

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 574 265**

51 Int. Cl.:

B22D 11/041 (2006.01)

B22D 11/055 (2006.01)

B22D 11/07 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2012** **E 12820891 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016** **EP 2794148**

54 Título: **Cristalizador para colada continua**

30 Prioridad:

23.12.2011 IT UD20110211

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

16.06.2016

73 Titular/es:

DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE, S.P.A.
(100.0%)
Via Nazionale 41
33042 Buttrio, IT

72 Inventor/es:

RINALDI, MARCO y
MOTTA, MARCO, MAURO

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 574 265 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

Cristalizador para colada continua

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un cristalizador para la colada continua de productos de metal alargados tales como desbastes o palanquillas, refrigerados por una camisa de refrigeración externa.

10 Los desbastes o las palanquillas a los que se aplica el cristalizador tienen preferentemente una sección cuadrada con la longitud del lado igual a 120-180 mm, o rectangular con una sección equivalente.

Antecedentes de la invención

15 En el campo de la colada continua, en particular en el caso de los desbastes o las palanquillas de colada, se sabe que uno de los principales problemas relacionados con la calidad del producto terminado es el defecto de la deformación romboidal. Este defecto en la forma se caracteriza por el hecho de que los productos, tales como los desbastes o las palanquillas, especialmente para pequeños formatos de colada de alta velocidad, al final de la solidificación aguas abajo de la máquina de colada no tienen un perfil exactamente igual a la sección interna del
20 cristalizador, pero adoptan una forma romboidal que puede provocar problemas en los procesos de laminación posteriores.

Si la deformación romboidal, medida como la diferencia entre las diagonales de la sección, es más de 6 mm, entonces aumenta la frecuencia de bloqueos en las primeras cajas de laminación.

25 Este defecto en la forma normalmente se genera a causa de la falta de uniformidad del intercambio de calor en el cristalizador, en particular en la zona inmediatamente por debajo del menisco, lo que provoca un espesor desigual de la costra en el perímetro, tanto entre un lado y el otro del producto y también a lo largo del mismo lado. Esta desigualdad depende de una deformación asimétrica del cristalizador, la entidad de la que depende la intensidad del
30 flujo de calor. Una vez generada, la deformación aumenta y no puede recuperarse.

Por otra parte, debido a la gran superficie de intercambio, los bordes están sometidos a un flujo de calor significativo, a diferencia de la zona en 10 a 30 mm desde el vértice del borde. Por lo tanto, la última zona tiene un espesor menor de costra local que la del resto de la palanquilla. Una costra con un espesor no homogéneo tiene puntos débiles en
35 los que el espesor es menor y por lo tanto, es frecuente la formación de grietas bajo la costra que pueden provocar derrames.

Este problema es incluso más acentuado cuando la colada libre se hace usando aceite como lubricante. Por otro lado, si se usan polvos de lubricación durante la colada, la deformación romboidal es menos acentuada gracias al
40 efecto de aislamiento de los polvos y su distribución homogénea; sin embargo, el uso de polvos es más costoso en comparación con el uso de aceite y por lo tanto es poco rentable cuando se producen aceros comerciales.

Por otra parte, el problema aumenta a medida que aumenta la velocidad de colada, lo que pone un límite en las velocidades máximas que pueden obtenerse y por lo tanto en la productividad de la máquina de colada.

45 Por lo tanto, la deformación romboidal es un defecto en la forma debido a unas condiciones no controladas de adherencia entre el acero líquido y las paredes internas del cristalizador para un cierto segmento por debajo del menisco, es decir en el momento en que existe el mayor intercambio de calor y coincidiendo con la formación de la primera costra, en la que se produce un intercambio de calor no uniforme, y por lo tanto una diferencia en el espesor
50 de la costra que se crea a lo largo del perímetro de la palanquilla a medida que se solidifica.

Con el fin de resolver el problema de la deformación romboidal, el documento US 6.024.162 propone hacer, en las paredes internas del cristalizador, una serie regular de concavidades, con la función de hacer más uniforme el intercambio de calor en la zona crítica justo por debajo del menisco.

55 En particular, se identifica una zona comprendida entre 20 y 200 mm por debajo del nivel nominal del menisco en la que se hacen unas filas regulares de concavidades, en forma de ranuras horizontales, o pequeñas depresiones de una forma circular, cuadrada o hexagonal.

60 Esta solución, aunque es una mejora, por un parte no resuelve el problema porque la distribución de las concavidades no se correlaciona con el desarrollo del flujo de calor, y por otra parte porque dichas concavidades por sí mismas empeoran el problema de las grietas por debajo de la costra y los derrames en los casos más críticos de la colada libre de alta velocidad y usando aceite como lubricante. De hecho, las concavidades reducen el flujo de calor total intercambiado entre el acero y la lingotera y por lo tanto el espesor promedio de la costra en la salida de la
65 lingotera.

Los documentos JP 8-206786 A y JP 11-000746 A describen unos cristalizadores con ranuras hechas sustancialmente en la parte central de la pared interna con el fin de reducir el intercambio de calor en la zona inmediatamente por debajo del menisco. Estas soluciones solo reducen parcialmente el problema, ya que en cualquier caso crean una falta de homogeneidad del tratamiento térmico sobre la totalidad del perímetro de la palanquilla.

A partir de los documentos EP 1.792.676 A1, EP 1.795.281 A2, GB 2.177.331 A y JP 9-225.593 A se conoce también cómo hacer unas ranuras en las paredes externas de un cristizador. Sin embargo, las ranuras se proporcionan o en toda la cara del cristizador o en su zona central, y no están por lo tanto destinadas a homogeneizar el tratamiento de refrigeración en combinación con otros medios de funcionamiento en correspondencia con la zona del menisco.

El solicitante ha ideado, probado y realizado la presente invención para resolver los problemas del estado de la técnica y obtener otras ventajas, como se muestra a continuación en el presente documento.

Sumario de la invención

La presente invención se expone y se caracteriza en la reivindicación independiente, mientras que las reivindicaciones dependientes describen otras características de la invención o variantes de la idea inventiva principal.

Uno de los fines de la presente invención es obtener un cristizador para colada continua que permita homogeneizar el intercambio de calor, y por lo tanto la solidificación del acero, en todo el perímetro del producto, en particular en la zona por debajo del menisco en la que está el pico del flujo térmico entre las paredes del cristizador y el acero colado.

Otro fin de la invención es reducir al mínimo la deformación romboidal de los productos de colada, tales como los desbastes o las palanquillas, sin modificar radicalmente la estructura básica de los cristalizadores convencionales refrigerados por agua que circula en una camisa externa y sin limitar la velocidad de colada.

Otro fin de la invención es reducir la formación de grietas bajo la costra y la consiguiente aparición de derrames en la salida del cristizador.

De acuerdo con la presente invención, el cristizador para colada continua tiene unos medios para hacer el intercambio de calor uniforme en la zona en la que el flujo de calor entre las paredes del cristizador y el acero colado tiene un pico, como dicen los inventores, que está normalmente en el nivel del menisco o inmediatamente por debajo del menisco.

En particular, el cristizador de acuerdo con la presente invención tiene unos medios para hacer el intercambio de calor uniforme en esta zona, tratando de reducir dicho pico con el fin de ser capaz de reducir las diferencias en el espesor de la primera costra que se forma en la zona inmediatamente por debajo del menisco.

Dichos medios tienen la doble función de crear, en la zona por debajo del menisco, unas resistencias de contacto en las caras internas de las paredes del cristizador, de manera que no toda la superficie de contacto entre el cobre y el acero sea una superficie útil para el intercambio de calor; al mismo tiempo, sin embargo, de acuerdo con una característica ventajosa de la invención, se proporcionan para aumentar la superficie de contacto, y por lo tanto la superficie de intercambio de calor, en correspondencia con las caras externas de las paredes del cristizador, en la proximidad de los bordes, compensando de esta manera la tendencia que tiene la costra de separarse de las caras internas del cristizador.

De acuerdo con la presente invención, por lo tanto, en una primera característica, el cristizador tiene unas concavidades o depresiones hechas en la cara interna de la pared correspondiente del cristizador, en particular, en una zona sustancialmente central de la cara correspondiente; dichas concavidades y depresiones tienen la función de interponer aire, que actúa como un aislante, entre el acero líquido y el cristizador, y por lo tanto limitar la superficie útil de intercambio de calor.

Dichas concavidades o depresiones se hacen preferentemente inmediatamente por debajo del nivel nominal del menisco y tienen una distribución que, en términos de superficie total ocupada por las mismas por unidad de superficie, se reduce hasta que se cancela a una cierta distancia de dicho nivel nominal.

La reducción progresiva de la superficie total ocupada por las concavidades/depresiones se hace para seguir y adaptarse sustancialmente al desarrollo de la intensidad de la temperatura en las caras internas del cristizador, como se explicará con mayor detalle a partir de ahora en la descripción.

En combinación con dichas concavidades/depresiones hechas en las caras internas del cristizador, y con el fin de permitir un intercambio térmico correcto también en la proximidad de la zona de los bordes, el cristizador de

acuerdo con la presente invención comprende unas ranuras verticales hechas en sus caras o superficies externas, en las zonas cerca de los bordes, para una extensión vertical mayor que la extensión vertical de las concavidades/depresiones hechas en las superficies internas.

- 5 La función de las ranuras es aumentar el intercambio de calor entre la pared del cristalizador y el acero líquido en el segmento de extremo de las paredes afectadas por la falta de contacto entre el acero y el cristalizador.

10 La presencia de las ranuras en la superficie externa de las paredes del cristalizador permite aumentar la superficie de intercambio de calor, y también reducir la distancia entre el metal líquido y el fluido de refrigeración que fluye en la superficie externa del cristalizador. La distancia transversal entre el comienzo de la zona con concavidades internas y el final de la zona con ranuras externas es tal como para evitar una variación repentina del flujo de calor y por lo tanto un aumento de las grietas bajo la costra, que podría evolucionar en derrames.

15 De acuerdo con la presente invención, por lo tanto, el cristalizador tiene ambas concavidades/depresiones hechas en las caras internas de las paredes, con el fin de que se reduzca el pico del flujo de calor, y las ranuras hechas en las zonas laterales de las caras externa, con el fin de que se aumente el flujo de calor en las zonas cerca de los bordes. La acción combinada y sinérgica de ambas disposiciones permite "aplanar" y hacer uniforme el flujo de calor a lo largo de las paredes en la zona por debajo del menisco.

20 En particular, la uniformidad óptima del flujo de calor se obtiene gracias al efecto combinado de las concavidades/depresiones en la cara interior y en la zona sustancialmente central de la pared del cristalizador, y de las ranuras de la cara externa y en la zona sustancialmente lateral, cerca de los bordes, de la misma pared del cristalizador. De esta manera, los dos efectos se compensan y se integran entre sí, dando como resultado una homogeneización de la refrigeración, y por lo tanto la solidificación de la costra, a través de todo el perímetro de la palanquilla.

La ventaja obtenida es la de mejorar la calidad final del producto en términos de forma, evitar la deformación romboidal de la sección cuadrada/rectangular y evitar la formación de grietas que podrían provocar derrames.

30 Breve descripción de los dibujos

Estas y otras características de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción de una forma de realización, dada como ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 35 - la figura 1 muestra esquemáticamente el desarrollo de las isoterma en la zona inmediatamente por debajo del menisco;
 - la figura 2 muestra esquemáticamente, en sección, el desarrollo del flujo de calor a lo largo de una cara del cristalizador en la zona inmediatamente por debajo del menisco;
 40 - las figuras 3a y 3b muestran, respectivamente, la sección longitudinal y la sección transversal de una primera forma de realización de la presente invención;
 - las figuras 4a y 4b muestran, respectivamente, la sección longitudinal y la sección transversal de una segunda forma de realización de la presente invención.

45 Descripción de algunas formas de realización a modo de ejemplo

Un cristalizador 10 para la colada continua de productos alargados se muestra esquemáticamente en la figura 1, en la que el número de referencia 11 indica sustancialmente la línea nominal del menisco del metal líquido.

50 En un cristalizador 10 de este tipo, para productos alargados tales como los desbastes o las palanquillas 12, de una forma poligonal, preferentemente cuadrangular, incluso más preferentemente rectangular o cuadrada, con paredes finas y refrigerado por medio de una camisa externa, las líneas isoterma (con igual temperatura) en la superficie interna del cristalizador 10 tienen un desarrollo de tipo elíptico o parabólico, como las líneas 13 y 14 mostradas en la figura 1.

55 En particular, la región indicada por el número de referencia 15 es la que tiene las temperaturas máximas, debido a que corresponde a la región del menisco; por el contrario, la región adyacente indicada por el número de referencia 16, comprendida entre las dos líneas isoterma 13 y 14, tiene las temperaturas más bajas.

60 En la figura 2, se muestra en sección transversal el desarrollo del flujo de calor a lo largo de una cara del cristalizador 10 justo por debajo del menisco 11; la línea más gruesa 17 muestra el desarrollo (cualitativo) del flujo de calor en unos cristalizadores convencionales, en los que hay un fuerte pico en el centro de la cara y una caída clara hacia las esquinas, provocada por el desprendimiento progresivo de la costra de la pared del cristalizador 10. En correspondencia con los bordes, el intercambio de calor aumenta de nuevo, aunque solo sea un poco, puesto que el borde está refrigerado por ambos lados.

65

Por otro lado, la línea más delgada 18 representa el desarrollo cualitativo del intercambio de calor a obtenerse con el cristalizador 10 de acuerdo con la presente invención.

5 Como se verá más específicamente a partir de ahora en el presente documento, la presencia de las concavidades/depresiones, genéricamente indicadas por 20 en las figuras 3a, 3b, 4a y 4b, en las caras internas de las paredes del cristalizador 10, permite reducir el flujo de calor en el centro de la pared, mientras que la presencia simultánea y combinada de las ranuras, genéricamente indicadas por 30, en el caras externas, permite aumentar el flujo de calor en las zonas cerca de los bordes. Esto determina, en general, un desarrollo más uniforme y por consiguiente la formación de una costra con un espesor más homogéneo.

10 Con referencia ahora a la primera realización mostrada en las figuras 3a y 3b, se muestra un cristalizador 10 de acuerdo con la invención para unas palanquillas de colada 12, en este caso con una sección cuadrada, en una sección longitudinal y transversal.

15 En este caso, en las cuatro caras internas de las paredes del cristalizador 10 hay unas concavidades de una forma circular, o unos pequeños agujeros ciegos 120, distribuidos de acuerdo con un desarrollo decreciente y adelgazando gradualmente hacia la parte inferior, en términos de la superficie general ocupada por unidad de superficie de la pared correspondiente, con el fin de reproducir sustancialmente el desarrollo de la densidad del flujo de calor en la cara correspondiente del cristalizador 10.

20 En particular, en el caso mostrado, en la zona sustancialmente central de la cara correspondiente, hay tres sectores, indicados respectivamente como 21a, 21b y 21c, en los que el número de agujeros 120 dispuestos en una fila horizontal es, respectivamente, menor, ya que los agujeros 120 están dispuestos de forma sustancialmente simétrica con respecto a la línea longitudinal media X de la pared del cristalizador 10.

25 De este modo, la superficie total ocupada por las concavidades/depresiones 20 por unidad de superficie de la pared, y por lo tanto la resistencia de contacto generada por las mismas, se reduce progresivamente bajando a lo largo del cristalizador 10 partiendo desde la zona inmediatamente por debajo del menisco 11, siguiendo y sustancialmente tratando de adaptarse al desarrollo del flujo de calor mostrado en la figura 2.

30 De este modo, se logra el efecto de homogeneizar y reproducir lo más uniforme posible dicho intercambio de calor a lo largo de todo el perímetro de la palanquilla 12.

35 En el caso específico mostrado en la figura 3a, los agujeros 120 se empiezan a una distancia 11 comprendida entre 100 y 140 mm, ventajosamente entre 120 y 130 mm, desde la parte superior del cristalizador 10, que está entre aproximadamente 20 y 30 mm por debajo del menisco 11, que se coloca, en general, a aproximadamente 100 mm de la parte superior. Los agujeros 120 terminan a una distancia comprendida entre 200 y 500 mm de la parte superior del cristalizador 10, también en función de la longitud total del cristalizador 10.

40 En el ejemplo mostrado, el primer sector 21a proporciona ocho filas, cada una formada por ocho agujeros circulares 120, con un diámetro que puede variar de 4 a 12 mm, una profundidad que puede variar de 0,2 a 0,8 mm, un paso horizontal que puede variar de 6 a 15 mm y un paso vertical que puede variar de 5 a 15 mm.

45 La superficie del agujero 120 no puede ser demasiado extensa debido a que la calidad de la superficie de la palanquilla 12 se vería afectada por la misma. La profundidad de los agujeros 120 debe reducirse también, de tal manera que las huellas de los agujeros 120 no permanezcan en la superficie de la palanquilla 12 que sale del cristalizador 10.

50 En el ejemplo mostrado, el segundo sector 21b consiste en unos agujeros 120 del mismo tamaño y con el mismo paso horizontal, pero con un número y una distribución diferente: cuatro filas cada una formada por cinco agujeros distanciados por un paso vertical más grande que el del paso vertical del primer sector 21a. Por último, el tercer sector 21c comprende dos filas, comprendiendo cada una dos agujeros 120 con un paso horizontal más grande que el paso horizontal de los agujeros de los sectores primero y segundo 21a y 21b.

55 La representación mostrada en la figura 3a es obviamente solo un ejemplo, para representar el concepto de la disposición sustancialmente central y simétrica, así como una reducción progresiva de la zona ocupada por los agujeros 120, por unidad de superficie, para adaptarse al desarrollo del flujo de calor, a lo largo de las paredes del cristalizador 10.

60 Las figuras 4a-4b muestran otra posible forma de realización, en la que los agujeros circulares 120 se sustituyen por ranuras verticales 220.

65 Como se ha visto anteriormente, las ranuras verticales 220 también tienen una distribución, dividida en este caso en cuatro sectores 121a, 121b, 121c, y 121d, que reproduce sustancialmente el desarrollo del flujo de calor en la parte correspondiente de la pared, que tiene una mayor superficie ocupada por unidad de superficie en correspondencia con el pico de calor, un poco por debajo del menisco 11, que entonces disminuye a medida que se mueve hacia

abajo a lo largo de las paredes del cristalizador 10 hasta que se cancela a una cierta distancia del menisco 11.

5 De acuerdo con unas variantes de realización, pueden hacerse también unas ranuras horizontales, unos agujeros ovalados, unos agujeros en general con una forma cuadrangular o poligonal, también no regular, o cualquier otra forma adecuada, para obtener las concavidades/depresiones 20 de acuerdo con la distribución indicada.

10 Además, y en cooperación con las concavidades/depresiones 20 hay también unas ranuras 30 en las caras externas de las paredes del cristalizador 10, que, en el caso mostrado en las figuras 3a y 4a, tienen un desarrollo sustancialmente vertical.

15 Como puede verse en dichas figuras, las ranuras externas 30 comienzan sustancialmente a la misma altura que los agujeros 120 (o las ranuras 220) y aumentan en número, desde tres a cinco para cada lado de la cara, en correspondencia con el paso desde el primer sector 21a de los agujeros internos al segundo sector 21b (o desde el segundo sector 121b de las ranuras 220 al tercer sector 121c).

20 Gracias a esta configuración, con un efecto de sinergia y combinación con los agujeros/ranuras presentes en las caras internas, las ranuras externas 30 permiten aumentar el intercambio de calor en los lados cuando la costra de la palanquilla que se forma tiene una mayor tendencia a desprenderse de la pared correspondiente del cristalizador 10.

25 Las ranuras 30 pueden tener preferentemente una profundidad comprendida entre 1,5 y 4 mm, un paso comprendido entre 4 y 10 mm y una anchura comprendida entre 1 y 4 mm.

30 En particular, las ranuras 30 ocupan una zona comprendida, partiendo desde el borde, entre 5 % y 25 % del tamaño del lateral de la palanquilla en la etapa de colada. Por ejemplo, si un lateral del cristalizador 10 tiene un tamaño de 160 mm, las ranuras 30 ocupan, en ambos laterales, una banda comprendida entre 8 y 40 mm desde el borde.

35 Las ranuras 30 pueden continuar a lo largo de toda la altura del cristalizador 10 o, alternativamente, pueden interrumpirse antes, como se muestra en las figuras 3a y 4a. Sin embargo, continúan al menos hasta el nivel inferior de los agujeros internos 20, ventajosamente más allá de la posición de los agujeros internos 20, con el fin de mantener la homogeneidad del flujo de calor y por lo tanto el espesor de la costra en la salida de la lingotera en la cara correspondiente del cristalizador 10.

40 En general, ya que no están en contacto directo con el acero líquido, y en relación con la función que tienen que realizar, las ranuras 30 tienen una profundidad mayor que la de los agujeros internos 20.

Es evidente que pueden realizarse modificaciones y/o adiciones de partes al cristalizador para colada continua 10 como se ha descrito hasta ahora, sin alejarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cristalizador para la colada continua de productos de metal alargados tales como desbastes o palanquillas (12), del tipo refrigerado por una camisa de refrigeración externa y con una forma de sección poligonal, preferentemente cuadrangular, incluso más preferentemente rectangular o cuadrada, en la que, inmediatamente por debajo de la zona del menisco (11) hay unos medios presentes, hechos en las paredes del cristalizador (10), para acondicionar el intercambio de calor entre las paredes del cristalizador y el acero colado, **caracterizado por que** dichos medios para acondicionar el intercambio de calor comprenden unas concavidades o depresiones (20) hechas en la cara interna de la pared del cristalizador (10) y que tienen una distribución que, en términos de superficie total ocupada por las mismas por unidad de superficie, se reduce hasta cancelarse hacia la parte inferior, a cierta distancia del menisco (11), y unas ranuras verticales (30) hechas en sus superficies externas, en las zonas cerca de los bordes de la sección poligonal, para una extensión vertical igual a o mayor que la extensión vertical de las concavidades/depresiones.
- 10 2. Cristalizador según la reivindicación 1, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) comienzan a una distancia comprendida entre 100 y 140 mm desde la parte superior del cristalizador y terminan a una distancia comprendida entre 200 y 500 mm.
- 15 3. Cristalizador según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** dichas ranuras verticales ocupan una zona comprendida, partiendo desde el borde correspondiente, entre el 5 % y el 25 % del tamaño del lateral de la palanquilla en la etapa de colada.
- 20 4. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) consisten en unos pequeños agujeros ciegos (120).
- 25 5. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) consisten en ranuras verticales (220).
- 30 6. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) consisten en ranuras horizontales, agujeros ovalados, agujeros en general de forma cuadrangular o poligonal, incluso no regulares, o de cualquier otra forma adecuada.
- 35 7. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) están distribuidas en al menos dos sectores distintos (21a, 21b, 21c; 121a, 121b, 121c y 121d), donde el número de concavidades o depresiones (20) presentes por unidad de superficie en una fila horizontal es sustancialmente el mismo para cada sector, pero disminuye de un sector a otro que va hacia la parte inferior del cristalizador (10) partiendo desde dicha zona de pico térmico máximo.
- 40 8. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) están dispuestas de manera sustancialmente simétrica con respecto a la línea longitudinal media (X) de la pared del cristalizador (10).
- 45 9. Cristalizador según cualquier reivindicación anterior, **caracterizado por que** dichas concavidades o depresiones (20) tienen una profundidad máxima de aproximadamente 0,8 mm.
- 50 10. Cristalizador según las reivindicaciones 3 y 7, **caracterizado por que** dichas ranuras verticales (30) comienzan sustancialmente a la misma altura que dichas concavidades o depresiones (20) y aumentan en número en correspondencia con el paso desde un primer a un segundo sector de dichas concavidades o depresiones (20).
- 55 11. Cristalizador según la reivindicación 3, **caracterizado por que** dichas ranuras (30) tienen una profundidad comprendida entre 1,5 y 4 mm.
12. Cristalizador según la reivindicación 3, **caracterizado por que** dichas ranuras (30) se extienden al menos más allá de la posición de dichas concavidades o depresiones (20).
13. Cristalizador según la reivindicación 3, **caracterizado por que** dichas ranuras (30) tienen un paso comprendido entre 4 y 10 mm y una anchura comprendida entre 1 y 4 mm.

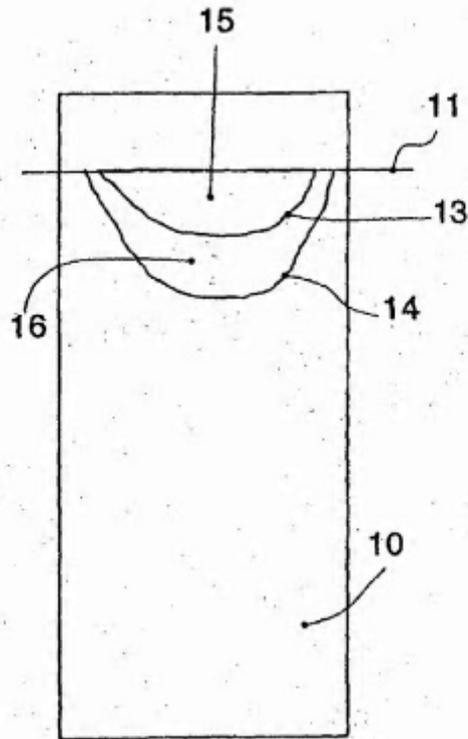


fig.1

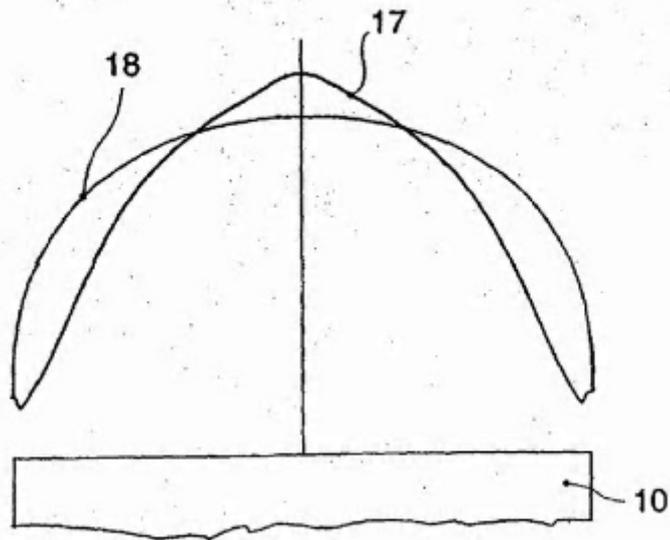


fig.2

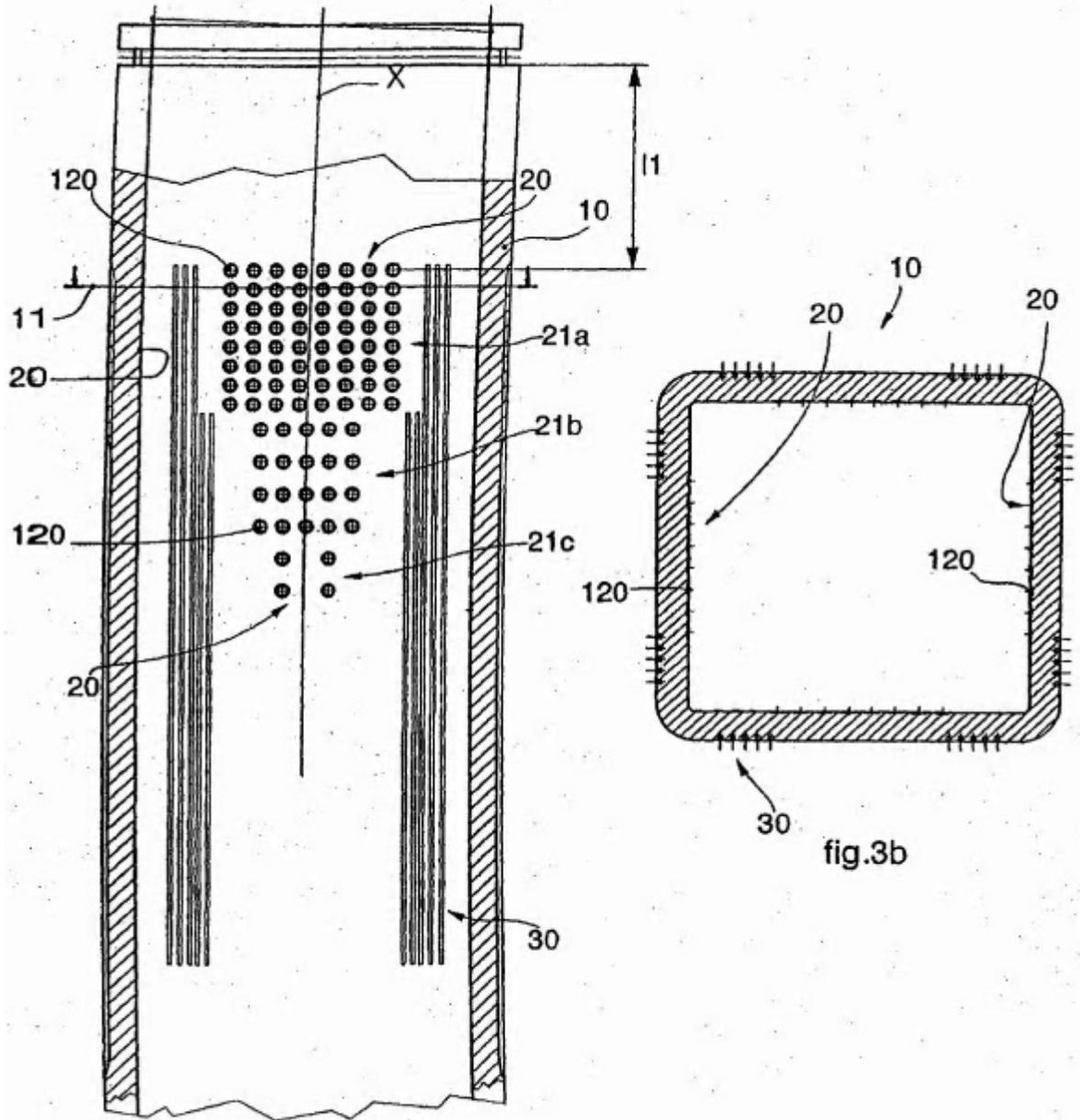


fig.3a

fig.3b

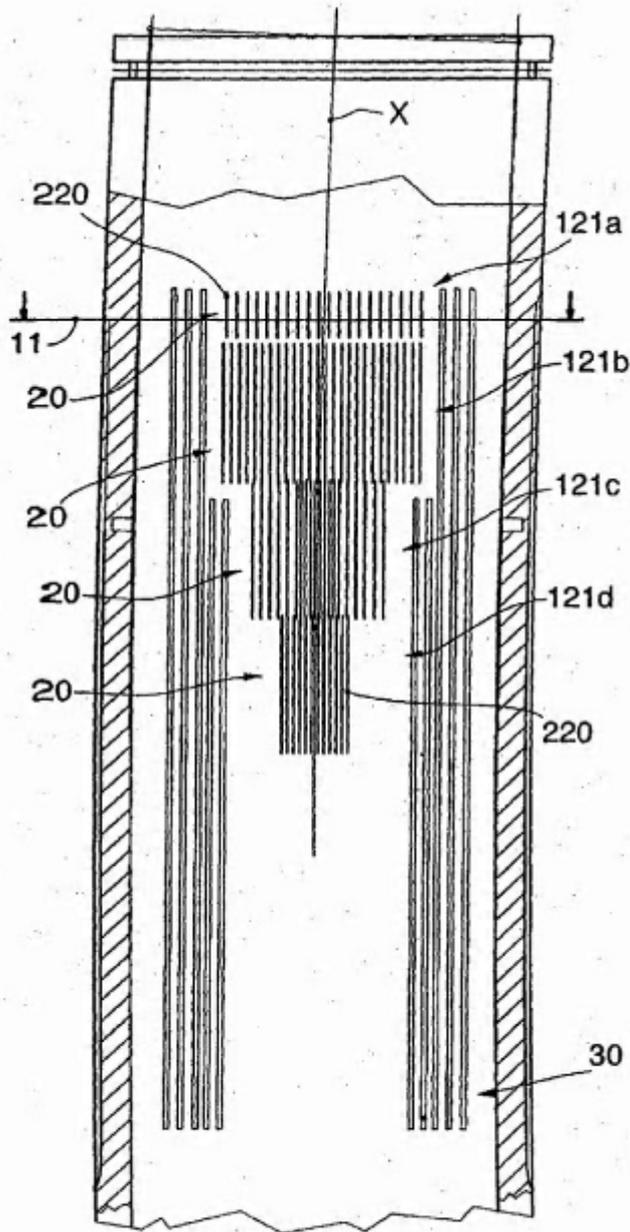


fig.4a

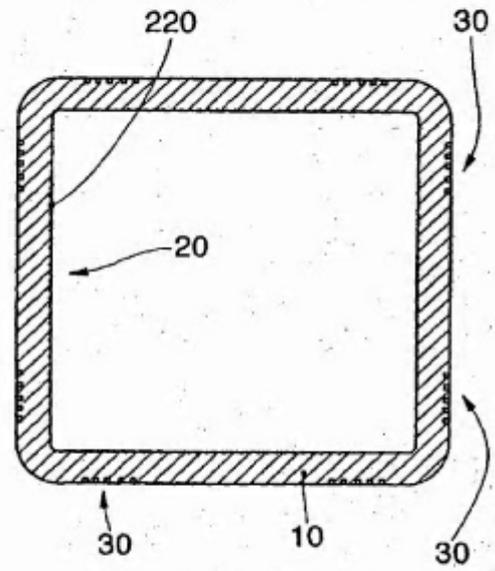


fig.4b