

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 905**

21 Número de solicitud: 201630613

51 Int. Cl.:

B82Y 40/00 (2011.01)
C01B 32/152 (2007.01)
C22B 26/22 (2006.01)
C01B 32/158 (2007.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

11.05.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.11.2017

71 Solicitantes:

VALLS GUIRADO, Juan Francisco (100.0%)
Avda. Andalucía nº4
04200 TABERNAS (Almería) ES

72 Inventor/es:

VALLS GUIRADO, Juan Francisco

54 Título: **MÉTODO PARA EL PROCESADO DE MATERIALES A ALTA TEMPERATURA Y REACTOR DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA Y CONCENTRACIÓN SOLAR PARA EL MÉTODO DE PROCESADO**

57 Resumen:

Método para el procesado de materiales a alta temperatura y reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el método de procesado. Reactor formado por la conjunción de un horno de inducción eléctrico de espiral inductora, sin núcleo, y un horno solar que recibe radiación concentrada a través de una ventana transparente a la radiación solar, calentando ambos hornos una pieza objetivo situada en el punto focal de la radiación solar, estando este punto común en la intersección o en las proximidades de la intersección de los ejes de ambos hornos, hasta alcanzar temperaturas iguales o superiores a la temperatura de sublimación o vaporización de sustancias que son conductoras de la electricidad por encima de su temperatura de 2500°C. Permite elevar la temperatura de la sustancia conductora hasta un valor máximo superior a 4000°C. Logrando un reactor que no precisa de altas exigencias de concentración solar, que tiene una alta eficiencia, de fácil automatización.

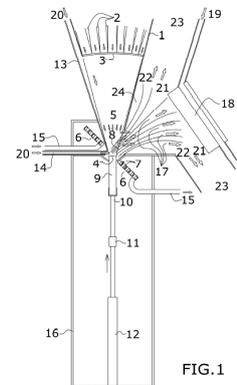


FIG. 1

ES 2 641 905 A1

DESCRIPCIÓN

MÉTODO PARA EL PROCESADO DE MATERIALES A ALTA TEMPERATURA Y REACTOR DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA Y CONCENTRACIÓN SOLAR PARA EL MÉTODO DE PROCESADO

5

OBJETO DE LA INVENCION

Es objeto de la presente invención, tal y como el título de la invención establece, un método para el procesado de materiales a alta temperatura, así como un reactor térmico a modo de horno solar donde se adicionan los fenómenos de calentamiento por corriente inducida y calentamiento por concentración solar, sobre un material situado en el foco solar. El efecto aditivo de ambos fenómenos en sustancias conductoras de la electricidad produce el alcance de temperaturas superiores a 4000°C. Se trata de la conjunción de un horno solar más un horno de inducción eléctrica sin núcleo, en un solo dispositivo.

10
15

Por consiguiente se consigue la sublimación y disociación de materiales tales como el óxido de Magnesio con el fin de obtener Magnesio puro, grafito con el fin de obtener Nanotubos de Carbono, Fullerenos, etc y en general materiales o sustancias que requieren una gran aportación de energía térmica concentrada para su procesado y que, constituyen por si solos un almacén energético (Magnesio es un almacén energético por su capacidad de oxidarse en una fuerte reacción exotérmica y Nanotubos de Carbono pueden almacenar Hidrógeno) o tienen una gran importancia técnica. Nanotubos de carbono y Magnesio tienen interés en baterías y pilas de combustible. También sirven para elaborar composites de alta resistencia y bajo peso. Fullerenos tienen múltiples aplicaciones.

20
25

ANTECEDENTES DE LA INVENCION.

En el estado actual de la técnica se conocen las siguientes patentes relacionadas con el objeto de la invención:

30

Las patentes US5556517A y US6077401A exponen que el uso de radiación solar concentrada permite la obtención de nanopartículas derivadas de la sublimación del grafito.

Dicha patente US5556517A y la patente FR2710049A1 proponen el uso conjunto de energía eléctrica y radiación solar para la sublimación del grafito. La primera hace referencia a

35

descarga por arco y también calentamiento resistivo mediante una pieza de tungsteno. La segunda a calentamiento mediante resistencia óhmica.

5 En los hornos de inducción se usa el grafito como pieza denominada susceptor. Se trata de un material conductor con capacidad para transmitir el calor y también con una alta capacidad de absorber la energía electromagnética y convertirla en calor.

10 Algunos hornos solares llegan a concentraciones de 10.000 soles alcanzando temperaturas de más de 3000°C (horno de Odeillo) en el centro del foco solar. Sin embargo para este nivel de concentración ha sido preciso construir una central solar con un concentrador parabólico de dimensiones muy grandes y un campo de espejos. O bien colocar concentradores secundarios que están sometidos a un gran desgaste térmico.

15 En 1998 y 1999, Feuremann y Gordon, haciendo uso de concentradores discoparabólicos y transporte de luz mediante fibra óptica llegaron a concentraciones de 700 W/cm², es decir, 7.000 soles. Difícilmente con concentradores de dimensiones métricas se consiguen superar los 3000°C en el punto objetivo o foco solar.

20 Existe un límite práctico en la concentración solar de 1.000W/cm² y un límite teórico de 1.200W/cm² para concentración de la luz en el vacío o en el aire.

25 Las patentes JP2015101765A, JP2014231917A, JP2014084501A con el único uso de radiación solar, tienen la producción de Magnesio puro limitada debido a alcanzar, en el mejor de los casos, la temperatura de disociación sin margen y con presiones muy bajas. Es decir, se está en la frontera de la temperatura alcanzable mediante energía solar.

30 Se ha pretendido la obtención de Magnesio a partir de la reducción del Óxido de Magnesio en combinación con Si a más de 4000°C mediante láser de estado sólido Nd-Yag alimentado por energía solar concentrada, sin embargo los resultados obtenidos hasta ahora han sido insuficientes dado que la eficiencia del láser es baja. Además el coste de los cristales de Nd-Yag es caro.

35 Para la obtención de Magnesio a partir del Óxido de Magnesio, mediante el uso de corriente eléctrica, los métodos patentados trabajan a menos de 3000°C y requieren coste en producción de energía eléctrica. Se usan reactivos intermedios, o se disuelve el MgO en MgF₂, o se produce finalmente CO o CO₂ que son contaminantes.

El procedimiento "Solid Oxide Membrane Electrolysis for Magnesium Production" que utiliza una sal de Carnot para disolver la magnesia, si bien llega a buenas eficiencias y por tanto bajos consumos energéticos y dispone de la ausencia de consumo de reactivos intermedios, tiene el problema de la degradación de la membrana y por tanto insuficiente durabilidad debido al uso de altas temperaturas.

Se han construido algunos hornos solares que combinados con la inducción eléctrica licuan Aluminio (punto de licuación por debajo de 1000°C) pero la energía eléctrica es usada como sustitutiva en días no soleados, dado que esta temperatura se puede alcanzar sin el uso de electricidad cuando existe radiación solar disponible.

Son usados en la actualidad hornos de inducción no solares para el procesado de aleaciones de Magnesio. Los metales, al contrario que los sólidos iónicos, cuando crece la temperatura y en particular cuando licuan se vuelven no conductores, motivo por el que los hornos de inducción aplicados al procesado de metales no solapan el campo de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.

Es objeto de la presente invención un dispositivo capaz de elevar la temperatura de una sustancia conductora de la electricidad a un valor máximo por encima de 4000°C por efecto aditivo de los fenómenos de: efecto Joule por causa de la inducción eléctrica sobre la pieza conductora y concentración de la radiación solar sobre dicha pieza, todo esto en un único horno que puede denominarse como electrotermosolar de inducción.

La problemática a resolver, se explica así. Por causa de no poderse superar la concentración máxima teórica de 12000 soles en vacío mediante radiación solar (principio de L' Etendue), la temperatura alcanzable está limitada a un valor máximo no muy superior a 3000°C. En la práctica a la temperatura de disociación del Óxido de Magnesio se llega muy escasamente y en el estado actual de la técnica no es posible superarla utilizando únicamente radiación solar. En todo caso la producción de Magnesio es limitada. En lo referente a la transformación de grafito sólido en vapor, al trabajar con temperaturas limitadas a 2800-3000°C el producto final obtenido es una mezcla heterogénea de partículas indeseables: Carbono amorfo, carbón recubierto de nanopartículas de metal, entremezclados con nanopartículas y fullerenos de diversos tamaños.

A una ventana de cuarzo se conectan en su cara externa cables de fibra óptica que

transportan a su través luz solar captada ésta en los puntos focales de un panel de concentradores minidiscoparabólicos, hasta alcanzar una concentración en el punto focal objetivo igual o superior a 7000 soles y por tanto una temperatura aproximada de 3000°C.

5 Con inclinación al eje de la cavidad cónica invertida o piramidal invertida por donde entra la luz solar en dirección al foco solar, se coloca un elemento inductor de Cobre, que sigue una trayectoria de espiral plana (apropiada para calentamientos localizados) siendo la sección de este conductor hueca y de geometría cuadrada o rectangular. Por tanto, el eje de la espiral plana (entendiendo por este a la recta perpendicular al plano de la espiral y que pasa por su
10 centro) se encuentra inclinado respecto al eje del cono invertido por donde entra la radiación solar. Se busca con esta inclinación que el movimiento del vapor ionizado, que sigue las líneas de flujo del campo magnético, se produzca evacuando la zona de concentración solar y transportando el fluido hacia fuera del cono invertido. De producirse coincidencia de ambos ejes, la tendencia del vapor sería a ascender dando sombra en el lugar donde debe
15 producirse la máxima concentración de radiación solar y depositándose en la ventana por donde entra la luz solar.

Dicha espiral se encuentra refrigerada interiormente por un circuito que transporta agua. Está precedida por el dispositivo propio de un horno de inducción: convertidor AC-DC en caso de
20 no recibir corriente continua y también un inversor de alta frecuencia DC-AC.

Mediante un horno de inducción se pueden alcanzar concentraciones energéticas máximas entre 1000-1500 W/cm², densidad energética más que sobrada para los fines aquí pretendidos.
25

En el punto focal de concentración de la luz solar se coloca la pieza a sublimar. Se trata de una pieza o bien de grafito o bien de magnesia MgO.

Para reforzar la evacuación del plasma y evitar su recombinación, se realiza el aporte de un
30 gas noble tal como argón, que es vertido en las proximidades del foco solar. Otra conducción que aporta gas noble en las proximidades de la ventana de cuarzo también evita el efecto indeseado ya comentado de contaminar dicha ventana de vapor condensado que impediría el flujo de la radiación solar a su través.

35 En la magnesia (MgO) a los 500°C la conductividad de este óxido es 10⁻¹³S/cm y a los 1.700°C la conductividad es 10⁻⁵S/cm, lo que demuestra claramente que incrementa su

conductividad con la temperatura. Los cristales iónicos cuando se disuelven o cuando se funden, se vuelven conductores de la electricidad por causa del incremento de la movilidad de las partículas conductoras, cationes y aniones. A muy alta temperatura, la energía del electrón crece y se incrementa su capacidad de saltar de la banda de valencia a la banda de conducción, a pesar de ser la energía de banda prohibida muy alta. A 2500 °C el Óxido de Magnesio (MgO) se vuelve conductor (en la actualidad es aprovechado este fenómeno para fundir magnesia (2800°C) mediante la técnica conocida como "de arco sumergido" que utiliza el calentamiento del compuesto por efecto Joule por causa de una descarga eléctrica entre electrodos). Una vez fundida la magnesia (que procede de un sólido iónico) sigue siendo conductora y por tanto susceptible al fenómeno de inducción eléctrica. En la gráfica de la figura 7 puede verse el crecimiento de la conductividad con la temperatura.

Mediante energía solar de concentración se pueden superar los 2500°C incluso alcanzar 3000°C y por consiguiente licuar el Óxido de Magnesio, introduciendo al material, como se ha comentado en un dominio de temperaturas en el que muestra propiedades conductoras. Aprovechando esta propiedad la espiral de Cobre por la que circula corriente alterna crea un campo magnético en la zona interna del disco que envuelve, que a su vez crea corrientes inducidas en la superficie del blanco-objetivo o carga conductora, todo ello descrito mediante la ley de Faraday-Lenz. Por efecto Joule, la pieza se calientan muy por encima de la temperatura impuesta por la estricta radiación solar de no existir horno de inducción. Se libera así al sistema de reflexión solar de exigencias de concentración lumínicas (precisión en los espejos y en el sistema de seguimiento solar) exageradas y que están en la frontera de lo imposible con radiación solar.

El horno de inducción crea un incremento de temperatura superior a 1000°C que sumados a los ya existentes 3000°C consecuencia de la radiación solar (suficientes para alcanzar la licuación de la magnesia), llevan a una temperatura final superior a 4000°C, siendo éstas sobradas para vaporizar y disociar Óxido de Magnesio (condensa a 2851,85°C y ebullición 3599,85°C) y también grafito. A bajas presiones y altas temperaturas el grafito pasa de estado sólido a gaseoso sin fundir.

Para el grafito, la presión de vapor es variable con la temperatura según la gráfica adjunta de la figura 8

Al alcanzar más de 4000°C se tiene mayor presión de vapor disponible, por lo que trabajando por debajo de la presión atmosférica se incrementa sustancialmente la producción de

sustancia sublimada. Por otro lado, trabajar a la presión atmosférica lleva a facilidad de procesado y ausencia de consumo energético por no ser necesario realizar el vacío. Es decir, el trabajo a alta temperatura conlleva beneficios a alta o baja presión.

- 5 El grafito es conductor de la electricidad incluso una vez sublimado y este no pierde conductividad a altas temperaturas por lo que la presencia de corrientes inducidas está garantizada.

10 Por otro lado, en el MgO al menos se necesitan 3450°C para hacer que la energía libre de Gibbs sea $\Delta G^0 = 0$ J/mol. Siendo así, la disociación se produce antes de la temperatura de vaporización, lo que constituye una gran ventaja pues una vez vaporizado el material no se precisan actuaciones adicionales para disociarlo.

15 Las corrientes inducidas tienen lugar en la superficie de la pieza conductora objetivo, precisamente el lugar donde se recibe la radiación solar, porque es en dicha superficie donde la temperatura es máxima para el MgO (de hecho se supera la temperatura de licuación) y por tanto la conductividad es máxima. Por tanto es en la cara expuesta al sol de la pieza objetivo donde se llega al efecto aditivo expresado y donde se consume la aportación de energía del horno de inducción. Se trata de un fenómeno local en dicha superficie.

20 El recipiente donde apoya la pieza o de MgO o de grafito, está constituido de un material aislante térmica y eléctricamente al igual que el resto de los paramentos aislantes del dispositivo. Se trata también de MgO. Al no recibir ésta directamente la radiación solar, no eleva su temperatura y por tanto no se vuelve conductora, en consecuencia no se ve afectada
25 por las corrientes inducidas, siendo este el motivo por el que la pieza objetivo eleva su temperatura y el material sobre el que apoya no.

A menos presión de vacío más se favorece la sublimación sin embargo la ausencia excesiva de gas inerte facilita la recombinación para el caso particular de MgO.

30 Tanto para el procesado de Nanotubos y Fullerenos de Carbono, como para la obtención de Magnesio puro se trabaja siempre a una presión igual o por debajo de la presión atmosférica, procurando que el binomio presión-temperatura esté alejado de la curva de presión de vapor que marca el equilibrio estable entre la fase vapor y la fase sólida. 4000°C y 45000 Pa es un
35 par de valores que garantiza una producción eficiente.

Según se visualiza en el esquema, las conducciones introducen el Argón direccionando la salida del vapor hacia una lámina o plato hueco fabricado de Cobre refrigerado por agua interiormente por tubos del circuito de refrigeración. Al entrar en contacto el Magnesio o el Carbono ionizados sobre esta superficie enfriada, solidifican.

5

Para el crecimiento de Nanotubos de Carbono la pieza de cobre se dopa con partículas de Hierro, Cobalto o Níquel (al igual que se hace en el conocido método de ablación láser para el crecimiento de Nanotubos de Carbono).

10 La embocadura de salida del horno, se ensancha al objeto de dejar evacuar al Oxígeno y el Argón. Está demostrado que en la superficie del Cobre enfriada cristaliza el vapor de Magnesio evacuado. Las partículas Mg^{+2} van a adherirse a la superficie fría de Cobre, donde existen electrones libres, a través de los cuales crea enlaces con dicha superficie, produciéndose una reacción de reducción. El Oxígeno ionizado pasa a Oxígeno molecular O_2
 15 siendo por tanto neutro y no viéndose afectado por la presencia de la lámina de Cobre. Al volverse neutro se ve poco afectado por el campo magnético (si bien es ligeramente paramagnético). En todo caso, ésta repele al Oxígeno ionizado.

Para incrementar el efecto de repulsión de la lámina de Cobre a los aniones de O^{-2} y de
 20 atracción de los cationes Mg^{+2} esta se carga a modo de electrodo mediante una tensión eléctrica convirtiéndolo en un ánodo o electrodo (-). Los iones de Magnesio se aceleran hacia la lámina de Cobre incrementándose la producción. Un método parecido es utilizado para acelerar los iones en el plasma de un reactor ECR mediante la aplicación de una diferencia de potencial eléctrico.

25

El Oxígeno y el Argón son evacuados y posteriormente segregados. El Argón es reciclado o reintroducido en el sistema. El Oxígeno es licuado en una cámara de condensación por cualquiera de los procedimientos conocidos.

30 La automatización del proceso está constituida por un cilindro hidráulico que hace desplazarse a la barra de magnesia o de grafito, a través de un soporte con mástil de apoyo de materiales no conductores al objeto de no disipar energía en lugar inadecuado por causa de corrientes inducidas, conectado al cilindro hidráulico por una abrazadera. A medida que la barra a sublimar se va consumiendo el cilindro se desplaza colocando el extremo de la barra
 35 en el punto focal solar.

Como alternativa, para la producción de Magnesio, se puede reducir sustancialmente la presión de vapor del Argón y usar Silicio que al combinar con el Oxígeno, facilita la segregación del Magnesio hacia el plato de Cobre. En este caso la pieza o pastilla sólida objetivo estaría formada por una mixtura sólida de Silicio y Óxido de Magnesio en una relación 1:2. Con el inconveniente que el precio del Silicio actual es similar al del Magnesio.

Para disponer de un procedimiento no contaminante, la corriente eléctrica en la espiral de inducción proviene de energías renovables. Especialmente atractiva es la energía eólica por su alta eficiencia. La introducción de energía térmica en el reactor (ya sea vía lumínica o vía eléctrica) alcanza una alta eficiencia en lugares con sol y viento simultáneamente.

El agua de refrigeración del plato hueco de Cobre y de la espiral inductora es calentada y ésta tiene la posibilidad de ser usada para múltiples fines: uso doméstico o industrial, o mover a su vez una turbina de vapor, lo que evita recurrir a placas fotovoltaicas para suministrar la corriente eléctrica. De una forma u otra el calor transportado por el agua de refrigeración no necesariamente supone una pérdida de eficiencia energética. Para el caso de la turbina el mismo agua se recircula en ciclo o circuito cerrado.

Las mejoras en el estado actual de la técnica son:

- El Magnesio es un excelente almacén de energía. Dispone de una densidad energética muy superior a la del Hidrógeno (dado que éste presenta problemas de falta de densidad en el almacenamiento 120 MJ/kg y 8,5 GJ/m³ a la temperatura de 20K), y puede competir con la gasolina (50 MJ/Kg y 39 GJ/m³). El Magnesio presenta 25,2 MJ/Kg y 43.8 GJ/m³.
- Con el método propuesto no se precisan reactivos intermedios para la obtención del Magnesio. Además no se necesita de la construcción de un láser solar (éste utiliza cristales caros) ni descargas eléctricas que desgastan electrodos, ni el uso de una membrana que tiene el problema de la durabilidad. No se producen gases contaminantes.
- No se precisan altas exigencias a la concentración solar. Para alcanzar la sublimación del Magnesio sin reactivos, sin sal de Carnot y únicamente con radiación solar, se requieren 10.000 soles, que exigiría alta perfección en el seguidor solar, ausencia de polvo atmosférico, alta reflectividad, baja deformabilidad de la estructura soporte del reflector. Al contar con el apoyo de la corriente eléctrica inducida alcanzar 4000°C es perfectamente posible.

- La eficiencia global del sistema es muy alta. Si bien en las placas fotovoltaicas para la obtención de la corriente eléctrica la eficiencia es baja (10% para placas de silicio convencionales), la eficiencia de introducción de la radiación solar en el reactor, es alta, 70-85%. Dado que la potencia eléctrica a introducir en el sistema es muy inferior a la potencia lumínica solar requerida (la energía eléctrica actúa sólo como complemento), la eficiencia conjunta teniendo en cuenta la totalidad de las superficies expuestas (placas fotovoltaicas o turbinas de viento más concentradores discoparabólicos) viene a ser superior al 50% (muy superior al mejor de los láseres). Se trata de eficiencias de la entrega energética a la superficie a calentar. La eficiencia global supera el 20% si se tiene en cuenta sólo la producción de Magnesio o Nanopartículas. El turbinado del agua caliente de refrigeración mejora estos números. Si se incluye la producción de agua caliente para otros fines, la eficiencia global supera el 40%.
- El sistema presenta una fácil automatización sencilla de fabricar.
- La inducción eléctrica tiene una eficiencia en la entrega energética superior al 90%. También tiene la ventaja de una rápida actuación, en tan sólo unos segundos se adquiere la temperatura máxima.
- Si se utilizan placas fotovoltaicas se dispone de corriente continua directamente, entonces se puede suprimir el convertidor AC/DC para el horno de inducción, si bien sí se precisa de inversor.
- En el dispositivo descrito, las corrientes inducidas mantienen al material calentado incluso cuando está en estado de plasma lo que evita la recombinación durante el transporte del vapor a través de las líneas de flujo del campo magnético. La inducción eléctrica es habitualmente usada para calentar plasmas (plasma acoplado por inducción).
- No se requieren materiales caros, a excepción del dopado con cobalto para producir los nanotubos (se puede usar también hierro que es barato). El abaratamiento de los precios de las placas fotovoltaicas y de las turbinas eólicas, actualmente a 1€/w hace esta tecnología de energía renovable competitiva en lugares soleados, y más aún si además se dispone del recurso eólico.
- Al poderse producir tanto Nanotubos de Carbono como Magnesio puro, ambos materiales se pueden usar en fines conjuntos. Por ejemplo: materia prima para una futura batería o pila de combustible, donde el combustible es Magnesio y uno de los electrodos está constituido superficialmente de Nanotubos. O elaboración de un composite de matriz de Magnesio reforzado con Nanotubos de Carbono.
- El sistema requiere poco espacio y puede ser implementado en una vivienda. (puede

producir la energía térmica y eléctrica consumida en una vivienda en lugar soleado con disponibilidad de radiación solar media de 800 W/m² necesitándose 5-6 m² de superficie de espejos). Respecto al almacenamiento de energía en centrales de torre implica una mayor eficiencia por ser el transporte del Magnesio sólido más barato que el transporte de corriente eléctrica en red. Además al ser un almacén energético se puede usar cuando se quiera, en tanto que el fundido de sales en centrales de torre tiene sólo unas horas de vida. Un dimensionamiento en energía requiere menos infraestructura que un dimensionamiento en potencia.

- 5
- 10
- 15
- 20
- En lo referente a la producción de Nanopartículas de Carbono, el método mixto propuesto (eléctrico de inducción + solar) supone un producto final menos heterogéneo respecto a los métodos solares puros así como una mayor producción (punto P-T más alejado de la curva de presión de vapor). Un gran ahorro energético respecto a los métodos eléctricos puros (descarga por arco) o respecto a los láseres alimentados por corriente eléctrica (este método no se llega a utilizar debido a su gran consumo energético). Respecto a los métodos mixtos (solar+eléctrico) donde la electricidad es transmitida por descarga por arco o por resistencias óhmicas, la inducción eléctrica supone un método de trabajo más fácilmente industrializable y un reparto de la energía transferida más uniforme en el lugar donde se adiciona a la radiación solar lo que redundará en un producto final más homogéneo. En comparación con otros métodos como CVD, no se utilizan combustibles fósiles.

Salvo que se indique lo contrario, todos los elementos técnicos y científicos usados en la presente memoria poseen el significado que habitualmente entiende un experto normal en la técnica a la que pertenece esta invención. En la práctica de la presente invención se pueden usar procedimientos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la memoria.

A lo largo de la descripción y de las reivindicaciones la palabra “comprende” y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención.

EXPLICACIÓN 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, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, 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.

5 En la figura 1, podemos observar una representación seccionada en vista frontal del reactor de inducción y concentración objeto de la invención

En la figura 2, podemos observar un detalle de la parte superior del reactor.

10 En la figura 3 se muestra un detalle de la lámina o plato hueco donde se deposita el material sublimado.

En la figura 4, pueden verse unos esquemas de la posición del sistema de seguimiento solar en relación al horno solar.

15 En la figura 5, se muestra un sistema de captación solar formado por reflectores miniparabólicos y reflectores secundarios.

20 En la figura 6, se observa un dibujo esquemático de los circuitos de reciclado de agua fría, corriente eléctrica y gas inerte.

En la figura 7 se representa el crecimiento de la conductividad con la temperatura.

25 En la figura 8 se muestra para el grafito cómo la presión de vapor es variable con la temperatura

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

30 A la vista de las figuras se describe seguidamente un modo de realización preferente de la invención propuesta.

El método objeto de la invención básicamente consiste en elevar la temperatura de una sustancia conductora de la electricidad a un valor superior a 4000 °C por efecto aditivo de los fenómenos de efecto Joule por causa de una inducción eléctrica producida por una espiral de cobre sobre la pieza conductora y concentración de la radiación solar sobre dicha pieza.

35 Donde la concentración de la radiación solar tiene lugar sobre un punto focal en el que está

colocada la pieza conductora y la espiral está colocada rodeando el punto focal.

La sustancia conductora es o bien grafito para producir Nanopartículas de Carbono y Fullerenos, o bien Óxido de Magnesio a ser disociado y sublimado, al objeto de producir
5 Magnesio puro sin la presencia de reactivos intermedios.

La atmósfera de trabajo es un gas inerte como Helio o Argón, utilizado este para la evacuación de las sustancias sublimadas del foco solar, y la presión de trabajo es igual o inferior a la presión atmosférica.

10

En las figuras puede observarse el reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura que comprende una cavidad cónica (1) o piramidal invertida que en su extremo inferior presenta el punto focal (4) y una espiral plana (6) de posición inclinada, rodeando o envolviendo el punto focal (4), extremo superior de una
15 barra (9) o pieza del producto a sublimar, que está soportado por unos medios de desplazamiento que mueven la barra hacia el foco solar a medida que se va consumiendo el producto a sublimar, donde la cavidad cónica (1) cuenta con unos conductos de aporte (13) (14) de un gas noble y una ventana (8) de salida del producto sublimado, quedando enfrente de dicha ventana (8) una zona de sublimación formada por una lámina o plato hueco (18) de
20 Cobre que enfriada sirve de soporte de cristalización del vapor del producto sublimado, presentando la zona de sublimación inversa unas ventanas o bocas de evacuación (23) a ambos lados de la lámina o plato hueco (18).

El conjunto formado por la cavidad cónica invertida (1) y la zona de sublimación está
25 dispuesta sobre unos paramentos aislantes (16) en cuyo interior se disponen los medios de desplazamiento que mueven el producto a sublimar hacia el foco solar a medida que se consume. La dirección del desplazamiento del producto a sublimar depende de la posición del horno solar.

30 La cavidad cónica invertida (1) presenta en su parte superior una ventana de cuarzo (3) en la que se conectan en su cara externa una serie de cables de fibra óptica (2) que trasportan la luz solar, que ha podido ser captada por ejemplo, en los puntos focales de unos paneles concentradores discoparabólicos. Opcionalmente, existen otras alternativas al uso de fibra óptica. La luz solar (5) una vez atravesada la ventana de cuarzo (3) se dirige hacia el punto
35 focal (4).

Los conductos de aporte de un gas noble (20) son un primer conducto (13) que discurre por la cara exterior de la cavidad cónica (1) hasta el punto focal, y un segundo conducto (14) que, de manera horizontal, aporta el gas noble hasta el punto focal (4).

5 La espiral plana (6) presenta un eje en disposición inclinada respecto al eje de la cavidad cónica invertida (1) buscando con dicha oblicuidad que el movimiento del vapor ionizado, que sigue las líneas del campo magnético (17), se produzca de manera que se evacúa la zona de concentración solar a través de la ventana (8) de evacuación dispuesta lateralmente sobre la cavidad cónica invertida (1). Otras líneas de flujo magnético (24) no son seguidas para la
10 evacuación del plasma Mg^{+2} dada la posición asimétrica de la pieza a vaporizar (9) en la zona (4) respecto del eje de la espiral (6). La bobina espiral plana (6) de Cobre cuenta con unos conductos de refrigeración (7) que transportan agua, y está alimentada eléctricamente por medio de unos conductores huecos de Cobre (15).

15 Los medios de soporte de la barra o pieza (9) a sublimar quedan dispuestos sobre un soporte aislante (10) que se conecta con un cilindro hidráulico (12) por medio de una abrazadera o similar (11), que a medida que la barra o pieza (9) a sublimar se consume se desplaza el conjunto de manera que la barra (9) se mueve hasta quedar la parte superior en el punto focal (4).

20 La zona de sublimación comprende una lámina o plato hueco (18) de Cobre colocado de manera enfrentada a la ventana (8) de evacuación, estando dicha lámina o plato hueco (18) refrigerada por medio de unos conductos de refrigeración (19) interiores y, está dopada con partículas de Hierro, Cobalto o Níquel cuando se trata de hacer crecer Nanotubos de
25 Carbono. A ambos lados de la lámina o plato hueco (18) se disponen unas bocas de evacuación (23) por la que salen el Oxígeno (22) para el caso de la disociación de MgO y el gas noble empleado (21) tanto si se está a producir Magnesio como Nanopartículas.

En la figura 4 se muestra un concentrador parabólico (27) que refleja la luz concentrándola en
30 el punto focal del mismo donde se encuentra el reactor (25), quedando el concentrador (27) soportado por un seguidor (26) de doble eje.

En la figura 5 se muestra una realización diferente en la que la superficie de captación está conformada por una serie de reflectores miniparabólicos (28) asociados con unos reflectores
35 secundarios (29) que concentran la luz para luego por medio de una serie de fibras ópticas (2) conducirla hacia la cavidad cónica invertida (1), pudiéndose observar el camino seguido por la

luz solar (5).

Para el caso del Óxido de Magnesio, el Argón es segregado del Oxígeno y recirculado hacia el reactor. En la figura 6, el Argón y el Oxígeno son enfriados a la salida del reactor (25) en una cámara de expansión (30). A continuación, por medio de una electrobomba (31) son impulsados hacia un compresor (32) donde son presurizados pasando a un tanque de refrigeración (33) y son expandidos en una cámara de condensación (34). Recirculados al compresor se repite el proceso hasta que el Oxígeno alcanza temperatura de licuación y almacenado en un tanque de almacenamiento de Oxígeno licuado (35). Mientras se reciclan los gases las válvulas (38) de la Unidad de Condensación de Oxígeno están cerradas. Para disponer de una salida continua de gases de la cámara de expansión inicial, se pueden colocar varias unidades de condensación (36) en paralelo que extraen alternativamente gas de dicha cámara. El Oxígeno finalmente licuado es almacenado en una bombona, al igual que el Argón. La presencia de electrobombas (37) impulsan los fluidos en el sistema. La segregación se produce porque una vez licuados los dos gases, el Argón más pesado se va al fondo, y se almacena en el tanque de almacenamiento de Argón (39).

Tanto para el tratamiento del grafito como de la magnesia, el vapor del agua de refrigeración, tanto de la espiral como del plato de Cobre, es utilizado para mover una turbina y generar toda o parte de la energía eléctrica que alimenta la espiral inductora. El agua una vez condensada en una cámara de condensación (40), tras pasar por la turbina (41), es reciclada al reactor (25) por medio de una electrobomba (43). Para enfriar la cámara de condensación (40) se dispone de un intercambiador de calor (42). Este intercambiador (42) evacua el calor hacia agua proveniente del exterior del sistema y a la que se le puede dar un uso doméstico o industrial.

Conectada con la turbina (41) hay un convertidor AC-DC (44) a cuya salida hay un inversor resonante DC-AC (45).

Otro aspecto interesante a ser comentado es la disposición del horno respecto del seguidor solar. Se pueden observar varias posiciones posibles.

En la figura 4 puede verse esquemáticamente el uso de un reflector solar de dimensiones métricas o decamétricas que envía la luz directamente al interior del horno. Tiene la ventaja de ausencia de fibra óptica y sólo existe una reflexión hasta antes de alcanzar la luz la pieza objetivo (la reflexión en la ventana de cuarzo es igual o inferior al 5%). Tiene la dificultad o

desventaja de trabajar con un horno móvil, tanto para la conexión de los conducciones de los circuitos como para la extracción del producto final.

5 Una disposición con horno vertical, tal y como se ve en la parte central de la figura, donde aparece el esquema de un seguidor solar y un panel de miniconcentradores parabólicos, tiene la ventaja de trabajar con un horno en posición vertical y sin desplazamiento y la desventaja de tener dos reflexiones (una en el reflector primario y otra en el secundario) más el paso por la fibra óptica y por tanto mayores pérdidas energéticas.

10 Una tercera alternativa, primer espejo plano dotado de sistema de seguimiento solar y discoparabólico vertical de dimensiones métricas o decamétricas tiene la desventaja de un mayor consumo de superficie de espejo primario y de pérdidas debidas a dos reflexiones y la ventaja de horno en situación estática. En este caso el horno se encuentra en posición horizontal.

15 Para colocar el horno en posición distinta de la vertical, para la reducción del Óxido de Magnesio se necesita que el paso de la materia por el estado líquido sea de décimas de segundo, no habiendo tiempo para producirse goteo. Por consiguiente la aportación de potencia del elemento inductor debe ser elevada.

20 Para el caso de la sublimación del grafito, al no haber paso por el estado líquido previamente a la gasificación, esta cuestión es indistinta.

25 Descrita suficientemente la naturaleza de la presente invención, así como la manera de ponerla en práctica, se hace constar que, dentro de su esencialidad, podrá ser llevada a la práctica en otras formas de realización que difieran en detalle de la indicada a título de ejemplo, y a las cuales alcanzará igualmente la protección que se recaba, siempre que no altere, cambie o modifique su principio fundamental.

30

REIVINDICACIONES

1.- Método para el procesado de Nanopartículas de Carbono a partir de Grafito o Magnesio a partir de Óxido de Magnesio, caracterizado porque comprende las acciones de:

5

- Introducción de la radiación solar en el interior de un reactor convergiendo ésta radiación hacia una zona focal situada en dicho reactor.
- Introducción de un gas inerte tal como Helio o Argón a presión igual o inferior a la atmosférica en este reactor.
- 10 - Introducción de Grafito u Óxido de Magnesio, en dicho reactor y colocación de éste material en la citada zona focal.
- Calentamiento de la superficie de la mencionada sustancia mediante:

15

- Concentración de la radiación solar en dicha zona focal,
- Efecto Joule debido a la corriente eléctrica creada en la superficie de dicha sustancia, producida esta corriente mediante inducción eléctrica, siendo las líneas de flujo del campo magnético, producido por el fenómeno de inducción, inclinadas u oblicuas respecto a la dirección de la radiación solar en la zona focal de concentración.

20

- Evacuación del plasma sublimado en la zona focal, siguiendo las líneas de flujo del campo magnético, ocurriendo este transporte o evacuación en el interior del reactor.
- Depósito del material resultante mediante sublimación inversa debido a atracción electrostática, ocurriendo dicho depósito en el interior del reactor.

25

2.- Método para el procesado de Nanopartículas de Carbono a partir de Grafito o Magnesio a partir de Óxido de Magnesio, según la reivindicación 1 caracterizado porque en el caso de ser la sustancia sólida a sublimar Óxido de Magnesio las partículas positivas Mg^{+2} en estado gaseoso se aceleran, siguiendo las líneas de flujo del campo magnético, debido a la presencia de una diferencia de potencial eléctrico.

30

3.- Reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura según el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 2, caracterizado porque comprende una cavidad cónica invertida (1) dotada de una ventana de cuarzo (3) que penetra radiación solar a su través, que en su extremo inferior presenta el punto focal (4) y una espiral plana (6) de posición inclinada, que envuelve el punto focal (4)

que coincide con el extremo superior de una barra (9) o pieza del producto a sublimar, que está soportado por unos medios de desplazamiento que se desplazan o mueven a medida que se va consumiendo el producto a sublimar, donde la cavidad cónica (1) cuenta con unos conductos de aporte (13) (14) de un gas noble y una ventana (8) de salida del producto sublimado, quedando enfrente de dicha ventana (8) una zona de sublimación inversa formada por una lámina o plato hueco (18) de Cobre que enfriada sirve de soporte de cristalización del vapor del producto sublimado, presentando la zona de sublimación unas ventanas o bocas de evacuación (23) a ambos lados de la lámina o plato hueco (18); donde el conjunto formado por la cavidad cónica invertida (1) y la zona de sublimación está dispuesto sobre unos paramentos aislantes (16).

4.- Reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura, según la reivindicación 3 caracterizado porque la sección del conductor de dicha pieza espiral (6) cuenta con unos conductos de refrigeración (7) que transportan agua de refrigeración, donde el dispositivo de inducción es de alta frecuencia y no dispone de núcleo.

5.- Reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura, según la reivindicación 3 caracterizado porque la zona de sublimación inversa comprende una lámina o plato hueco (18) de Cobre colocado de manera enfrentada a la ventana (8) de evacuación, estando dicha lámina o plato hueco (18) refrigerada por medio de unos conductos de refrigeración (19) interiores.

6.- Reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura, según reivindicación 3 caracterizado porque dispone de una turbina de vapor que recicla la energía proveniente de la refrigeración del plato (18) y la espiral inductora (6).

7.- Reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura, según la reivindicación 5 caracterizado porque el plato hueco de Cobre (18) está dopado con partículas de Hierro, Cobalto o Níquel.

8.- Uso del reactor de inducción eléctrica y concentración solar para el procesado de materiales de alta temperatura según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7 caracterizado porque se utiliza la refrigeración de la espiral plana (6) inductora, de la lámina o plato hueco (18) para producir agua caliente utilizable en edificaciones industriales o de viviendas.

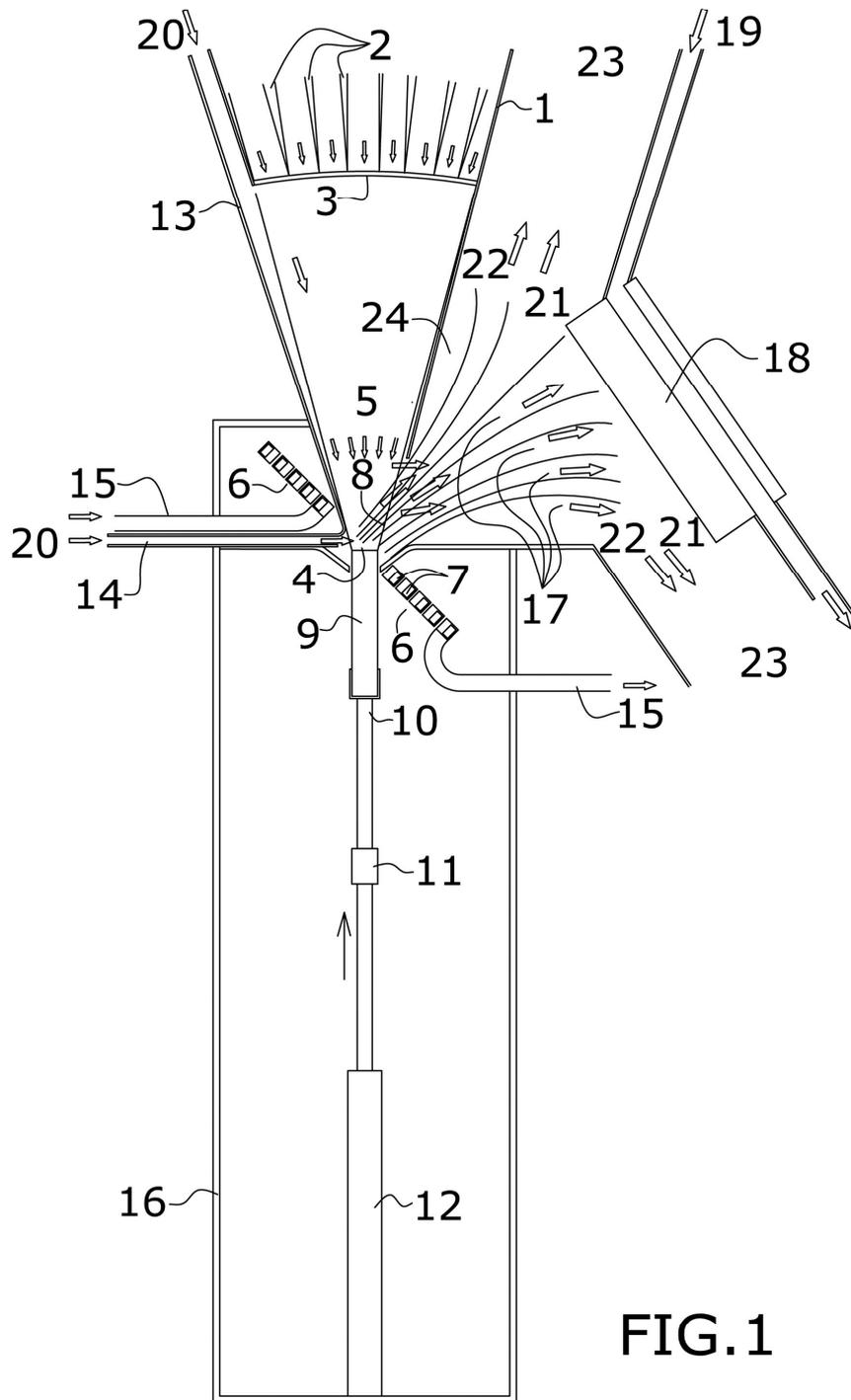


FIG.1

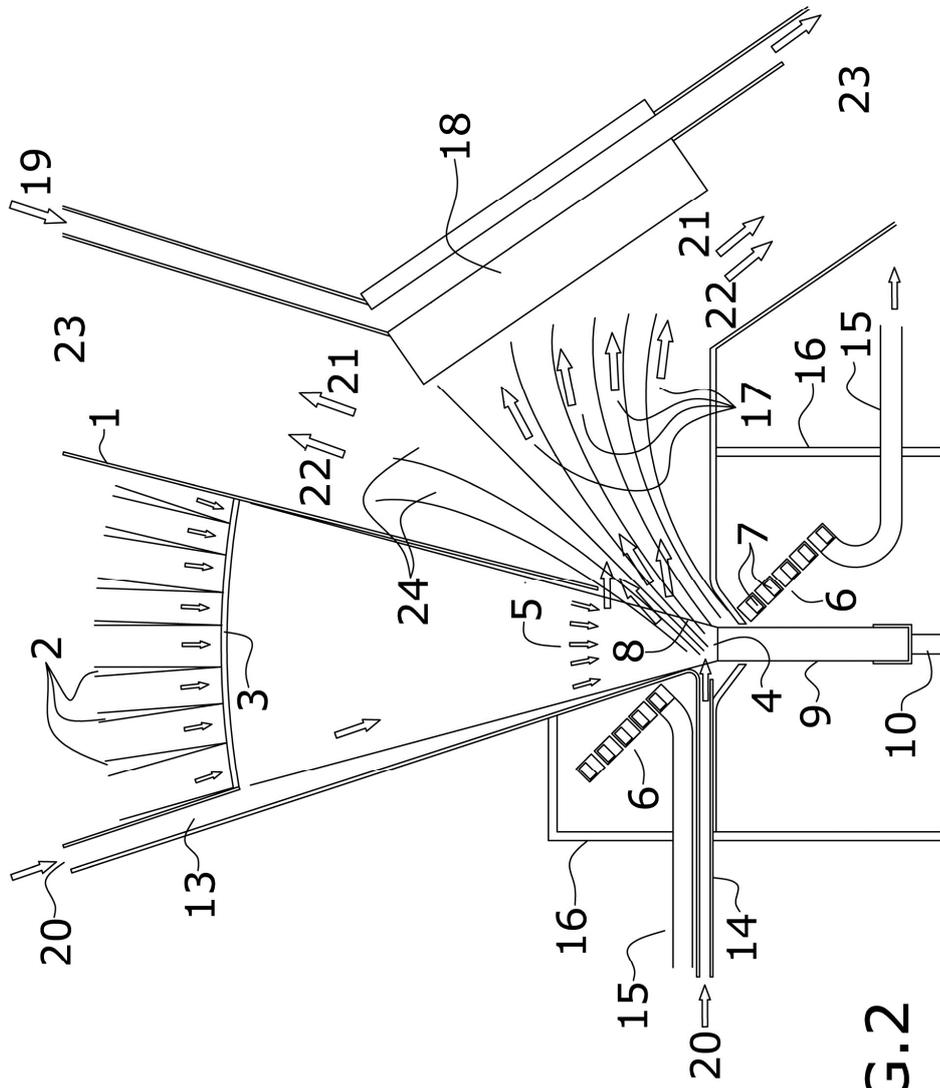


FIG.2

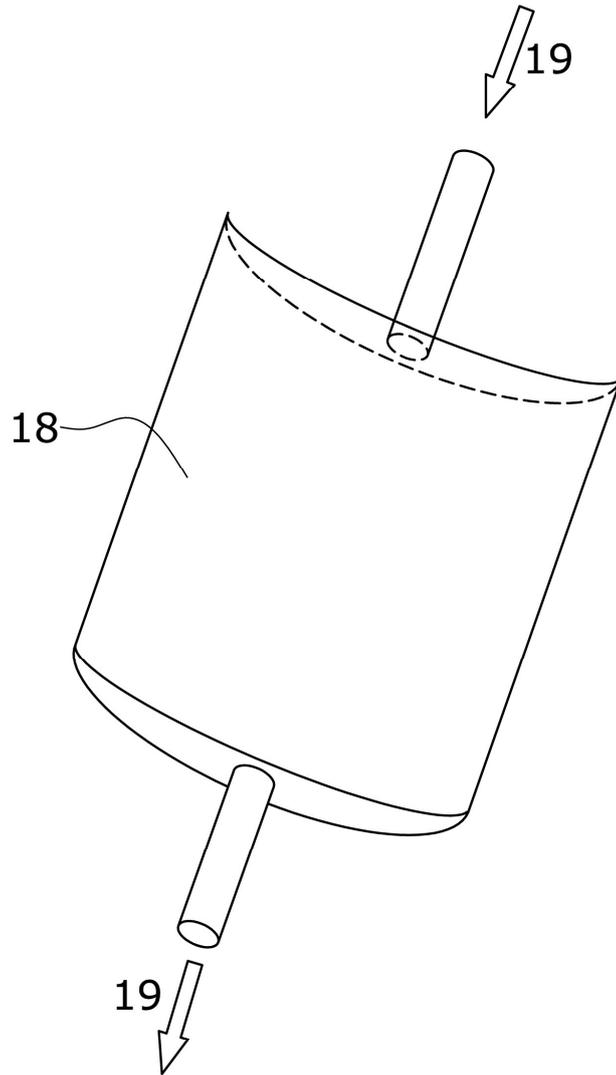


FIG.3

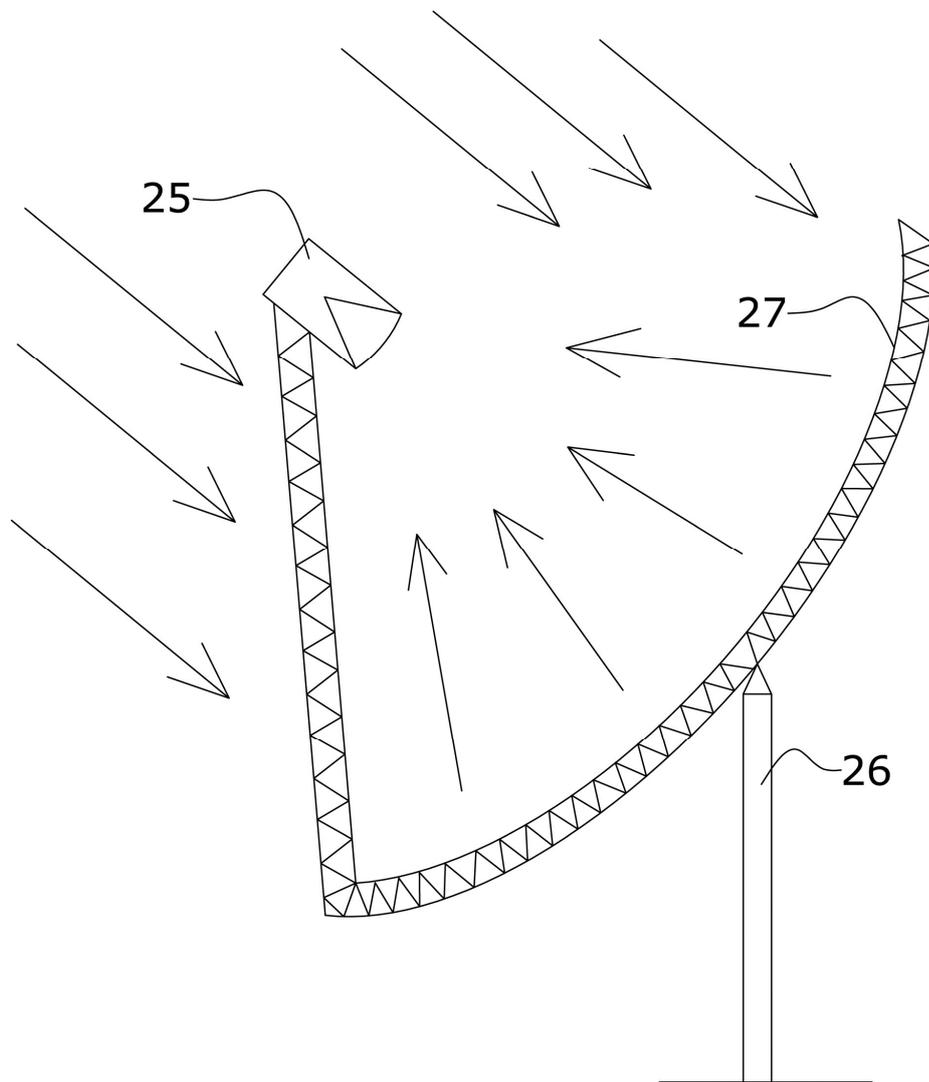


FIG.4

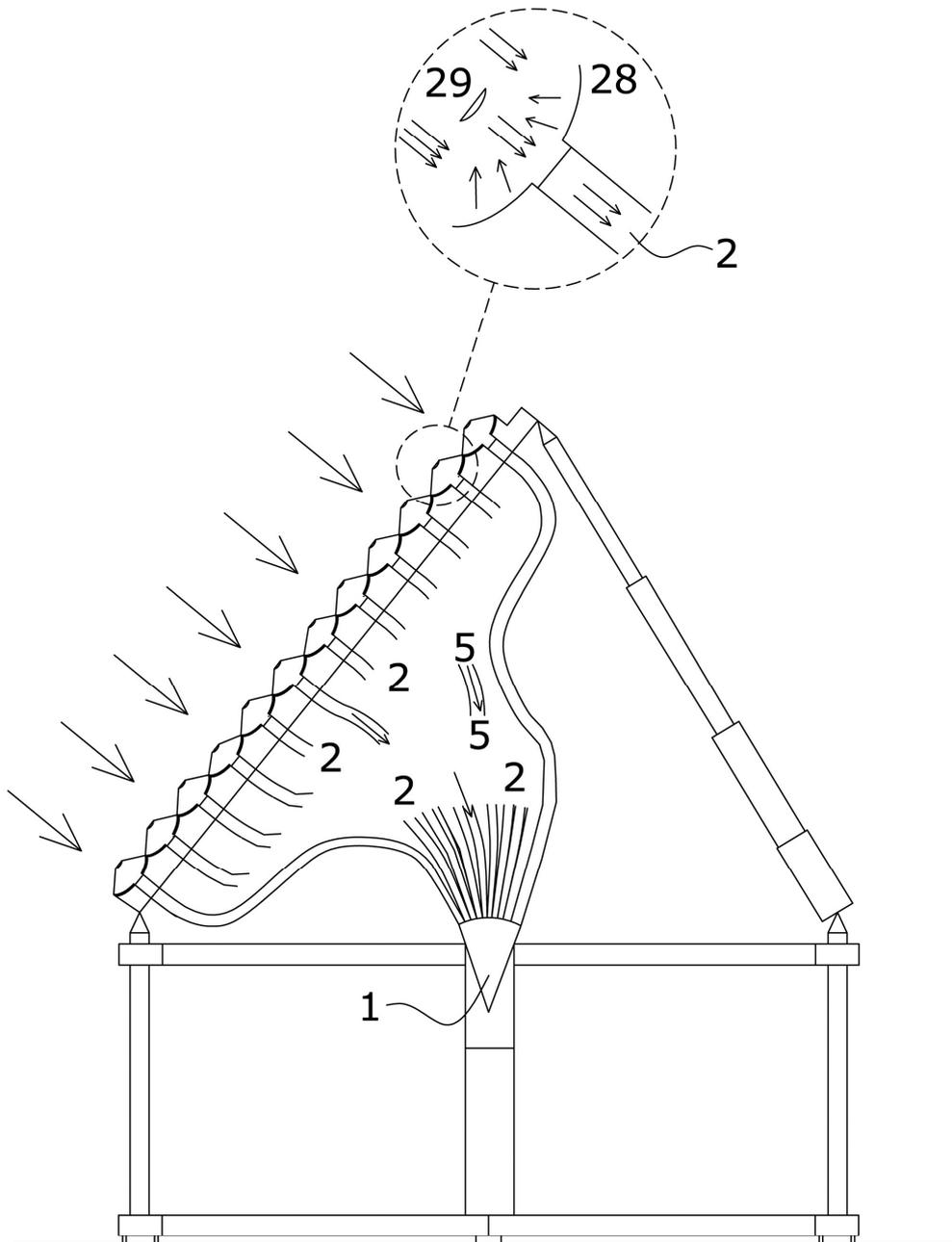


FIG.5

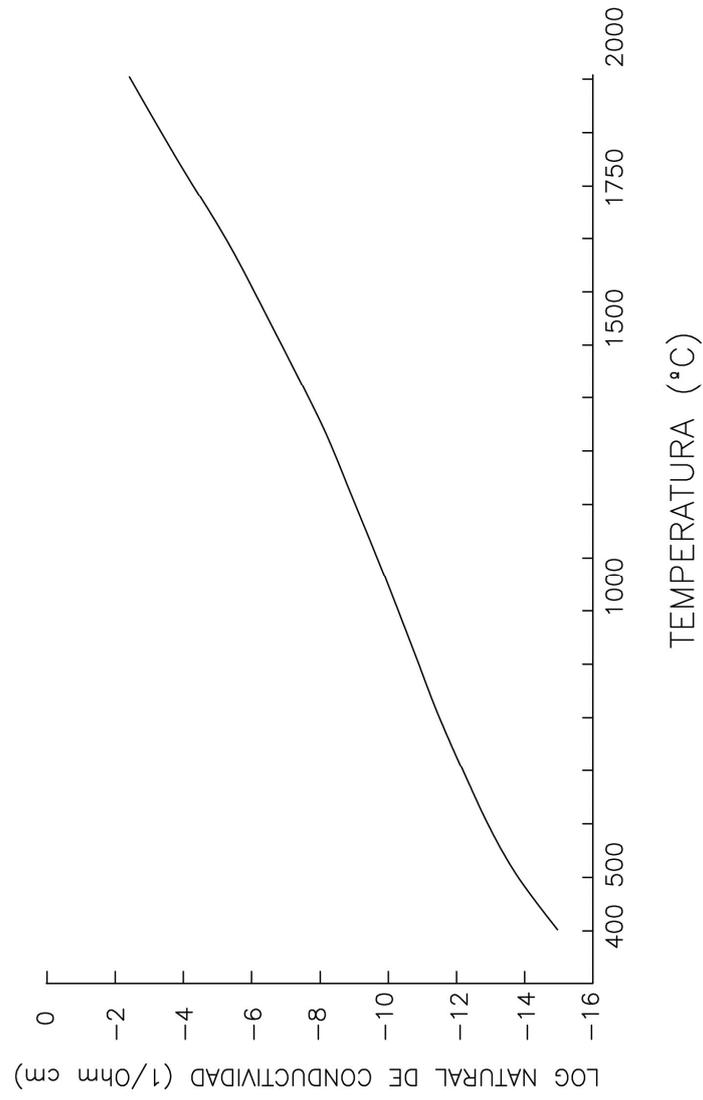


FIG.7

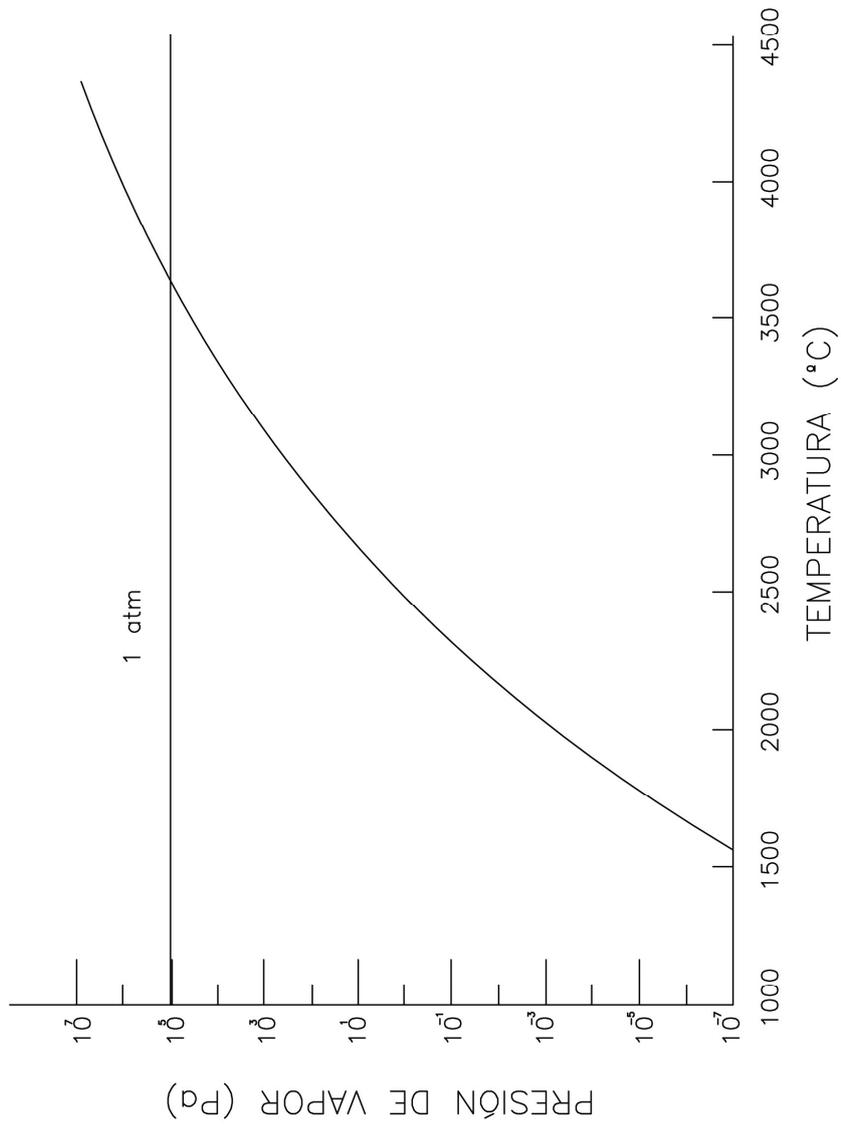


FIG.8



②① N.º solicitud: 201630613

②② Fecha de presentación de la solicitud: 11.05.2016

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	US 6077401 A (FIELDS CLARK L et al.) 20/06/2000, Reivindicación 1.	1-2
A	WO 2013025640 A2 (MCALISTER TECHNOLOGIES LLC et al.) 21/02/2013, Figura R4-1, párrafos [00130 - 00131].	3-8
A	EP 1428794 A2 (SCHIAVON MAURO) 16/06/2004, Párrafo [0008]; reivindicaciones 1 y 6	1-8
A	FR 2710049 A1 (ARMINES) 24/03/1995, Descripción; figuras 1 - 2.	3-8

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
28.06.2017

Examinador
E. P. Pina Martínez

Página
1/5

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B82Y40/00 (2011.01)

C01B31/02 ()

C22B26/22 (2006.01)

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

B82Y, C01B, C22B

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

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.06.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 6077401 A (FIELDS CLARK L et al.)	20.06.2000
D02	WO 2013025640 A2 (MCALISTER TECHNOLOGIES LLC et al.)	21.02.2013
D03	EP 1428794 A2 (SCHIAVON MAURO)	16.06.2004
D04	FR 2710049 A1 (ARMINES)	24.03.1995

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaraciónReivindicaciones 1-2

Se considera D01 el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la reivindicación 1, si bien no afecta a su patentabilidad.

El documento D01 describe el siguiente método (ver reivindicación 1 en D01):

Método para el procesado de nanotubos de carbono a partir de grafito que comprende las siguientes etapas

-introducción de la radiación solar en el interior de un reactor convergiendo esta radiación hacia una zona focal situada en dicho reactor.

-introducción de un gas inerte en el reactor.

-introducción de grafito en dicho reactor y colocación de este material en la citada zona focal.

-calentamiento de la superficie de la mencionada sustancia mediante concentración de la radiación solar en dicha zona focal,

La principal diferencia entre este método y el método reivindicado reside en la presencia en este último de una etapa de calentamiento por efecto Joule por inducción magnética, en la que las líneas de campo forman un cierto ángulo con respecto a la dirección de la radiación solar en la zona focal.

Esta diferencia tiene como efecto técnico la evacuación del material vaporizado en la dirección de las líneas de campo.

El problema técnico objetivo asociado que se resuelve con esta diferencia es la eliminación de la sombra que las partículas vaporizadas producen sobre la zona de reacción, con la consiguiente mejora de la eficiencia energética del proceso.

Se han analizado otros documentos del estado de la técnica, tales como los documentos D03-D04 y, pese a existir en ellos características técnicas comunes con el método objeto de la reivindicación 1, no parece existir ninguna indicación en dichos documentos que hubiera podido conducir al experto en la materia a combinarlos para modificar lo descrito en D01 y así llegar al método objeto de la reivindicación 3.

En conclusión, se considera que tanto la reivindicación independiente 1 como su reivindicación dependiente 2, son nuevas y presentan actividad inventiva de acuerdo con lo establecido en los artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicaciones 3-7

Se considera D02 el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la reivindicación 3. En relación con su contenido, D02 describe el siguiente dispositivo (se incluyen entre paréntesis referencias a D02, ver figura R4-1 y párr. [00130] y [00131]):

Reactor para el procesado de materiales de alta temperatura que comprende:

-un colector solar (4101) con un elemento focalizador de la radiación solar sobre la zona de reacción (4111)

-una fuente suplementaria de calor consistente en un inductor (4181) que se sitúa sobre la zona de inducción y proporciona calor a la zona de reacción cuando la energía solar no es suficiente para mantener la reacción.

La principal diferencia entre este reactor y el reivindicado en la solicitud reside en la disposición particular de la bobina de inducción con respecto al eje del concentrador solar en la zona de reacción.

Mientras que en el documento D01 no se encuentran datos concretos sobre la ubicación del inductor cuando se coloca sobre la zona de reacción, en la solicitud se reivindica una posición de la espira tal que envuelve el punto focal y se encuentra inclinada respecto al eje del concentrador solar.

Esta posición de la espira tiene como efecto técnico la evacuación del vapor ionizado en la dirección de las líneas del campo magnético generado por la bobina de inducción, es decir, retirándose de la zona de concentración solar.

El problema técnico objetivo asociado con dicho efecto técnico, sería cómo evitar la sombra que producen las partículas vaporizadas en la zona de reacción, y por consiguiente, cómo mejorar la eficiencia del proceso que tiene lugar en el reactor.

Se han analizado otros documentos del estado de la técnica, tales como los documentos D03-D04 y, pese a existir en ellos características técnicas comunes con el reactor objeto de la reivindicación 3, no parece existir ninguna indicación en dichos documentos que hubiera podido conducir al experto en la materia a combinarlos para modificar lo descrito en D01 y así llegar a la invención objeto de la reivindicación 1.

En conclusión se considera que la reivindicación independiente 3, y por consiguiente las reivindicaciones 4-7, dependientes directa o indirectamente de ella, son nuevas y presentan actividad inventiva de acuerdo con lo establecido en los artículos 6.1 y 8.1 de la Ley de Patentes 11/1986.

Reivindicación 8

La reivindicación 8, dirigida a proteger un uso particular del reactor de las reivindicaciones 3-7, nuevo y con actividad inventiva, satisface asimismo los requisitos de novedad y actividad inventiva (art. 6.1 y 8.1 de la Ley 11/86).

En conclusión, a la vista del estado de la técnica anterior, la solicitud satisface los requisitos de patentabilidad que se establecen en el art. 4.1 de la Ley 11/86.