

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 748**

51 Int. Cl.:  
**F28D 20/02** (2006.01)  
**F27B 14/00** (2006.01)  
**F27B 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07021605 .6**  
96 Fecha de presentación: **07.11.2007**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1975537**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **01.10.2008**

54 Título: **Procedimiento para el mezclado continuo y fusión de sales inorgánicas**

30 Prioridad:  
**24.03.2007 DE 102007014230**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.03.2012**

73 Titular/es:  
**DURFERRIT GMBH  
INDUSTRIESTRASSE 3  
68169 MANNHEIM, DE**

72 Inventor/es:  
**Michel, Heinrich y  
Trapp, Hans-Helmut**

74 Agente/Representante:  
**Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 376 748 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).

## DESCRIPCION

Procedimiento para el mezclado continuo y fusión de sales inorgánicas

La invención se refiere a un procedimiento para la fusión continua de sales inorgánicas.

5 Sales inorgánicas fundidas del tipo en cuestión se utilizan en diversas instalaciones industriales como medio de almacenaje de calor o medio de transferencia de calor. Las sales inorgánicas fundidas se utilizan en especial para el almacenaje de calor en centrales solares u otras instalaciones térmicas para el almacenaje de calor excedente de instalaciones de aire de escape, y para la transferencia de calor (calefacción) o descarga de calor (refrigeración) en reactores químicos de escala industrial.

10 En este caso, frente a medios de almacenaje de calor o de transferencia de calor orgánicos, las sales fundidas tienen la ventaja de presentar una capacidad térmica muy elevada (calor específico), y ser empleables también a temperaturas elevadas debido a la baja tendencia a la descomposición, y a los altos puntos de evaporación. Además, las sales inorgánicas son valiosas y empleables mundialmente.

15 En la obtención de energía eléctrica en centrales solares, que ha experimentado un impulso considerable recientemente [Sonne, Wind und Wärme, 11 (2004) 54-56; <http://www.solarmillennium.de>], son empleables sales inorgánicas fundidas como medios de almacenaje de calor.

En este caso, el almacenaje de cantidades de calor obtenidas mediante técnica solar constituye un requisito especial, ya que la generación de energía eléctrica se debe garantizar también durante la noche.

20 Con este fin se emplean, a modo de ejemplo, mezclas de nitrato potásico ( $\text{KNO}_3$ ) y nitrato sódico ( $\text{NaNO}_3$ ) en proporción 40/60 % en peso (punto de fusión aproximadamente  $250^\circ\text{C}$ ) en forma líquida, que se almacenan en depósitos de almacenaje muy grandes, aislados térmicamente. La mezcla de sales fundida se calienta durante el día a una temperatura elevada  $T_1$ , por ejemplo  $400^\circ\text{C}$ , con ayuda de la energía solar almacenada, y se almacena en un tanque de calefacción. Durante la noche se extrae del tanque de calefacción la fusión salina caliente, y se conduce a través de un sistema cambiador de calor, consumiéndose una parte de calor almacenado para la obtención de electricidad por medio de turbinas de vapor. En este caso, la fusión salina se enfría a una temperatura  $T_2$ , por ejemplo  $290^\circ\text{C}$ , y se almacena aún líquida en un tanque de refrigeración a aproximadamente  $290^\circ\text{C}$ . Esta fusión se calienta durante el día a través de una parte de energía solar irradiada, de nuevo a la temperatura elevada de  $400^\circ\text{C}$ , se traslada al tanque de calefacción, pudiéndose repetir el ciclo.

25

30 Los tanques de almacenaje de centrales solares comerciales con aproximadamente 50 megavatios de potencia comprenden, a modo de ejemplo, 30 000 toneladas de fusión de sal de almacenaje, y tienen dimensiones en el orden de magnitud de 30 m de diámetro, y 15 a 20 m de altura.

Para la puesta en funcionamiento de tal sistema de almacenaje de calor, la sal, o bien la mezcla de sales, se debe llevar al menos a la temperatura del tanque de refrigeración.

35 Para la puesta en funcionamiento del sistema de almacenaje de calor de una central solar con aproximadamente 50 megavatios de potencia, esto significa concretamente que se debe calentar a  $290\text{-}300^\circ\text{C}$ , y almacenar en un tanque de almacenaje aislado, una masa de 30 000 toneladas de la mezcla de nitrato potásico/sódico citada anteriormente.

40 Para la fusión de cantidades muy grandes de sales inorgánicas, o bien mezclas de sales, a partir de las materias primas cristalinas, no se pueden emplear hornos de fusión convencionales, o una calefacción en el depósito. La fusión de una cantidad de sales tan grande en el depósito conduciría sólo a fusiones locales, debido a la mala conducción de calor de las materias primas cristalinas, o bien requeriría un tiempo prolongado poco realista, hasta que la cantidad total de sal se hubiera fundido.

Por la US 4 042 318 A es conocido un horno para la fusión de sales inorgánicas, que presenta un tanto interno y un tanque externo, que están engastados. Entre las paredes del tanque se encuentra un medio de calefacción. El espacio interno del tanque interno se subdivide mediante paredes de separación verticales para prolongar el camino de la fusión en el tanque, y ocasionar de este modo una homogeneización de la fusión.

45 La invención tomaba como base la tarea de poner a disposición un procedimiento por medio del cual se pudieran fundir grandes cantidades de sal.

Para la solución de esta tarea están previstas las características de la reivindicación 1. En las sub-reivindicaciones se describen formas de ejecución ventajosas y perfeccionamientos convenientes de la invención.

- La invención se refiere a un procedimiento para la fusión continua de sales inorgánicas. El procedimiento comprende los siguientes pasos de procedimiento: alimentación continua de sales sódicas a través de la unidad de alimentación en un horno, calentamiento de las sales a través de una unidad de alimentación en un horno, calentamiento de las sales en el horno, y generación de una corriente de sales en el horno por medio de una unidad de trasiego. La corriente transcurre en sentido vertical, y está orientada hacia arriba, efectuándose la alimentación de sales sólidas en esta zona. Por medio de la corriente se genera una zona bifásica constituida por sal sólida y fundida, y una segunda zona separada de la misma de una fusión calentada a una temperatura de calentamiento. Paralelamente a la alimentación de las sales sólida, por medio de una unidad de extracción se efectúa la descarga de la fusión de la segunda zona.
- Según la invención se efectúa continuamente la alimentación de sales sólidas o mezclas de sales en el horno de la instalación de calefacción, y paralelamente a esto, del mismo modo de manera continua, se efectúa la descarga de fusión, es decir, sal fundida. Por consiguiente, la instalación de horno según la invención forma un sistema de flujo que posibilita también fundir cantidades muy grandes de sal.
- En este caso, una condición esencial para la función del sistema según la invención es la separación de una zona bifásica constituida por sal sólida y fundida de una segunda zona con la fusión calentada a una temperatura de calentamiento. De este modo se garantiza que la fusión extraída a través de la unidad de extracción de la segunda zona no contiene componentes de sal no fundida, es decir, la sal sólida alimentada se mantiene en la zona bifásica.
- Una ventaja esencial de la invención consiste en que la separación de la zona de fusión de la zona bifásica, en la que están contenidas las sales sólidas, se puede garantizar mediante medidas técnicas de circulación, de modo que el gasto mecánico a tal efecto se puede mantener muy reducido.
- Según la invención, con la unidad de trasiego en el centro del horno se genera una corriente vertical orientada hacia arriba, preferentemente laminar, por medio de la cual se mantienen en la zona bifásica las sales sólidas alimentadas a través de la unidad de alimentación. En un acondicionamiento simple desde el punto de vista de construcción, tal circulación se puede generar con una unidad de trasiego en forma de un mecanismo agitador o una bomba. Alternativa o adicionalmente a esto, en la zona de fondo del horno puede estar prevista una instalación de toberas, por medio de la cual se puede introducir en el horno una corriente gaseosa orientada hacia arriba. Para favorecer esta corriente gaseosa se pueden introducir ventajosamente elementos conductores en el horno. En el más sencillo de los casos, tal elemento conductor está formado por un cilindro conductor abierto por arriba y por abajo, que rodea la unidad de trasiego, y cuyo eje de simetría es preferentemente coaxial al eje de simetría. La corriente orientada hacia arriba en sentido vertical se reúne y refuerza mediante el cilindro conductor circundante. El borde superior del cilindro conductor actúa además como medio de desvío, ya que la masa circulante hacia arriba a través del borde se desvía en el mismo, y entonces circula hacia abajo en la zona marginal del horno.
- Esta corriente favorece además la separación de la zona de fusión de la zona bifásica. Esto se basa en que en la zona central del horno, las sales sólidas alimentadas a través de la unidad de alimentación, preferentemente a través de la tapa del horno, se mantienen en primer lugar en la zona de corriente ascendente generada con la unidad de trasiego, y de este modo se mantienen en la zona bifásica. También tras desvío en la zona superior del cilindro, las partículas circulantes permanecen aún en la zona bifásica. Mediante el prolongado tiempo de residencia de las sales sólidas en la zona bifásica resultante de este modo se garantiza que éstas estén completamente fundidas hasta llegar a la segunda zona situada por debajo de la zona bifásica. De este modo se garantiza que en la segunda zona se encuentre una fusión pura sin sales sólidas.
- Desde esta zona se efectúa la descarga de la fusión calentada a la temperatura de calentamiento deseada. En el más sencillo de los casos, a tal efecto puede estar prevista una salida en forma de una válvula en la zona de fondo, de modo que la fusión se puede extraer allí. No obstante, por motivos de manejo y espacio frecuentemente es deseable efectuar la descarga de la fusión, así como la alimentación de las sales sólidas, a través de la tapa. En este caso se emplean convenientemente unidades de extracción tipo sonda, que sobresalen hacia arriba en la segunda zona, como elevadores de líquido, en especial bombas Mammüt.
- Para el control de la operación de la instalación de horno está prevista ventajosamente una unidad de control. En dependencia de magnitudes de entrada generadas en sistemas de medida apropiados, con la unidad de mando se controla tanto la alimentación de sal sólida, como también la extracción de fusión. En este caso, la alimentación, así como la extracción, se pueden efectuar continua o casi continuamente, es decir, a intervalos de tiempo predeterminados. El control se efectúa preferentemente de modo que durante el funcionamiento de la instalación de horno, la masa de sales contenida en el horno permanece constante al menos aproximadamente. Además, el control se lleva a cabo de modo que se impide que se produzca un exceso de sales sólidas en relación con la fracción de fusión en el horno.
- La invención se explica a continuación por medio de los dibujos. Muestran:

la figura 1: sección longitudinal a través de una forma de ejecución de una instalación de horno para la fusión y mezclado de sales inorgánicas.

La figura 2: sección transversal a través de la instalación de horno según la figura 1.

5 Las figuras 1 y 2 muestran un ejemplo de ejecución de una instalación de horno 1 para el mezclado continuo y la fusión de sales inorgánicas. En el presente caso, en la instalación de horno 1 se efectúa una fusión de una mezcla de sales constituida por nitrato potásico y sódico en proporción de 40/60 % en peso. La instalación de horno 1 comprende un horno 2, en el que se calienta la mezcla de sales a una temperatura de calentamiento de aproximadamente 290°C. El punto de fusión de la mezcla de sales se sitúa en 250°C.

10 El horno 2 está constituido esencialmente por un crisol cilíndrico circular, que aloja la mezcla de sales en su espacio interno. Para el calentamiento de la mezcla de sales, en el presente caso están previstos cuerpos de calefacción tubulares, los denominados tubos de radiación, que están conectados a tubos de escape de gases 4 para la descarga de gases. Los cuerpos de calefacción tubulares 3 se encuentran en el espacio interno del horno 2, y forman en el mismo una disposición en forma de anillo, de giro simétrico respecto al centro del horno 2. En este caso, los cuerpos de calefacción tubulares 3 están dispuestos estrechamente ante el lado interno de las paredes laterales del horno 2.

15 Alternativa o adicionalmente, el horno 2 se puede calentar también mediante elementos de calefacción dispuestos fuera del horno 2. Generalmente, la calefacción del horno 2 se puede efectuar por medio de gas, aceite, aceite pesado o energía eléctrica.

20 La alimentación de sal cristalina o granulada se efectúa a través de orificios de carga 5 en la tapa 2a del horno 2. La alimentación de sales sólidas se efectúa a través de una unidad de alimentación no representada por separado, que puede estar formada por hélices de dosificación, instalaciones de dosificación por vibración, transportadores de banda o transportadores de cadenas. Las sales aisladas se pueden introducir en el horno 2 por separado, o mezcladas previamente a través de la unidad de alimentación.

25 En el horno 2 está integrada además una unidad de trasiego, por medio de la cual se efectúa el entremezclado completo de las sales introducidas en el horno 2. En el presente caso, la unidad de trasiego está formada por un mecanismo de agitación 6, que presenta un accionamiento 6a que descansa sobre la tapa 2a del horno 2, y un árbol 6b, que sale del mismo y penetra en el horno 2, en cuyo extremo libre está dispuesto un mecanismo de agitación 6c, que se hace girar a través del accionamiento 6a. El árbol 6b transcurre en el eje de simetría del horno 2. En lugar de un mecanismo agitador se puede emplear también una bomba. Alternativa o adicionalmente, la unidad de trasiego puede presentar una disposición de tobera dispuesta en la zona de fondo del horno 2, por medio de la cual se genera en el horno 2 una corriente gaseosa orientada verticalmente hacia arriba, preferentemente corriente de aire. La disposición de tobera presenta preferentemente configuración simétrica respecto al eje de simetría del horno 2.

35 Generalmente, con la unidad de trasiego dentro del horno 2 se genera una corriente laminar y orientada verticalmente hacia arriba. Para el refuerzo y apoyo de esta corriente, como elemento conductor está previsto un cilindro conductor 7 abierto en el lado superior e inferior, que está dispuesto coaxialmente al árbol 6b del mecanismo agitador 6. El sentido de la corriente generada con la unidad de trasiego está caracterizado con flechas en la figura 1. En el centro del horno, dentro del cilindro conductor 7, se genera la corriente orientada verticalmente hacia arriba. La mezcla de sales que circula hacia arriba rodea el borde superior del cilindro conductor 7. En este se efectúa un desvío de la corriente, de modo que en las zonas marginales del horno 2 se produce una corriente orientada hacia abajo.

40 Por medio de la corriente generada a través de la unidad de trasiego se efectúa no sólo el entremezclado completo de la mezcla de sales. Además, de este modo se efectúa una separación de una zona bifásica constituida por sal sólida y fundida (en la figura 1 caracterizada con A) de una segunda zona situada por debajo con fusión entremezclada completamente (en la figura 1 marcada con B). Esta separación se consigue introduciéndose en el horno 2 las sales sólidas a través de los orificios de carga 5 en la zona de corriente orientada hacia arriba. Mediante esta corriente orientada hacia arriba, las sales sólidas se mantienen en la zona bifásica y se pueden fundir completamente, antes de poder llegar a la segunda zona a través de la corriente descendente en las zonas marginales del horno.

50 La separación de ambas zonas se puede predeterminar selectivamente mediante la dirección y la intensidad, es decir, velocidad de corriente. Parámetros de ajuste a tal efecto en el presente caso son el dimensionado del mecanismo agitador 6 y del cilindro conductor 7.

La fusión se descarga de la segunda zona por medio de una unidad de extracción. En el más sencillo de los casos, a tal efecto se puede disponer en la zona de fondo del horno 2 una válvula, a través de la cual se descarga la fusión. En el presente caso, la unidad de extracción está configurada de modo que la fusión se descarga a través de un

## ES 2 376 748 T3

5 orificio de salida 8 en la tapa 2a del horno 2. La unidad de extracción puede estar configurada en forma de un elevador de líquido, como por ejemplo una bomba mammut. En el presente caso, la unidad de extracción está configurada como bomba de circuito 9. Esta presenta un accionamiento 9a, así como al menos un tubo 9b, en el que se introduce fusión a través de una sonda 9c desde la zona de fondo del horno 2, y después se descarga hacia arriba.

10 El funcionamiento de la instalación de horno 1 se controla a través de una unidad de control central no representada. En primer lugar, por medio de la unidad de control se efectúa un control de temperatura para calentar la fusión a la temperatura de calentamiento deseada. Como unidad de medida de la temperatura, dentro del horno 2 están previstos elementos térmicos para registrar la temperatura de la fusión en especial en la segunda zona. En dependencia de los valores de medida de los elementos térmicos se controla el rendimiento de calefacción de los cuerpos de calefacción tubulares 3.

15 Por medio de la unidad de control se efectúa además el control de cantidades de sales sólidas alimentadas por unidad de tiempo, así como la cantidad de fusión homogénea descargada por unidad de tiempo. En este caso, la instalación de horno se acciona en una operación de flujo de modo que paralelamente se efectúa de manera continua una alimentación de sales sólidas en el horno 2, y una descarga de fusión del horno 2. Los procesos de alimentación y descarga se pueden efectuar continua o casi continuamente, es decir, dentro de intervalos de tiempo predeterminados.

20 Como primeras magnitudes de entrada para el control se determinan las masas de sal sólida alimentadas al horno 2 a través de la unidad de alimentación por unidad de tiempo. En este caso pueden estar previstas como sistemas de medida unidades de medida gravimétricas o volumétricas, en especial células de pesada en la unidad de alimentación. Como segunda magnitud de entrada para el control se determina la masa de fusión descargada a través de la unidad de extracción por unidad de tiempo. En el presente caso se determina a tal efecto el rendimiento de la bomba de circulación 9. Generalmente se puede determinar también la velocidad de circulación de la fusión descargada como magnitud de medida. Finalmente se determina como otras magnitudes de entrada el peso total del

25 horno 2 con la fusión contenida en el mismo. A tal efecto está prevista una unidad de pesada, a modo de ejemplo en forma de células de pesada.

La unidad de alimentación y la unidad de extracción se controlan a través de la unidad de control de modo que el peso del horno 2, y con ello la masa de fusión contenida en el horno 2, permanecen constantes al menos aproximadamente.

30 Además, por medio de la unidad de control se efectúa el control de la unidad de alimentación y de la unidad de extracción, de modo que la masa de sales alimentadas por unidad de tiempo, y la masa de fusión descargada por unidad de tiempo, respecto a la cantidad total en el horno 2 en relación con el tiempo que se requiere para fundir las sales sólidas, no sobrepasa un valor límite predeterminado. De este modo se impide que se cargue demasiada sal sólida en el horno 2, lo que conduciría a una reducción indeseable de la segunda zona de fusión homogénea en el

35 horno 2.

40 Para el presente ejemplo de ejecución y una capacidad típica del horno 2 en el orden de magnitud de 60 toneladas se ha mostrado ventajoso que la masa de sales sólidas alimentada por hora y la masa de fusión extraída simultáneamente del horno 2 por hora no sobrepase un 100 % en peso (es decir, una carga de horno completa), preferentemente un 25 % del contenido del horno 2. En el presente caso se efectúa el control de modo que la masa de sales alimentada por hora, así como la masa de fusión evacuada por hora, ascienda a 15 toneladas en cada caso.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento para la fusión continua de sales inorgánicas, que comprende los siguientes pasos de procedimiento:
- alimentación continua de sales sódicas a través de una unidad de alimentación en un horno (2),
- 5 calentamiento de las sales en el horno (2),
- generación de una corriente de sales en el centro del horno (2) por medio de una unidad de trasiego, que transcurre en sentido vertical, y está orientada hacia arriba, efectuándose en esta zona la alimentación de sales sólidas a través de la unidad de alimentación, y generándose por medio de la corriente una zona bifásica constituida por sal sólida y fundida, y una segunda zona separada de la misma de una fusión calentada a una temperatura de
- 10 calentamiento,
- y descargándose fusión de la segunda zona por medio de una unidad de extracción paralelamente a la alimentación de sales sólidas.
- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en el horno (2) se funden mezclas de sales, introduciéndose las sales aisladas en el horno (2) por separado, o mezcladas previamente, por medio de la unidad
- 15 de alimentación, y mezclándose completamente en el mismo por medio de la unidad de trasiego.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque en la segunda zona la mezcla de sales se mezcla completamente, y se presenta fundida.
- 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 o 3, caracterizado porque como sales se emplean nitrato potásico y nitrato sódico.
- 20 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la separación de zonas se determina mediante la intensidad de corriente y/o elementos de inserción mecánicos en el horno (2) para el control de circulación.
- 6.- Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque en las zonas marginales del horno (2) se genera una corriente orientada hacia abajo.
- 25 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque por medio de la unidad de trasiego se genera una corriente laminar.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque la segunda zona de fusión se sitúa por debajo de la zona bifásica.
- 30 9.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque la alimentación de sales sólidas y la extracción de fusión se efectúan continuamente o a intervalos de tiempo predeterminados.
- 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado porque la masa de sales sólidas alimentada al horno (2) por unidad de tiempo y la masa de fusión extraída por unidad de tiempo se controlan de modo que el peso total de la cantidad de sal contenida en el horno (2) permanece constante al menos aproximadamente.
- 35 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada porque la masa de sales sólidas alimentada al horno (2) por hora y la masa de fusión extraída simultáneamente del horno (2) por hora asciende a un 100 % en peso del contenido del horno (2), es decir, no sobrepasan una carga de horno.
- 12.- Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque la masa de sales sólidas alimentada al horno (2) por hora y la masa de fusión extraída simultáneamente del horno (2) por hora no sobrepasa un 25 % en peso del
- 40 contenido del horno (2).



Fig. 2

