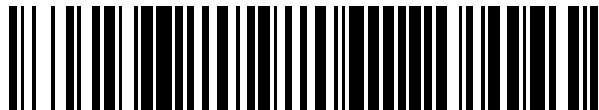


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 624 187**

51 Int. Cl.:

F28D 20/02 (2006.01)

F28F 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.08.2012 PCT/AU2012/000938**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.02.2013 WO13020176**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.08.2012 E 12821890 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.02.2017 EP 2764316**

54 Título: **Aparato de almacenamiento de energía térmica**

30 Prioridad:
09.08.2011 US 201161521487 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2017

73 Titular/es:
**Climate Change Technologies Pty Ltd (100.0%)
474A Anzac Highway
Adelaide SA 5083, AU**

72 Inventor/es:
**PARKINSON, NEIL y
GLYNN, PATRICK JOSEPH**

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 624 187 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

Aparato de almacenamiento de energía térmica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un aparato de almacenamiento de energía térmica.

10 El documento WO20011/017767 divulga un aparato de almacenamiento de energía térmica que tiene las características del preámbulo de la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

15 Ha habido un impulso en los últimos años para alejarse del empleo de combustibles fósiles como fuente de energía. Este movimiento hacia lo que se caracteriza por lo general como fuentes de combustible más limpias ha experimentado un desarrollo significativo en el uso de energía solar o eólica como medio para proporcionar formas de energía aprovechables.

20 Debido a su naturaleza, la mayor dificultad de la energía solar es el hecho de que en ciertos momentos del día, el sol no puede proporcionar el flujo de fotones necesario a los diferentes dispositivos que utilizan la energía solar. De forma similar, las turbinas eólicas y similares solo son eficaces cuando se produce suficiente resistencia eólica que las active.

25 El suministro de energía interrumpido o inconsistente desde una fuente hace que sea, en muchos casos, poco fiable y también poco económica.

Además, en ciertas ocasiones, los rayos de sol pueden incidir tan en exceso que el calor y la energía resultantes se disipan como excedentes, en lugar de ser útiles para el dispositivo de alimentación solar.

30 Un intento pasado que abordaba las dificultades anteriores empleó un material metaloide de silicio como medio para almacenar la energía térmica dentro del material que habría de emplearse posteriormente, por ejemplo, cuando ya no estaba disponible la entrada de energía solar, tal como durante las tardes o los días de inclemencias meteorológicas. Durante el pico de actividad solar el material metaloide de silicio absorbía la energía térmica conforme sufría un cambio de fase de sólido a líquido.

35 El material metaloide de silicio se caracteriza en parte por la propiedad de que al someterse a un cambio de fase de líquido a sólido, se produce una dilatación del material en lugar de una contracción, como habría de esperarse para la mayoría de los demás materiales.

40 La energía térmica almacenada en el interior del material metaloide de silicio podría convertirse en actividad eléctrica y/o mecánica a través de dispositivos eléctricos tales como un motor Stirling y otros, proporcionando así una fuente de alimentación en los momentos en los que la actividad solar no estuviera disponible.

45 Una desventaja del material metaloide de silicio es que requiere un cuidado y entendimiento significativos de su transformación física durante su dilatación y contracción, pues absorbe y libera la energía térmica durante los cambios de fase. La dilatación y contracción del material metaloide de silicio crea una acumulación significativa de presión en la carcasa en la que esté colocado. Por ejemplo, si el material metaloide de silicio en forma de lingotes se coloca directamente haciendo contacto con un material absorbente de calor refractario tal como un grafito, el metaloide será absorbido por el grafito al someterse a un cambio de fase a su forma líquida. Si el metaloide de silicio se almacena en una carcasa separada antes de insertarse en el material refractario, la acumulación continua de presión y la rotura de los lingotes metaloides de silicio mientras se someten a los cambios de fase pueden producir fisuras en la carcasa.

50 Si los lingotes están almacenados en el interior de carcasas separadas, también será necesario que la carcasa de los lingotes metaloides de silicio transporte eficazmente el calor, liberado durante el cambio de fase del material metaloide de silicio, al grafito circundante.

55 La solicitud PCT PCT/AU2010/001035 (publicada como WO 2011/017767), cuyos contenidos se incorporan en la presente por referencia en su totalidad, buscaba abordar estos problemas proporcionando una carcasa en forma de recipiente alargado formado con cerámica, incluyendo el recipiente alargado una cavidad de dispersión de presión y una serie de ranuras en uno de sus extremos, actuando la serie de ranuras como un dissipador de calor. En el aparato de almacenamiento de energía térmica descrito en PCT/AU2010/001035, se usa una serie de tales recipientes para almacenar el metaloide de silicio, y están embalados en una disposición intercalada con una serie de varillas de grafito sinterizado. Sin embargo, se ha hallado que en tal disposición los recipientes son propensos a romperse, particularmente en la región de las ranuras.

60

65

Sería deseable superar o mitigar las dificultades mencionadas anteriormente, o al menos proporcionar una alternativa útil.

Sumario de la invención

5 De conformidad con un aspecto de la presente invención, se proporciona un aparato de almacenamiento de energía térmica que incluye:

10 un bloque de material absorbente de calor, y

una pluralidad de elementos de almacenamiento térmico, incluyendo los elementos de almacenamiento térmico un material de cambio de fase almacenado en un vaso de contención;

15 en el que cada elemento de almacenamiento térmico está en contacto térmico con el bloque de material absorbente de calor, en el que

el bloque es un bloque contiguo de material comprimido en forma de grafito sinterizado y mecanizable; y en el que

20 cada elemento de almacenamiento se recibe en un respectivo orificio mecanizado en el bloque.

En una realización, el bloque de material absorbente de calor incluye una región de almacenamiento térmico que tiene una primera pluralidad de orificios formada en la misma, estando asentados los elementos de almacenamiento térmico en dichos respectivos orificios.

25 En un ejemplo de la invención, los orificios están formados con intervalos predeterminados entre los mismos. Los intervalos predeterminados pueden elegirse para optimizar el transporte térmico en la región de almacenamiento térmico.

30 El aparato de almacenamiento de energía térmica puede incluir además uno o más elementos calefactores que están en contacto térmico con la región de almacenamiento térmico. El uno o más elementos calefactores pueden asentarse en una segunda pluralidad de orificios de la región de almacenamiento térmico.

35 Preferentemente, los elementos calefactores son elementos calefactores eléctricos. Los elementos calefactores pueden controlarse individualmente para suministrar diferentes cantidades de calor a diferentes zonas de la región de almacenamiento térmico. El aparato puede comprender también uno o más sensores de temperatura asociados con cada una de las diferentes zonas de la región de almacenamiento térmico.

40 El aparato puede comprender además medios para extraer el calor de los elementos de almacenamiento térmico, incluyendo, por ejemplo, un motor térmico de ciclo cerrado asociado con el bloque de material absorbente de calor. El motor térmico de ciclo cerrado puede ser un motor térmico de ciclo de Carnot.

45 Como se usa en el presente documento, un motor térmico de ciclo de Carnot se refiere a cualquier motor térmico de ciclo cerrado que funcione de acuerdo con la expansión y compresión de un gas de trabajo. Entre los ejemplos de motores térmicos de ciclo de Carnot se incluyen los motores Stirling y los motores Brayton.

En un ejemplo, el motor térmico de ciclo cerrado es un motor Stirling que está acoplado a la región de almacenamiento térmico a través de una mecha.

50 Un material de cambio de fase preferente para su uso con las realizaciones de la invención incluye un metaloide de silicio o una composición de silicio eutéctica, hipereutéctica o hipoeutéctica.

En el presente documento se divulga también un vaso de contención para un material de cambio de fase, que incluye:

55 una pared lateral sustancialmente cilíndrica, un primer extremo, y un segundo extremo;

en el que la pared lateral tiene un grosor que aumenta a lo largo de su longitud desde el primer extremo hasta el segundo extremo, de modo que, al someterse a un cambio de fase, el material de cambio de fase preferentemente se expande en la dirección del primer extremo.

60 La pared lateral incluye preferentemente carburo de silicio. Preferentemente, la pared lateral está formada a partir de partículas que tienen una distribución del tamaño de las partículas que abarca el intervalo de aproximadamente 8 US Malla hasta los -200 US Malla. En realizaciones preferentes, la pared lateral incluye no menos del 90 % de carburo de silicio.

65

Las realizaciones del vaso de contención pueden emplearse ventajosamente con realizaciones del aparato de almacenamiento de energía térmica como se describe en el presente documento.

- 5 En el presente documento también se divulga un método de fabricación de un vaso de contención para un material de cambio de fase, teniendo el vaso de contención un cuerpo que incluye carburo de silicio, incluyendo el método:

10 combinar partículas de carburo de silicio con un aglutinante; y
calentar las partículas en un horno de acuerdo con un programa de secado que incluye etapas de duración y temperatura predeterminadas;
en el que la duración predeterminada es suficiente para formar enlaces entre las partículas por todo el cuerpo del vaso de contención.

15 En el presente documento también se divulga un método para almacenar la energía térmica, que incluye:

proporcionar un bloque de material absorbente de calor; y
colocar una pluralidad de elementos de almacenamiento térmico en contacto térmico con el bloque;
en el que los elementos de almacenamiento térmico incluyen un material de cambio de fase almacenado en un vaso de contención.

20 El material de cambio de fase puede incluir un metaloide de silicio o una composición de silicio eutéctica, hipereutéctica o hipoeutéctica. El vaso de contención puede comprender carburo de silicio.

25 Preferentemente, el método incluye incorporar los elementos de almacenamiento térmico en el bloque. Por ejemplo, el método puede incluir proporcionar una región de almacenamiento térmico formando una pluralidad de orificios en el material absorbente de calor para recibir uno o más de los elementos de almacenamiento térmico. Puede proporcionarse una pluralidad de elementos calefactores en la región de almacenamiento térmico.

30 En una realización, los elementos calefactores se controlan individualmente para suministrar diferentes cantidades de calor a las diferentes zonas de la región de almacenamiento térmico.

En un ejemplo, el método incluye además mantener la fracción de fusión del material de cambio de fase entre el 1 % y el 99 %.

35 Breve descripción de los dibujos

A continuación se describirán las realizaciones preferentes de la invención, únicamente a título de ejemplos no limitantes, en relación con los dibujos que acompañan, en los que:

40 la figura 1 muestra una realización de un aparato de almacenamiento de energía térmica;
la figura 2 es una sección transversal a través de un vaso de contención para su uso con el aparato de almacenamiento de energía térmica de la figura 1;
la figura 3 es una sección transversal a través de la línea A-A de la figura 2;
la figura 4 muestra una mecha térmica para su uso con el aparato de almacenamiento térmico de la figura 1;
45 la figura 5 es una vista en planta delantera de la mecha de la figura 4;
la figura 6 es una sección transversal a través de la línea C-C de la figura 5;
la figura 7 muestra un aparato alternativo de almacenamiento de energía térmica;
la figura 8 es una vista en planta superior del aparato de la figura 7;
la figura 9 es una sección transversal a través de la línea B-B de la figura 8;
50 la figura 10 muestra las curvas temperatura frente a las curvas de tiempo registradas durante los ensayos con un vaso de contención.

Descripción detallada de las realizaciones preferentes

55 Para empezar, en relación con la figura 1, se muestra un aparato 10 de almacenamiento de energía térmica que incluye un bloque 12 de material absorbente de calor. El bloque 12 es un bloque contiguo de material absorbente de calor que tiene una pluralidad de orificios 14 formados en el mismo.

60 Tal y como se usa en el presente documento, el término "contiguo" se refiere a una única masa de material, ya sea sólida o porosa, en la que cualesquiera dos puntos del interior de la masa pueden estar unidos por una trayectoria continua.

65 Uno o más elementos de almacenamiento térmico se asientan en el interior de cada uno de los orificios 14, y cada elemento de almacenamiento térmico está en contacto térmico con el bloque 12 del material absorbente de calor. La región del bloque 12 que contiene los elementos de almacenamiento térmico se denominará en el presente documento como región de almacenamiento térmico.

Cada uno de los elementos de almacenamiento térmico incluye un material de cambio de fase, en este caso un metaloide de silicio, almacenado en un vaso de contención. El vaso de contención forma preferentemente un ajuste de interferencia en el interior de los orificios 14.

5 El metaloide de silicio tiene una capacidad de almacenamiento térmico latente de aproximadamente 497 W/kg a una temperatura de 1410 °C. En ciertas circunstancias puede ser ventajoso emplear, en lugar de un metaloide de silicio, una composición de silicio eutéctica (o hipoeutéctica o hipereutéctica) que tenga una capacidad térmica más baja pero también una temperatura de transición de fase más baja. Por ejemplo, una aleación Al-Si eutéctica, que tiene
10 una relación Al:Si de 1:12, tiene una temperatura de transición mucho más baja de 580 °C, mientras que sigue teniendo una capacidad de almacenamiento relativamente grande de aproximadamente 200 W/kg.

15 El material absorbente de calor es un material mecanizable, en particular un grafito sinterizado, que puede incluir un aglutinante u otro material impregnado en el mismo. Los orificios 14 están formados en el bloque 12 mediante perforación precisa usando métodos conocidos en la técnica. La colocación relativa de los orificios 14 se elige para optimizar el transporte de calor en el interior del bloque 12. Las separaciones entre los orificios 14 pueden optimizarse, teniendo en cuenta los coeficientes de dilatación térmica del grafito sinterizado y de los elementos de almacenamiento térmico, mediante métodos conocidos en la técnica. Por ejemplo, las propiedades de transporte térmico del bloque 12 en la región de almacenamiento térmico pueden calcularse usando métodos de los elementos
20 finitos, tales como aquellos incorporados en los módulos de simulación multifísica proporcionados en el software de modelado ANSYS (ANSYS Inc., Canonsburg, Pennsylvania).

25 Mientras que el grafito sinterizado se emplea en las realizaciones descritas en la presente, el experto en la materia apreciará que también son adecuados otros materiales absorbentes de calor, siempre y cuando tengan la conductividad térmica alta adecuada y puedan mecanizarse para adecuarse a los vasos de contención.

30 Por supuesto, sería posible permitir que el bloque 12 del material absorbente de calor se calentara directamente con energía solar, por ejemplo, proporcionando uno o más concentradores solares para enfocar la luz del sol sobre el bloque 12 en una o más ubicaciones. Sin embargo, la provisión de elementos calefactores 20 eléctricos en ubicaciones predeterminadas adyacentes a los elementos de almacenamiento térmico permite llevar a cabo un mayor control sobre el calentamiento del bloque 12.

35 Los elementos calefactores 20 eléctricos se reciben en una segunda pluralidad de orificios en el bloque 12, que forman preferentemente un ajuste de interferencia en el interior de los respectivos de la segunda pluralidad de orificios. Los elementos calefactores 20 se colocan en huecos entre los orificios 14 adyacentes. La segunda pluralidad de orificios también se forma mediante perforación precisa.

40 Se ha hallado que la instalación de los elementos de almacenamiento térmico en un único bloque de material absorbente de calor, por ejemplo mediante orificios perforados con precisión como se ha descrito anteriormente, evita los problemas de rotura asociados a los enfoques anteriores. En particular, en la disposición descrita en PCT/AU2010/001035, la estructura de bloque no está sometida al desplazamiento, durante las fases de calentamiento y enfriamiento, que experimentan las varillas de grafito y los vasos de contención correspondientes. Se cree que este desplazamiento produce tensiones en los vasos de contención, que derivan en roturas. El desplazamiento también deriva en peores propiedades de transporte de calor que las que se obtienen con la
45 realización descrita en la presente, pues esta permite que se creen huecos de aire entre los elementos de almacenamiento térmico y el grafito circundante.

50 Mientras que el aparato 10 de almacenamiento de energía térmica está en funcionamiento, la corriente eléctrica se suministra a los elementos calefactores 20 eléctricos gracias a una fuente de energía externa. Por ejemplo, la corriente puede ser una corriente CC de una matriz fotovoltaica o una corriente CA de una turbina eólica. Al atravesar la corriente los elementos calefactores 20, se produce el calentamiento resistivo del grafito circundante. El calor entonces se transporta al material de cambio de fase de los elementos de almacenamiento térmico a través de las paredes de los vasos de contención, que están en contacto térmico con el bloque de grafito. El metaloide de silicio (o composición de silicio eutéctica, por ejemplo) absorbe el calor sensible hasta que su temperatura alcanza la
55 temperatura de fusión, punto en el que la entrada de calor adicional al metaloide de silicio se almacena como calor de fusión latente. Cuando la fuente de energía externa (solar o eólica) ya no está disponible, o desciende por debajo del nivel requerido para mantener la temperatura del núcleo de los elementos calefactores por encima de la temperatura de fusión, el metaloide de silicio se solidifica. El calor almacenado se libera entonces en el grafito circundante.

60 Los elementos calefactores 20 están formados preferentemente de carburo de silicio, y pueden acoplarse a una fuente de corriente de la manera habitual, por ejemplo, mediante cableado de cobre.

65 Para extraer el calor y realizar el trabajo mecánico y/o eléctrico, el aparato 10 puede estar acoplado a un motor de térmico de ciclo de Carnot, tal como un motor Stirling o un motor Brayton, mediante una mecha 200 que está en contacto térmico con el bloque 12. Cuando la región de almacenamiento térmico está a una temperatura más alta

que la cabeza del motor térmico, el calor se transporta desde la región de almacenamiento térmico mediante conducción térmica a través de la mecha 200.

La mecha 200, como se muestra más particularmente en las figuras 4 a 6, incluye una pluralidad de orificios pasantes 210 y una perforación ciega 212. Estos se proporcionan para permitir la ubicación positiva de las protuberancias correspondientes en la cabeza del motor Stirling y acoplar mecánicamente la cabeza y la mecha, y para asegurar el contacto térmico apropiado entre el motor Stirling y la mecha 200 (y por consiguiente, del bloque 12).

La mecha 200 está preferentemente formada del mismo material que el bloque 12, o al menos de un material que tiene la misma conductividad térmica o una muy similar respecto al material del bloque 12. En la realización descrita actualmente, la mecha 200 está fabricada a partir de un grafito sinterizado mecanizable que puede ser del mismo grado que el grafito sinterizado del bloque 12.

A pesar de que la mecha 200 se muestra como un elemento por separado en las figuras 1 y 4 a 6, será apreciable que la ubicación de las aberturas 210 y 212 puede mecanizarse directamente *in situ* en una superficie del bloque 12. Una mecha 200 por separado puede ser en algunos casos ventajosa para proporcionar un sistema con un mayor grado de modularidad.

Los elementos calefactores 20 pueden controlarse individualmente para suministrar diferentes cantidades de calor a diferentes zonas de la región 12 de material contigua. Cada una de las diferentes zonas puede tener uno o más sensores de temperatura asociados con las mismas. Las lecturas de temperatura de cada sensor pueden comunicarse a un sistema de control (no se muestra), y las lecturas usadas por el sistema de control pueden emplearse para ajustar la corriente eléctrica que fluye a los respectivos elementos calefactores 20, y así, ajustar el grado de calor. Por ejemplo, si las lecturas de temperatura indican que ciertas zonas de la región 12 contigua están a temperaturas muy por encima de la temperatura de transición de fase del metaloide de silicio (u otro material de cambio de fase) mientras que otras están muy por debajo, la corriente que fluye a las respectivas zonas puede ajustarse en consecuencia, de modo que cada zona tiene una temperatura justo por encima de la temperatura de transición de fase. Esto proporciona un almacenamiento energético más eficaz gracias a los elementos de almacenamiento térmico asociados a las respectivas zonas.

A continuación, en relación con las figuras 2 y 3, se muestra un vaso 100 de contención que tiene una pared lateral sustancialmente cilíndrica, con una superficie 102 externa cilíndrica y una superficie 104 interna cónica. El vaso 100 de contención puede sellarse con una cubierta 106, por ejemplo, usando un cemento refractario. La superficie 104 interna se estrecha hacia dentro desde un primer extremo 107 hasta un segundo extremo 108 del vaso 100 de contención, de tal manera que aumenta el grosor de la pared lateral a lo largo de su longitud desde el primer extremo 107 hasta el segundo extremo 108.

Cuando un material de cambio de fase se almacena en el vaso 100 de contención y se expande al someterse a un cambio de fase de líquido a sólido (o viceversa), el material se dilatará preferentemente en la dirección del primer extremo 107 debido al grosor relativamente mayor de la pared lateral en el segundo extremo 108.

Los vasos 100 de contención fabricados con carburo de silicio pueden emplearse para almacenar el metaloide de silicio o las composiciones de silicio eutécticas, para actuar de este modo como un elemento de almacenamiento térmico adecuado para su uso con el aparato de almacenamiento de energía térmica descrito anteriormente. Más adelante se describirán las composiciones de carburo de silicio y los métodos para fabricar los vasos 100 adecuados.

Los inventores han hallado que un ángulo cónico sustancialmente en el intervalo de aproximadamente 1,2 grados a 3,2 grados, más preferentemente de 1,33 grados a 2,92 grados, es adecuado para los vasos de contención fabricados con carburo de silicio y empleados para retener el metaloide de silicio o las composiciones de silicio eutécticas (o hipereutécticas o hipoeutécticas).

A continuación, en relación con las figuras 7 a 9, se muestra un aparato 400 de almacenamiento de energía térmica alternativo que incluye un bloque 402 contiguo de grafito sinterizado. El bloque 402 está intercalado entre capas 441, 442 superiores e inferiores de un material aislante. Las capas 441, 442 pueden emplear diferentes materiales aislantes dependiendo de las temperaturas de funcionamiento que experimentan la parte superior y la parte inferior del aparato 400.

El bloque 402 incluye una pluralidad de regiones 412 de almacenamiento térmico que tienen cada una una pluralidad de orificios 414 formados en las mismas. Como se muestra mejor en la figura 9, cada orificio 414 recibe un par de vasos 100 de contención de carburo de silicio del tipo mostrado en las figuras 2 y 3, colocado uno encima del otro. Los vasos 100 de contención contienen el metaloide de silicio y actúan de este modo como elementos de almacenamiento térmico, como se ha descrito anteriormente.

Cada región 412 de almacenamiento térmico está configurada de manera similar a la región 12 de almacenamiento térmico mostrada en la figura 1, e incluye una pluralidad de elementos calefactores 20 con los que pueden asociarse

los sensores de temperatura, como se ha descrito anteriormente. Así mismo, cada región 412 de almacenamiento térmico está en contacto térmico con una mecha 430 que se acopla a la cabeza de un motor Stirling 450 para extraer del sistema el calor almacenado.

5 *Fabricación de los vasos de contención*

Los vasos de contención se fabricaron empezando con partículas de carburo de silicio de grado refractario que presentaban un contenido de SiC de no menos del 98 % y un contenido de Fe (en todas las formas, incluyendo Fe₂O₃) de no más del 0,2 %. Se midió la granulometría de las partículas de 8 US Malla en descenso hasta los -200 US Malla. La granulometría, por lo general, seguirá una distribución normal o aproximadamente normal, a pesar de que también podrían emplearse otras distribuciones de granulometría conocidas en la técnica.

Se añadió entonces un aglutinante de óxido de cerámica a las partículas de carburo de silicio y se mezclaron el aglutinante y el carburo de silicio de acuerdo con los métodos conocidos en la técnica. El aglutinante empleado en particular fue Al₂O₃, que se añadió a la mezcla al 4 % en peso. Por supuesto, pueden emplearse otros aglutinantes de óxido de cerámica, o incluso aglutinantes no óxidos tales como nitruro de silicio, y se entenderá que la proporción del aglutinante ha de ajustarse en consecuencia. Así mismo, las partículas de carburo de silicio pueden estar autoenlazadas, de modo que en ciertas circunstancias puede omitirse por completo un aglutinante.

La mezcla de carburo de silicio y el aglutinante se sometieron a moldeo por presión para formar un cilindro con una superficie interna cónica, como se muestra en la figura 2.

El cilindro sometido a moldeo por presión se colocó entonces en un horno y se sinterizó de acuerdo con la secuencia de ciclos (segmentos) del programa de cocción del horno de duración y temperatura predeterminadas (punto de referencia objetivo) mostradas en la tabla 1.

Tabla 1: programa de cocción del horno

Segmento #	1	2	3	4	5	6	7	8
Punto de referencia objetivo	100 C	300 C	500 C	800 C	950 C	1100 C	1425 C	1425 C
Tiempo del segmento	30 min	1,5 h	30 min	1 h	1,5 h	1,5 h	1 h	2 h
Segmento #	9	10	11	12	13	14	15	16
Punto de referencia objetivo	900 C	650 C	25 C					
Tiempo del segmento	45 min	45 min	1 h					

Se ha hallado que el programa particular mostrado en la tabla 1 es adecuado para formar los enlaces de cerámica por todo el cuerpo del cilindro de carburo de silicio sinterizado. Será apreciable que el programa puede variar para tener en cuenta varios factores tales como el aglutinante particular empleado, la proporción de aglutinante presente, la distribución de las partículas de carburo de silicio, y demás. En particular, debería tenerse cuidado al ajustar los puntos de referencia objetivos y las duraciones, de modo que el contenido de agua del aglutinante se mantenga a un nivel que facilite la formación del enlace de cerámica. Si la temperatura del horno se eleva demasiado rápido, el agua del aglutinante puede hervir demasiado rápido, comprometiendo de este modo la resistencia del cilindro acabado.

40 *Ensayos con los vasos de contención*

Se fabricaron dos vasos de contención de carburo de silicio de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente. Se colocaron 18 kg de lingotes de metaloide de silicio en cada vaso y los vasos se compactaron entonces en grafito sinterizado dentro de una mufla de carburo de silicio, en un horno industrial de gas. Los vasos se sellaron empleando un mortero refractario de una composición similar a la del material del vaso, con la ayuda de un aglutinante de fosfato. Los inventores también hallaron, a partir de otros ensayos, que el aglutinante de fosfato podía omitirse y que se seguirían consiguiendo resultados satisfactorios.

Se colocó un termopar de tipo R dentro del grafito sinterizado para supervisar la temperatura del núcleo.

Una vez dentro del horno, los vasos se depuraron con gas argón y se ajustaron las cubiertas a cada vaso. Se inició una secuencia de cocción del horno para elevar la temperatura del horno por encima de los 1410 grados C, temperatura de fusión del metaloide de silicio. La temperatura máxima del horno empleada en la secuencia de cocción fue de 1480 grados C.

En la figura 10 se muestran la temperatura del horno y la temperatura del núcleo como función de tiempo. La curva 502 de la temperatura del horno se representa como una línea discontinua, y la curva 602 de la temperatura del núcleo como una línea continua.

5 El horno se encendió inicialmente de tal manera que su temperatura aumentó 503 rápidamente hacia un pico de valor de 1480 grados C. La temperatura del núcleo también aumentó 603 a una velocidad similar cuando el metaloide de silicio absorbió la energía como calor sensible, hasta que la temperatura del núcleo alcanzó los 1410 grados C, punto de fusión del metaloide de silicio. La temperatura del horno se mantuvo 504 a 1480 grados C. La temperatura del núcleo permaneció 604 a 1410 grados C, lo que indicaba que la energía se estaba absorbiendo como calor latente. Esto siguió así hasta que la temperatura del núcleo comenzó a elevarse 605 de nuevo, lo que indicaba que se había conseguido una fracción de fusión del 100 % del metaloide de silicio.

15 Después, el horno se enfrió 505 y volvió a calentarse 506 hasta una temperatura objetivo de 1480 grados C. Como resultado del enfriamiento, la temperatura del núcleo cayó 606 y después volvió a elevarse hasta 1410 grados C como resultado de aumentar la temperatura del horno, lo que indicaba que el metaloide de silicio volvía a absorber el calor sensible. La temperatura del núcleo permaneció 607 a 1410 grados C, mientras que la temperatura del horno se mantuvo 507 a 1480 grados C. La temperatura del núcleo finalmente se elevó 608 de nuevo, lo que indicaba otra vez que se había conseguido una fracción de fusión del 100 %.

20 De manera similar a la anterior, se llevaron a cabo múltiples ciclos de calentamiento y enfriamiento. Después, los vasos de contención se retiraron de la mufla y se inspeccionaron. Se halló que los vasos no habían sufrido ningún daño como resultado de los repetidos ciclos de calentamiento y enfriamiento.

25 Para aquellos expertos en la materia serán aparentes varias modificaciones de las realizaciones anteriores sin desviarse del alcance de la presente invención.

30 A lo largo de toda la presente memoria descriptiva, a no ser que el contexto indique lo contrario, la palabra "comprender", y sus variaciones tales como "comprende", y "comprendiendo", se entenderá que implica la inclusión de un número entero o de una etapa o de un grupo de números enteros o etapas indicados, pero no la exclusión de cualquier otro número entero o etapa o grupo de números enteros o etapas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica, que incluye:
 - 5 un bloque (12) de un material absorbente de calor, y una pluralidad de elementos de almacenamiento térmico, incluyendo los elementos de almacenamiento térmico un material de cambio de fase almacenado en un vaso de contención; en el que cada elemento de almacenamiento térmico está en contacto térmico con el bloque (12) del material absorbente de calor,
 - 10 caracterizado por que el bloque (12) es un bloque (12) contiguo de material comprimido en forma de grafito sinterizado y mecanizable; y cada elemento de almacenamiento se recibe en un respectivo orificio (14) mecanizado en el bloque (12).
- 15 2. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el bloque (12) de material absorbente de calor incluye una región de almacenamiento térmico que tiene una primera pluralidad de orificios (14) formados en la misma, estando asentados los elementos de almacenamiento térmico en unos respectivos de dichos orificios (14).
- 20 3. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que los orificios (14) están formados con intervalos predeterminados entre los mismos.
4. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 3, en el que los intervalos predeterminados se eligen para optimizar el transporte de calor en la región de almacenamiento térmico.
- 25 5. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además uno o más elementos calefactores (20) en contacto térmico con la región de almacenamiento térmico.
- 30 6. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el uno o más elementos calefactores (20) están asentados en una segunda pluralidad de orificios (14) en la región de almacenamiento térmico.
7. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en el que los elementos calefactores (20) son elementos calefactores (20) eléctricos.
8. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que los elementos calefactores (20) pueden controlarse individualmente para suministrar diferentes cantidades de calor a diferentes zonas de la región de almacenamiento térmico.
- 40 9. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 8, que incluye además uno o más sensores de temperatura asociados con las diferentes zonas de la región de almacenamiento térmico.
10. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que incluye además medios para extraer el calor de los elementos de almacenamiento térmico.
- 45 11. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el medio para extraer el calor es un motor térmico de ciclo cerrado acoplado a la región de almacenamiento térmico.
- 50 12. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el motor térmico de ciclo cerrado es un motor térmico de ciclo de Carnot.
13. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el motor térmico de ciclo cerrado es un motor Stirling y el motor Stirling está acoplado a la región de almacenamiento térmico mediante una mecha.
- 55 14. Un aparato (10) de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el material de cambio de fase incluye un metaloide de silicio o una composición de silicio eutéctica, hipereutéctica o hipoeutéctica.
- 60

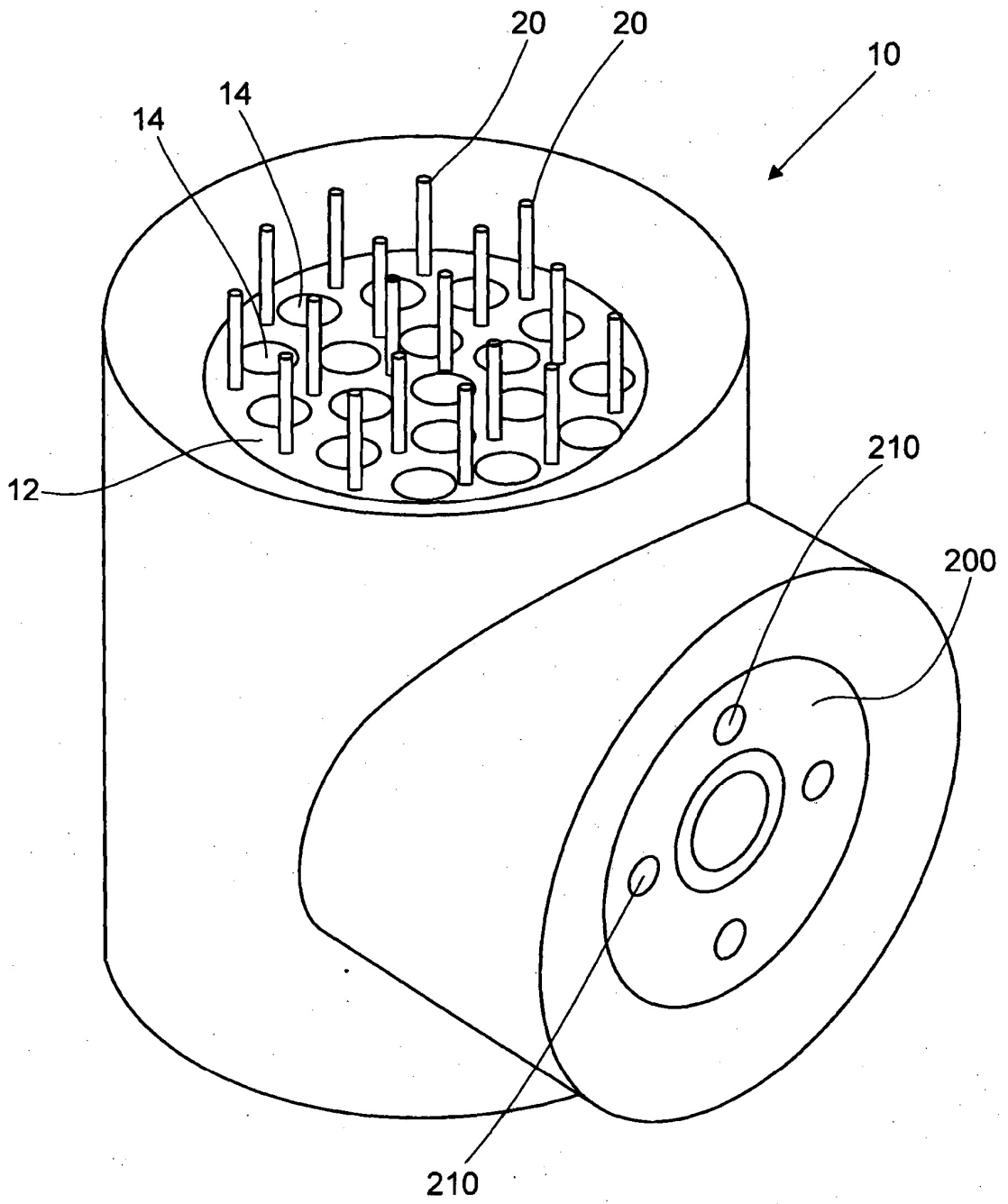


Figura 1

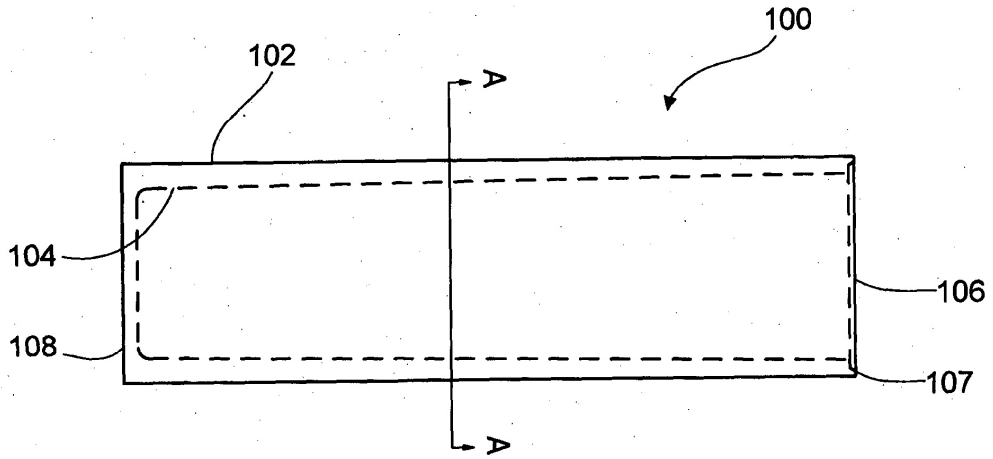


Figura 2

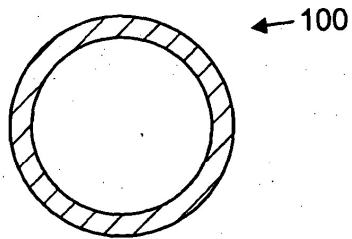


Figura 3

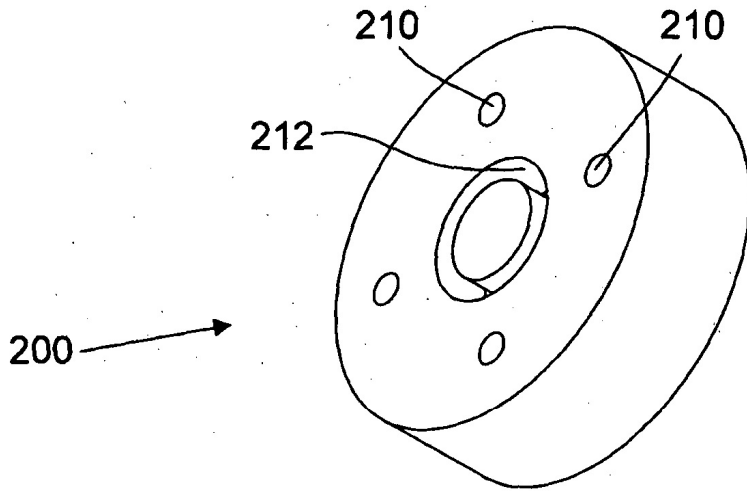


Figura 4

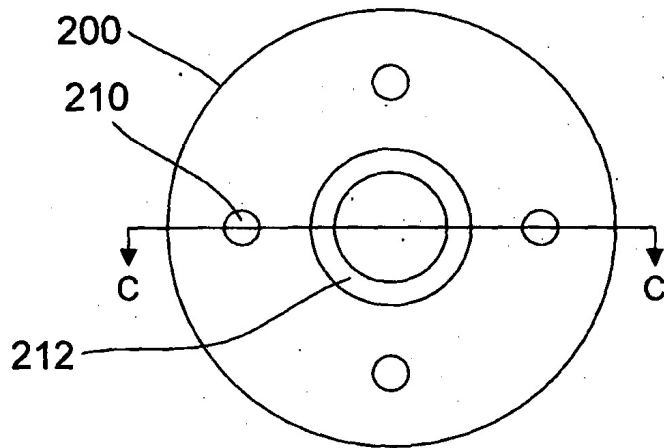


Figura 5

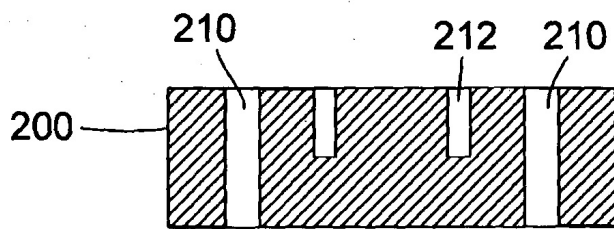


Figura 6

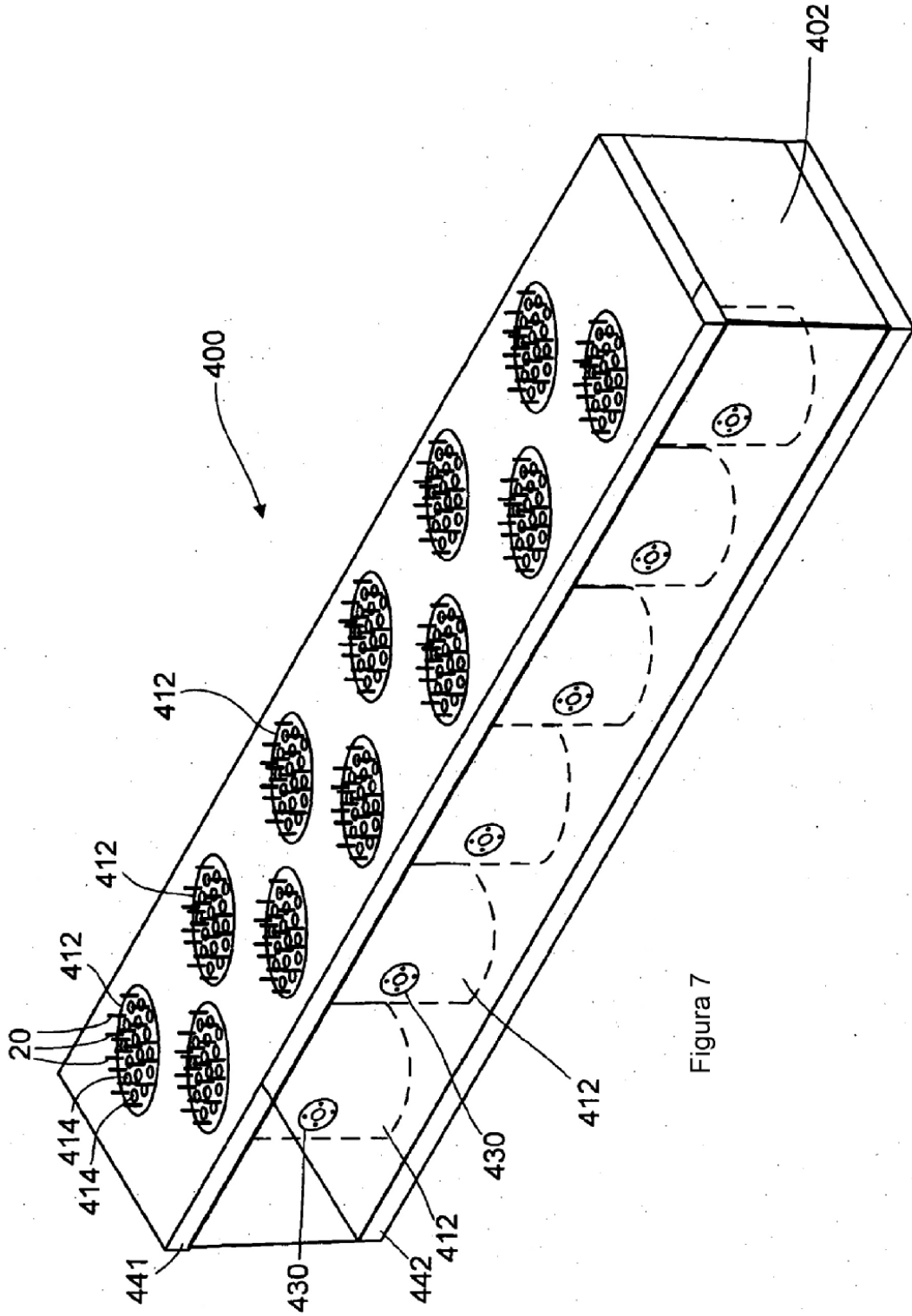


Figura 7

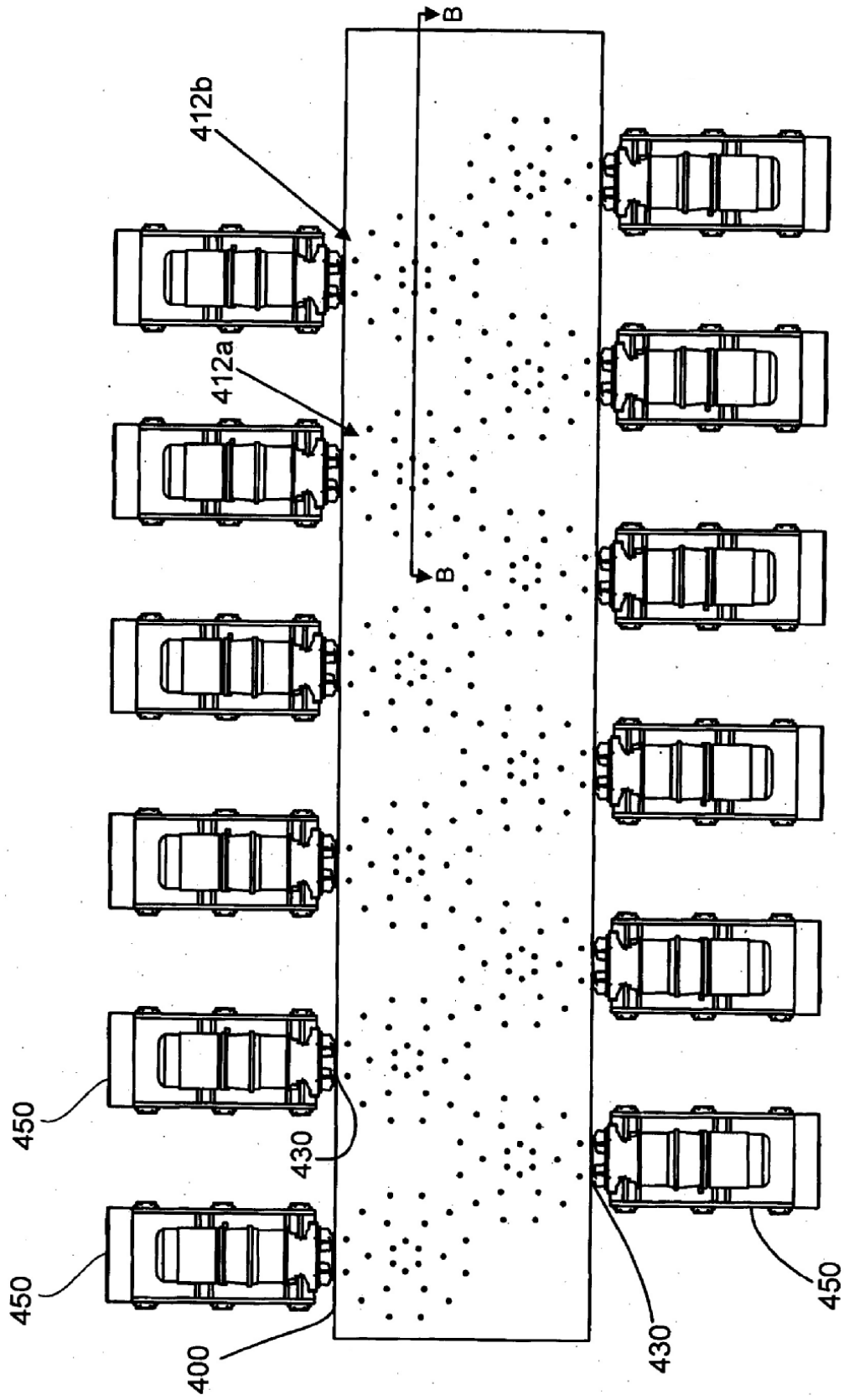


Figura 8

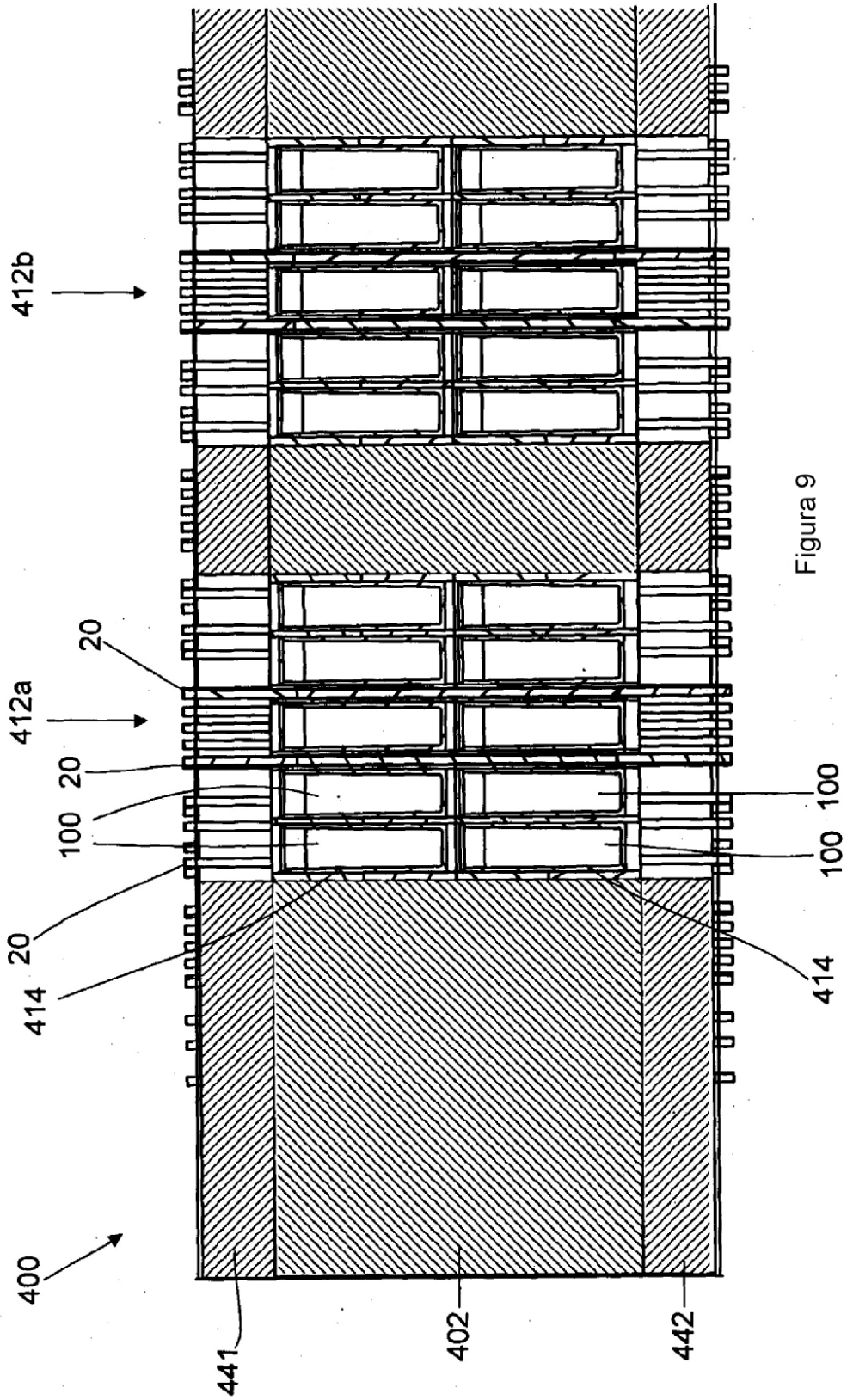


Figura 9

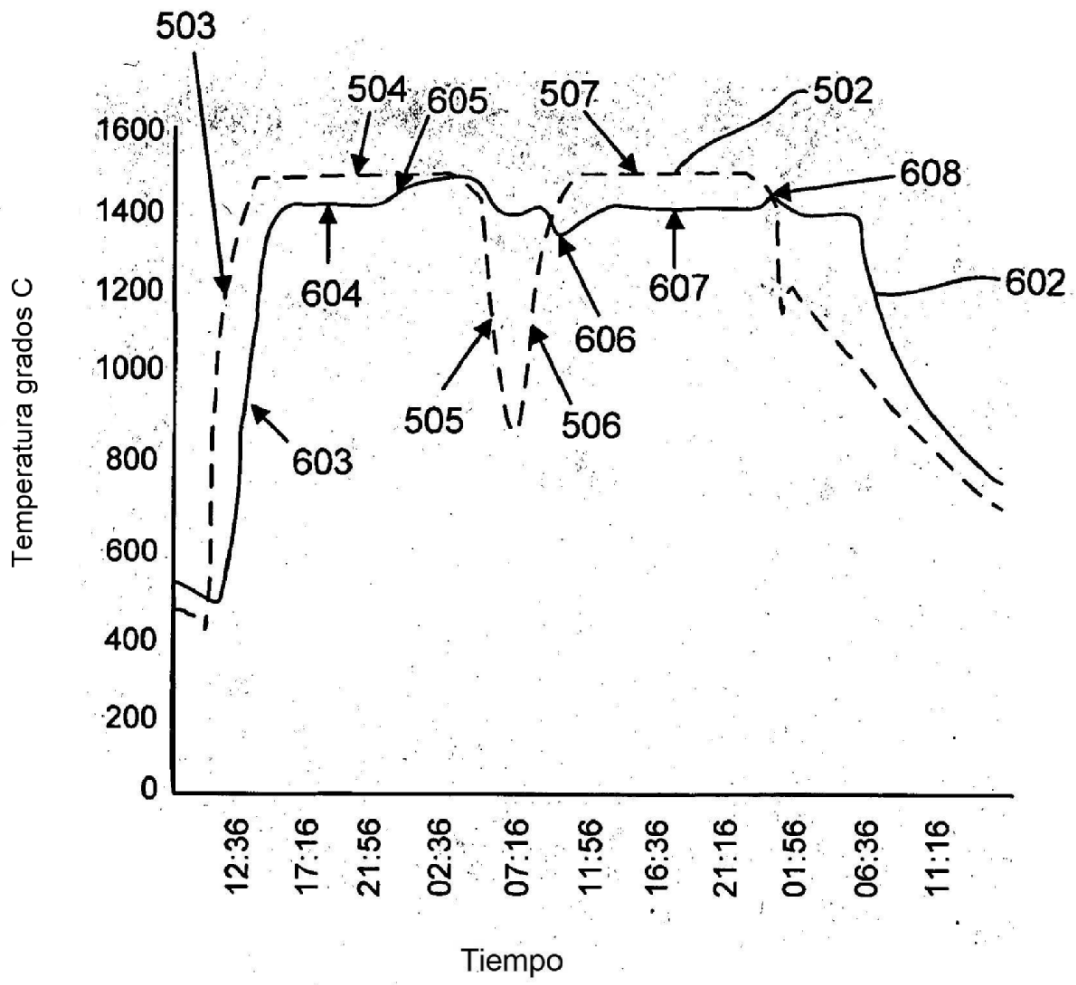


Figura 10