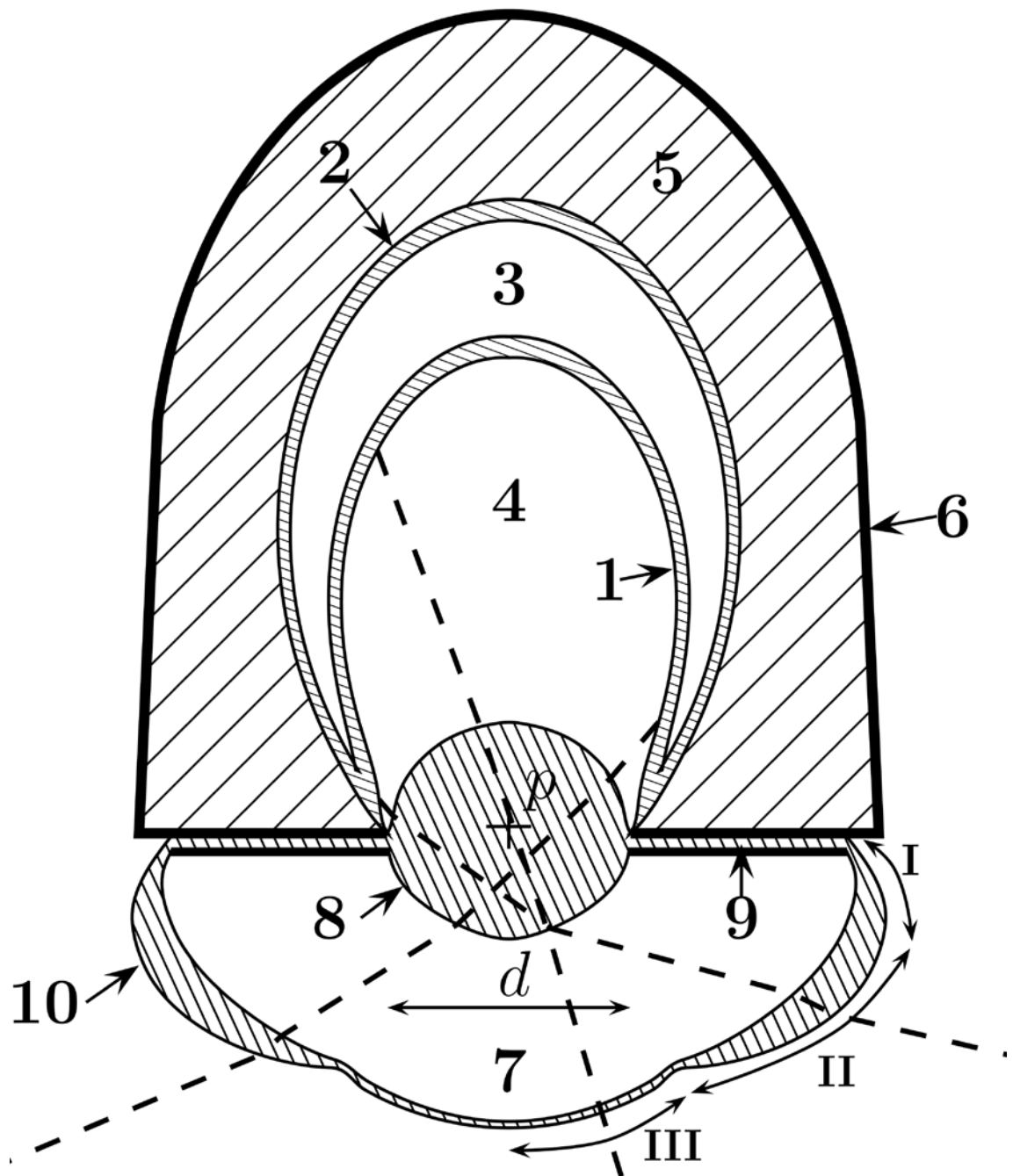


FIG. 2

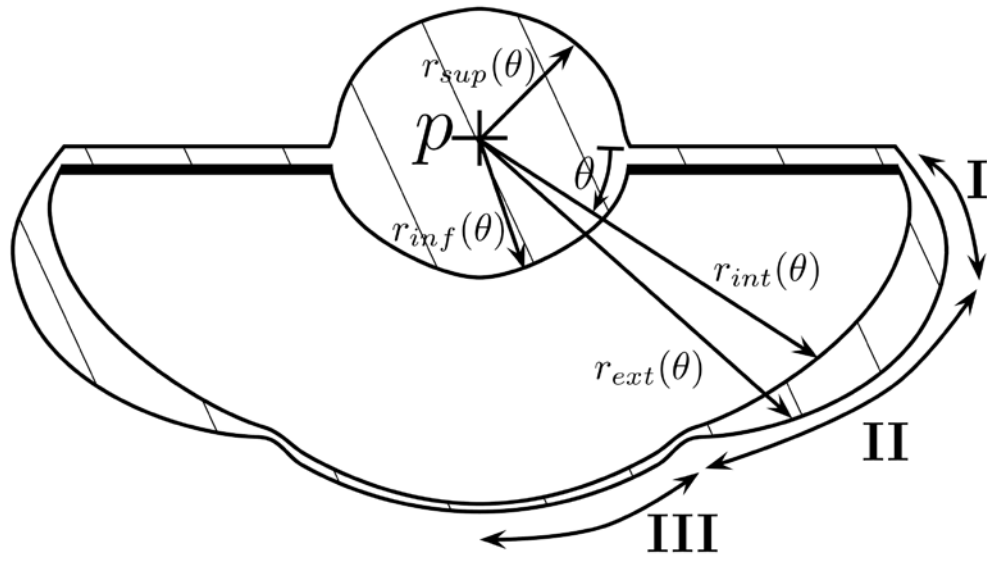


FIG. 3



- ②① N.º solicitud: 202030052
②② Fecha de presentación de la solicitud: 22.01.2020
③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	DE 2601413 A1 (ROSEL VALENTIN) 21/07/1977, Figuras & resumen de la base de datos WPI. Recuperado de Epoque; AN-1977-G1678Y.	1
A	US 1661473 A (GODDARD ROBERT H et al.) 06/03/1928, Página 1, líneas 31 - 63, 94 - 99; figuras.	1
A	CN 101706161 A (HARBIN INST OF TECHNOLOGY) 12/05/2010, Figura 2 & resumen de la base de datos WPI. Recuperado de Epoque; AN-2010-F54322.	1
A	CN 105841363 A (UNIV SOUTH CHINA TECH) 10/08/2016, Figura 1 & resumen de la base de datos WPI. Recuperado de Epoque; AN-2016-50902S.	1
A	US 2010043779 A1 (INGRAM JOHN CARROLL) 25/02/2010, Todo el documento.	1
A	WO 2014068755 A1 (JFE STEEL CORP) 08/05/2014, Todo el documento.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
29.05.2020

Examinador
J. Merello Arvilla

Página
1/2

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

F24S20/20 (2018.01)

F24S23/74 (2018.01)

F24S23/30 (2018.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

F24S

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI