



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 290 675**

(51) Int. Cl.:

B22D 11/01 (2006.01)

B22D 11/124 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04713860 .7**

(86) Fecha de presentación : **24.02.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1599300**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **30.11.2005**

(54) Título: **Procedimiento de colada continua.**

(30) Prioridad: **28.02.2003 EP 03450060**

(73) Titular/es: **So & So Sommerhofer OEG**
Peter-Tunner-Strasse 19
8700 Leoben, AT

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2008

(72) Inventor/es: **Sommerhofer, Hubert y**
Sommerhofer, Peter

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2008

(74) Agente: **Espiell Volart, Eduardo María**

ES 2 290 675 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

Procedimiento de colada continua.

5 La invención se refiere al procedimiento de colada continua de metales tales como aluminio, cobre, magnesio, níquel y sus aleaciones así como también acero, en el que se usa como refrigerante metal líquido o líquido iónico, siendo este último una sal compuesta por cationes orgánicos y principalmente aniones inorgánicos, que tienen un punto de fusión inferior a 100°C, para el enfriamiento directo de la barra de colada continua de metales de todos los tipos, en el que el metal líquido se usa como refrigerante para enfriamiento directo de la barra y a un dispositivo para tal 10 procedimiento de enfriamiento de acuerdo con las partes introductorias de las reivindicaciones 1 a 9, respectivamente; de acuerdo con la patente US 3430680 A y algunas otras de las patentes citadas más adelante. No hay descripción relativa al uso de líquido iónico.

15 Hay varios documentos en la técnica anterior que muestran un procedimiento de este tipo:

15 La patente US 3430680 A describe un procedimiento de enfriamiento con un conducto orientado verticalmente, a través del cual el refrigerante fluye por gravedad. Se encuentra insertada centralmente en este conducto una tobera, el metal de la colada fluye a través de esta tobera en un estado líquido y a la misma velocidad que el refrigerante, con el fin de evitar cualquier fuerza de cizalla u otras alteraciones de la superficie de contacto líquido-líquido. El metal de 20 la colada solidifica desde esta superficie de contacto hacia el centro de la barra y finalmente es suficientemente duro y viscoso para ser separado del refrigerante. Además de las enormes dificultades de alcanzar velocidades idénticas para dos líquidos separados en una corriente constituida por dos componentes que fluyen en un estado puramente laminar, la eficiencia del enfriamiento es más bien pobre por estas mismas razones.

25 La patente US 3874438 A describe un baño de enfriamiento de metal líquido que tiene su superficie bajo la salida del crisol (que proporciona la forma). La situación de temperatura es muy delicada; la masa fundida alcanza su punto de solidificación en la zona de la salida, poco antes de entrar en el baño de enfriamiento. El baño de enfriamiento está previsto en un cilindro y es enfriado por transferencia de calor a través de las paredes laterales del cilindro. Están previstos equipamientos especiales, concretamente, un recipiente adicional para enfriamiento del líquido para 30 mantener la superficie del refrigerante a la altura seleccionada. Es extremadamente difícil mantener la temperatura de solidificación dentro de la salida, se tiene que tener en cuenta que la barra aún es líquida en la mayor parte de su sección transversal, que la energía térmica es liberada por la solidificación y que el proceso de enfriamiento a lo largo de la barra está cambiando durante la colada debido a que el refrigerante se calienta cada vez más.

35 La patente US 5344597 A describe un procedimiento muy sofisticado para la fabricación de planchas delgadas de acero fuera del estado líquido: Se lleva una capa fina de colada fundida hasta la superficie de un refrigerante constituido por metal fundido (por ejemplo, plomo) y nada sobre él hasta un lecho de laminación donde se mantiene, se guía y se retira. El refrigerante entra en contacto sólo con la parte inferior de la colada. El refrigerante se transfiere desde la región superficial del baño a un enfriador y se devuelve a la zona del fondo del baño con una bomba. Debido al 40 enfriamiento sólo por una parte por el hecho de que el refrigerante está bajo la colada y debido al movimiento paralelo de la plancha respecto a la superficie, el transporte de calor y por tanto el enfriamiento es más bien pobre y asimétrico, lo que conduce a tensiones y distorsiones del producto.

45 Se describe un procedimiento similar en la patente US 4955430 A: La diferencia fundamental es cómo el acero líquido se lleva sobre el plomo y fuera de él de nuevo, el procedimiento de colada es el mismo y tiene las mismas desventajas.

50 Se describen respectivamente en la patente US 4510989 A y en la patente US 4751959 A dos dispositivos y procedimientos muy similares: Se lleva colada fundida, que ya tiene una capa sólida fina en su superficie, a un baño de enfriamiento constituido por metal fundido y se mueve a lo largo de un trayecto curvo. El volumen del baño es mucho mayor que el volumen de la barra sumergida, por lo tanto es necesaria una enorme cantidad de refrigerante para el procedimiento. El refrigerante, en el mejor de los casos, se agita de forma aleatoria mediante bombas de circulación montadas en el fondo del recipiente. Surgen grandes problemas debido a la gran área superficial del refrigerante y a los 55 vapores y gases peligrosos resultantes de los distintos procesos en el baño. Otro problema aparece con el hecho de que tiene que llevarse la barra a una forma curvada y de nuevo a una forma alargada. Esto provoca problemas estructurales y perjudica la calidad del producto final.

60 La patente US 2363695 A muestra una idea interesante: Se alimenta material fundido, en la mayoría de los casos acero, a través de un conducto térmicamente aislado con forma de U hasta una tobera la cual está dirigida hacia arriba a un recipiente lleno con plomo líquido como refrigerante y luego se extrae verticalmente hacia arriba. El refrigerante se mantiene en el recipiente sin agitación o remoción, por lo tanto se mueve sólo con la barra y el movimiento de convección debido a las diferencias de temperatura, lo que significa sin movimiento relevante. Esto, y el co-movimiento de la barra y el plomo en ascenso debido a su calentamiento conduce a problemas con el enfriamiento uniforme y ciclos de operación de carga prolongados.

65 La patente SU 863161 A describe la colada de un conducto en dos etapas: En la primera etapa se utiliza un molde enfriado con agua para producir una capa fina de metal solidificado en la superficie de la barra, en la segunda etapa, la barra se enfriá adicionalmente por contacto directo con metal líquido a lo largo de un trayecto curvo. El metal líquido

se mantiene en una rendija en forma de anillo en torno a la colada y es enfriado indirectamente con agua. Además de los problemas con la forma toroidal del molde se dan problemas con la uniformidad de la complicada transferencia de calor: El calor va desde el núcleo fundido a través del área superficial solidificado hasta el metal líquido que se utiliza como refrigerante, además de la pared del molde y al agua que circula en canales en esta pared. Es casi imposible 5 llevar a un esquema de enfriamiento definido y uniforme con una disposición de este tipo.

La patente US 3128513 A describe un procedimiento de colada en el que se utiliza sal fundida como refrigerante. Por lo tanto, la barra tiene una mayor densidad que el refrigerante y baja al fondo del recipiente. La presión del interior líquido de la barra se usa para formar la sección transversal de la barra, pero esto también comporta un número de 10 problemas e incluso riesgos peligrosos (ruptura del metal fundido, etc.). El refrigerante se mantiene simplemente en el recipiente sin agitación alguna, en algunas realizaciones en las que se usan moldes para la barra que se pueden desmontar, el contacto entre la superficie de la barra y el refrigerante es complicado.

La patente US 3.874.439 A describe un enfriamiento indirecto de la barra con metal fundido.

15 La patente JP 62101353 A describe un procedimiento de colada convencional para tubos. Con el fin de formar la superficie interior lisa y correctamente se inserta un núcleo hueco en la tobera. El núcleo hueco es enfriado en su interior con metal fundido en lugar de agua con el fin de evitar cualquier peligro de contacto directo del agua y metal fundido (explosión de vapor) en caso de un accidente. No hay contacto directo entre la barra y el metal líquido.

20 Hablando en general, la introducción de la colada continua es un modo muy efectivo de producir productos semiacabados. Los productos son lingotes de laminación, palanquillas de extrusión, flejes y alambres, a veces también tubos, además de piezas forjadas y en pequeñas cantidades también pre-material tixotrópico. Los materiales de colada son aluminio, cobre, magnesio, níquel y sus aleaciones así como también acero. El gran número de parámetros que 25 influyen en el proceso de colada ha llevado al desarrollo de muchos diseños de moldes diferentes.

Normalmente la masa fundida de la colada es enfriada indirectamente por un molde en tanto esto sea necesario para solidificar una corteza suficientemente fuerte para soportar las tensiones en la salida del molde y para resistir una 30 ruptura de la masa fundida de colada líquida. Poco después de la salida del molde la barra es enfriada directamente con agua ejecutado como enfriamiento en película o como enfriamiento por pulverización o un enfriamiento en dos fases con agua y aire. La fase de enfriamiento directo asegura la solidificación del núcleo líquido de la barra. A veces la segunda fase de enfriamiento es seguida de una tercera, una inmersión en un baño de agua o una fase de enfriamiento suave con un flujo de aire.

35 La variante de procedimiento con una fase de enfriamiento indirecto en el molde y una fase de enfriamiento directo siguiente con agua o agua y aire corresponde al estado de la técnica, pero la desventaja de este concepto de enfriamiento es que la fricción entre el molde y la barra provoca daño de la nueva superficie formada. Además, el recalentamiento de la corteza de la barra inducido por la capa de aire que surge entre el molde y la barra como consecuencia de la contracción por solidificación también es desventajosa. Estos dos fenómenos conducen a defectos tales como grietas 40 de superficie (en caso de fricción demasiado alta), segregación y variaciones de tamaño de célula, doblado significativo de la corteza para la capa subsuperficial de una barra de colada continua. En cualquier caso la subsuperficie es muy diferente del núcleo de la barra y por tanto tiene que ser mecanizada especialmente en lingotes de laminación. Esto significa que es necesaria una etapa de procedimiento adicional que conduce a costes adicionales. Un enfoque para 45 reducir el grosor de la capa subsuperficial es la aplicación de lubricante. Se han desarrollado muchos sistemas de lubricación diferentes que aplican lubricante pero también mezclas de lubricante/gas para reducir la fricción y la eliminación de calor en el molde, pero no fue posible una eliminación completa de la capa subsuperficial. Otro enfoque fue reducir la longitud del molde con el fin de reducir el grosor de la capa subsuperficial, requiriendo un sistema de control de proceso mejor y por tanto más costoso.

50 Para la producción de cristales simples se utiliza un molde calentado en el denominado procedimiento de colada continua de Ohno (OCC), las temperaturas del molde son mayores que el punto de fusión del material de colada con el fin de evitar la nucleación en la pared del molde y asegurar la solidificación direccional axial. La eliminación de calor necesaria para este procedimiento se realiza por enfriamiento directo sólo en una posición a una distancia definida de la salida del molde. Las barras producidas en este procedimiento son siempre cristales simples con una 55 superficie muy lisa. Pero la producción de cristales simples no es la finalidad de la colada continua usual, ya que las barras producidas deberían poder formarse por laminación, extrusión o forja u otro proceso en frío o en caliente con propiedades isotrópicas.

Entre estos dos tipos de procedimiento (colada con molde enfriado y colada con molde calentado) subyace la 60 posibilidad de trabajar con un molde de aislamiento y enfriar la barra sólo por enfriamiento directo. Esto también asegura una barra libre de capa subsuperficial, lisa cuando se trabaja con parámetros de procedimiento correctos. Cuando la longitud del molde activo es muy corta este procedimiento requiere un sistema de control de proceso muy rápido y seguro.

65 Una característica que tienen en común la mayor parte de los procedimientos descritos es que el uso de agua como refrigerante induce una película de vapor más o menos estable en la superficie enfriada, dependiendo de la temperatura de superficie y de la densidad de suministro de agua de enfriamiento. Esto conduce a un coeficiente de transferencia de calor fuertemente variable durante la fase de enfriamiento directo. Dependiendo del concepto de enfriamiento, son

ES 2 290 675 T3

decisivas las propiedades del material de colada, la rugosidad de la superficie de la barra, la densidad de suministro de agua y la velocidad del agua así como también la temperatura del agua. Pero estos parámetros influyen en el desgarro en caliente, desarrollo de grietas de superficie y posiblemente en la velocidad de colada. Debido a que los parámetros pueden cambiar durante el proceso de colada también puede cambiar la calidad del producto.

5 La patente EP 063832 describe un concepto para la “colada” de una muestra que solidifica en su molde y por tanto no es realmente un procedimiento de colada, aún menos un procedimiento de colada continua.

10 La patente DE 4127792 describe la colada de una muestra problemática en un molde pre-calentado con propiedades geométricas especiales, donde tiene lugar una forma especial de solidificación. Esto es un procedimiento de colada pero no tiene nada que ver con un procedimiento de colada continua.

15 Como se puede apreciar, existe un gran interés en un procedimiento y dispositivo de colada continua simple, fiable, que evite las desventajas citadas sin pérdida de las ventajas de los procedimientos conocidos.

20 Con el fin de conseguir este objetivo, la invención se propone utilizar uno o más chorros o corrientes de metal licuado o líquidos iónicos como medio de enfriamiento con flujo turbulento y, de forma ventajosa, un molde aislado. Esto asegura que no exista película de vapor de agua en la superficie de la barra y que el refrigerante golpee la barra de un modo definido tras un tratamiento definido. Esto garantiza que las propiedades y características de enfriamiento están bien definidas y son controlables.

25 Líquidos iónicos o líquidos designados es el nombre para un grupo de sales compuestas por cationes orgánicos y principalmente aniones inorgánicos los cuales tienen un punto de fusión inferior a 100°C. Estos se pueden usar con la invención en tanto no se descompongan a la máxima temperatura de trabajo del procedimiento o reaccionen con la barra en las circunstancias dadas. En la siguiente descripción se encuentran estos, en la mayoría de los casos no citados de forma expresa, pero siempre incluidos cuando se usa el término “metal fundido” o “refrigerante” o similar.

30 El molde comprende preferiblemente un molde de aislamiento que permite una solidificación de la corteza de la barra en la proximidad de la salida del molde. Esto es responsable de la prevención de muchos defectos de superficie y de la prevención de una capa subsuperficial no deseada. La solidificación tiene lugar con la influencia del enfriamiento directo. El enfriamiento directo se utiliza un metal líquido tal como plomo, estaño, bismuto, galio, indio o aleaciones de estos así como también otros metales líquidos o aleaciones que son líquidas por debajo de la temperatura de solidificación del metal o aleación de colada.

35 El rasgo característico del enfriamiento directo en colada continua con metal líquido asegura un comportamiento de enfriamiento muy constante, evita, si así se desea, la oxidación de la superficie de barra recién formada y elimina por completo el peligro de explosiones como consecuencia del uso de agua como refrigerante. Adicionalmente, se pueden eliminar el desgarro en caliente y el desgarro en frío mediante la elección del metal de enfriamiento y temperatura del metal de enfriamiento en la entrada del enfriador y salida del enfriador. La barra producida está sustancialmente exenta de la capa subsuperficial bien conocida que se encuentra normalmente en procedimientos de colada continua convencionales. La estructura granular de las barras producidas se puede controlar con ajuste de la temperatura del refrigerante.

40 En algunos casos, por ejemplo en colada de aluminio, o algunos otros metales, puede ser ventajosa la oxidación de la superficie, debido a que esto facilita un límite muy bien definido con el refrigerante en lo que respecta a reacciones e interacciones entre el refrigerante y la barra. En tales casos se puede insertar aire u oxígeno en el extremo aguas abajo del molde, la salida del molde (coquilla), pero aguas arriba de(de los) lugar(es) donde el(los) chorro(s) impacta(n) la superficie de la barra. Un modo muy simple para conseguir esto es (cuando tiene lugar la colada verticalmente) dejar una pequeña ranura anular entre la coquilla y la unidad de distribución de refrigerante, cuya ranura tiene una conexión con el aire del ambiente. En caso necesario se pueden usar equipamientos más sofisticados.

45 Además es posible unir la máquina de colada con una unidad de laminación ya que la temperatura de salida de la barra se puede ajustar y con ello se ahorrarán costes de energía para recalentamiento. En este tipo de procedimiento no es necesario lubricante, esto hace que el procedimiento sea más sencillo, más económico pero también aumente la calidad de la barra producida, ya que es sabido que el lubricante también interacciona y reacciona con la superficie de la barra caliente lo que conduce a enriquecimiento de hidrógeno y otros defectos de superficie.

50 El metal líquido como refrigerante se puede dirigir sobre la superficie de la barra caliente como película o chorro continuo o como gotas. La unidad de distribución de refrigerante puede estar realizada con una ranura continua alrededor del perímetro de la barra pero también puede estar constituida por segmentos ranurados a diferentes ángulos respecto a la dirección de retirada de la barra. Con el fin de aumentar la eliminación de calor es posible añadir fases de enfriamiento directo para asegurar un mayor área de transferencia de calor lo que conduce posiblemente a mayores velocidades de colada posibles. El molde en sí puede tener cualquier sección transversal y ser cilíndrico o cónico llegando a ser más ancho en la dirección de colada. Para velocidades de colada inferiores es también posible realizar la etapa de enfriamiento directo por inmersión de la unidad de distribución de refrigerante y de la barra caliente en un baño de metal de enfriamiento líquido.

ES 2 290 675 T3

En general es también posible operar un molde convencional con una primera etapa de enfriamiento indirecta y una etapa de enfriamiento directa secundaria con metal líquido como refrigerante, pero con el fin de evitar defectos de superficie conocidos y la capa subsuperficial no homogénea la longitud del molde enfriado tiene que ser muy corta.

- 5 Es posible usar el procedimiento de colada de acuerdo con la invención para colada continua vertical y horizontal (o en cualquier otro ángulo deseado). La invención se aplicó exitosamente para colada de cobre, magnesio y aluminio mostrando que se puede aplicar para todos los metales y aleaciones no ferrosas así como también para acero.

Son ventajas del nuevo concepto de enfriamiento:

- 10 Control de enfriamiento más fácil, ya que el coeficiente de transferencia de calor es muy constante en comparación con el de un enfriamiento directo con agua y en comparación con el de inmersión no definida en refrigerantes estancados constituidos por metales o sales líquidas.
- 15 No hay oxidación de la superficie de la barra recién formada, en caso que se deseé.
- 20 Superficie lisa sin defectos de superficie.
- 25 No existe o sólo un nivel despreciable de capa subsuperficial no homogénea de la barra de colada (no es necesario mecanizado).
- 30 Se puede controlar la estructura granular mediante ajuste de la temperatura del refrigerante.
- 35 Se pueden eliminar el desgarro en caliente y en frío mediante ajuste y control de la temperatura de refrigerante en las diferentes fases de las fases de enfriamiento así como también con la elección del metal (o aleación) líquido como refrigerante.
- 40 Es posible la laminación en línea de la barra de colada y se ahorrarían costes de energía para recalentamiento.
- 45 No se necesita lubricante.
- 50 Diseño del molde más sencillo.
- La invención se describirá en mayor detalle con referencia a los dibujos. Los dibujos muestran en:
- la figura 1 un molde de acuerdo con la invención en una sección transversal vertical,
- la figura 2 otra realización de la invención en una vista similar,
- la figura 3 una tercera realización de la invención en una vista similar,
- la figura 4 una cuarta realización de la invención en una vista similar,
- la figura 5 una quinta realización de la invención en una vista similar,
- la figura 6 una sexta realización de la invención en una vista similar,
- la figura 7 una vista principal del sistema de enfriamiento y
- la figura 8 una vista principal de un enfriador de la barra.

La figura 1 muestra una barra con dirección de vertido vertical. El enfriamiento se hace en un modo completamente nuevo, utilizando un enfriador de barra completamente equipado que de algún modo se hace funcionar de forma similar al intercambiador de calor conocido de la industria química. La masa fundida 1 es succionada desde la artesa 2 (que puede estar calentada) al molde 3 y solidifica en la salida del molde ya que la barra 4 es enfriada por un refrigerante de metal líquido 8 en toda la longitud de una unidad de enfriamiento. El refrigerante 8 rellena todo el espacio 11 en forma de ranura entre la superficie de la barra 4 y la superficie interior de un conducto 12 el cual rodea la barra. La temperatura de la barra 4 disminuye durante su movimiento a través de la unidad de enfriamiento de la barra cuyo extremo alcanza. Una unidad de limpieza 7 de la barra asegura el desprendimiento del refrigerante de la barra 4.

Sin embargo al contrario que los intercambiadores de calor habituales, el refrigerante frío se alimenta es el enfriador de la barra 5 y se distribuye como sea requerido para la conformación de la colada por parte de una unidad de distribución de refrigerante 6. El refrigerante 8 abandona la unidad de distribución de refrigerante 6 bien a través de una ranura que tiene la forma de un anillo (dependiendo de la conformación de la colada) y se dirige a la superficie de la barra 4 o a través de una pluralidad de aberturas o toberas que están dispuestas a lo largo de un conducto cerrado y se dirigen a la superficie de la barra también. La variante con la ranura forma una "pared" cerrada, cónica de refrigerante 8 en flujo, la variante con las aberturas una pluralidad de chorros 10 de refrigerante 8. En ambos casos es importante

ES 2 290 675 T3

que la velocidad del refrigerante 8, cuando abandona la unidad de distribución de refrigerante 6, sea suficientemente elevada para hacer el flujo turbulento. La razón para esto es que un flujo turbulento tiene una capacidad mucho mayor para el transporte de calor en la dirección normal (lejos de la barra) respecto a la dirección de flujo que un flujo laminar.

5 La situación en la figura 1 con la pared o chorros 10 fluyendo en su medio, significa que a cierta distancia de la unidad de distribución de refrigerante 6 la combinación del movimiento de la barra 4 con el movimiento del refrigerante 8 debido a su circulación, forzado por una bomba como se describe posteriormente, supera los chorros 10 o pared y el modelo de flujo en el refrigerante 8 inducido por ellos.

10 Desde la salida del molde hasta una unidad de recogida de refrigerante 9, el refrigerante 8 adquiere calor de la barra 4 caliente, con lo que se calienta. La unidad de recogida de refrigerante 9 asegura la distribución de refrigerante requerida a lo largo del perímetro de la barra. Este tipo de procedimiento permite las mayores relaciones de enfriamiento pero necesita un control de presión exacto en la alimentación de refrigerante.

15 Con el fin de explicar la diferenciación entre flujo laminar y turbulento, se hace referencia a la figura 8, la cual muestra una ranura de forma circular entre dos paredes circulares, concéntricas, presentando el cilindro interior un diámetro "d", el cilindro hueco, exterior un diámetro interior "D", el diámetro hidráulico "D_H" de la ranura se calcula según:

20
$$D_H = D - d$$

25 El diámetro hidráulico "D_H" de un anillo y de canales no circulares es equivalente al diámetro de un círculo con la misma sección transversal. Se enumeran diámetros hidráulicos para diferentes formas de sección transversal, por ejemplo, por parte de Robert H. Perry (Ed.): "Perry's Chemical Engineers' Handbook" (Sexta edición, 1984). Las páginas 5 a 25 y 5 a 26 de esta publicación se incorporan a este documento como referencia. Si un medio líquido fluye por la ranura con el diámetro hidráulico "D_H" (dado en metros) en la dirección normal al plano del dibujo, presentando una viscosidad cinemática ν (dada en m^2/s) y la velocidad media v (dada en m/s), el denominado número de Reynolds Re se puede calcular según:

30
$$Re = (D_H \cdot v) / \nu$$

35 El punto donde el flujo laminar se vuelve flujo turbulento no sólo depende de la sección transversal del canal, sino también de la forma del área de la sección transversal. Para números de Reynolds (que por definición son adimensionales) mayores de aproximadamente 12000 en el caso de canales en forma de ranuras anulares, el flujo es normalmente turbulento. De acuerdo con la invención, el número de Reynolds en caso de un "chorro de pared" debería ser al menos 15000 y preferiblemente mayor de 25000. Se tiene que mencionar que la ranura en la unidad de distribución de refrigerante 6 no es cilíndrica, sino cónica, pero las diferencias son suficientemente pequeñas para ser despreciadas.

40 En una realización preferida la unidad de distribución de refrigerante 6 comprende varias partes individuales, que se pueden ajustar una contra otra preferiblemente por medio de una rosca, con el fin de cambiar la anchura de las ranuras cónicas en la unidad de distribución de refrigerante 6. Esto permite que el operador cambie fácilmente la anchura de las ranuras, y con ello el número de Reynolds, incluso durante el funcionamiento.

45 En caso de aberturas discretas o toberas con el diámetro libre d (en metros), el número de Reynolds se define según:

$$Re = (d \cdot v) / \nu$$

50 El cambio de flujo laminar a turbulento tiene lugar con esta geometría en un punto entre $2600 \leq Re \leq 4000$, en función de la dificultad para definir efectos de segundo orden. El número de Reynolds en caso de chorros individuales de este tipo debería ser por tanto al menos 5000, preferiblemente mayor de 7500.

55 Para todos los metales líquidos refrigerantes que se pueden usar así como también líquidos iónicos, se puede encontrar la viscosidad cinemática en las hojas de datos o libros texto de química o metalurgia, la viscosidad viene dada por el área de sección transversal conocida (en m^2) de la ranura y el volumen de refrigerante (en m^3) que pasa por segundo, la anchura de la rendija (que es la mitad de su diámetro hidráulico) es conocida por la construcción, por tanto, con esta descripción a mano el experto en la materia no tiene problema alguno para alcanzar el flujo turbulento que es usado en la invención.

60 La figura 2 representa un tipo de procedimiento en el que la barra de colada 4 puede ser enfriada más suavemente que en el tipo de procedimiento de la figura 1. La masa fundida de colada 1 se succiona desde la artesa 2 (que puede estar calentada) al molde 3 y solidifica en la salida del molde ya que el calor es retirado por el refrigerante en contacto directo con la barra 4. En lugar de un conducto 12 se proporciona una cámara de enfriamiento 13 en torno a la zona donde la barra 4 solidifica durante su movimiento. La cámara de enfriamiento 13 sirve para recoger el refrigerante caliente. En el extremo del fondo de la cámara de enfriamiento 13 se fija una unidad de limpieza de la barra 7, esto asegura que no queda refrigerante (en un sentido técnico) en la superficie de la barra. El refrigerante "frio" se

ES 2 290 675 T3

distribuye a lo largo del perímetro de la barra como se requiera para el conformado de la barra de colada con una unidad de distribución de refrigerante 6. Tras entrar en contacto con la barra 4 el nuevo refrigerante caliente fluye hacia el fondo de la cámara de enfriamiento 13 y luego la abandona por la salida de refrigerante.

- 5 La figura 3 representa un procedimiento de colada de acuerdo con la invención, y molde, respectivamente, con una velocidad de eliminación de calor que es sustancialmente mayor que la de los procedimientos de colada anteriormente citados mostrados en la figura 2. Debido a dos etapas de enfriamiento consecutivas se consigue una velocidad mayor de flujo de calor fuera de la barra 4 hasta el refrigerante 9. Con esto se proporcionan alimentaciones de refrigerante separadas para cada etapa de enfriamiento. La masa fundida de colada 1 en la artesa 2 (que puede estar caliente) se 10 succiona al molde 3 y solidifica a la salida del molde. La eliminación de calor axial en la barra 4 es, en una primera fase de enfriamiento, similar a aquella de acuerdo con la figura 2 pero llega a aumentar con una segunda fase de enfriamiento en una unidad de enfriamiento adicional, que es similar a la unidad de enfriamiento mostrada en la figura 1.
- 15 El dispositivo para la primera fase de enfriamiento está constituido por un distribuidor de refrigerante 6 que produce una película de refrigerante 14. El dispositivo para la segunda fase de enfriamiento está constituido por una unidad de distribución de refrigerante 6' y un conducto unido 12, que actúa como un tubo intercambiador de calor, que asegura una mayor eliminación de calor que una fase de enfriamiento. Se limpia la barra 4 (limpieza técnica) del refrigerante 8 que quede sobre la superficie con la unidad de limpieza 7. Una cámara de enfriamiento o recogida 15 incluye toda 20 la unidad de enfriamiento.

- Las figuras 4, 5 y 6, respectivamente, muestran dispositivos similares a los descritos en las figuras 1, 2 y 3, respectivamente, pero con vertido horizontal de la barra. La colada continua con vertido horizontal es bien conocida en la técnica, por parte de un experto en la materia no hay problema para adaptar la invención a esta versión de colada.
- 25 La única diferencia que se debería citar es que el metal líquido tiene una densidad mucho mayor que el agua que se ha usado principalmente en la técnica anterior. Por tanto el refrigerante aplicado libremente en los dispositivos de acuerdo con la figura 5 y la primera fase de enfriamiento de la figura 6 debe ser presurizado de forma diferente en la parte superior y en la parte inferior de la barra 4.
- 30 La figura 7 muestra el diagrama de flujo de toda la planta de colada: El metal líquido utilizado como refrigerante es almacenado en un tanque 16, que necesita estar calentado con una unidad de calentamiento 17 antes de comenzar el procedimiento de colada. El refrigerante líquido es bombeado por la bomba 18 a la unidad de enfriamiento 5. En la unidad de enfriamiento 5 se capta calor de la barra 4 caliente, luego el refrigerante caliente abandona la unidad de enfriamiento y se desprende de este calor en el intercambiador de calor 19. Luego el refrigerante frío fluye de nuevo 35 al tanque de refrigerante 16. La eliminación de calor en el intercambiador de calor 19 se puede usar para diferentes fines, en cualquier caso puede ayudar a ahorrar costes de energía en una compañía. El tanque de refrigerante 16 así como también todo el sistema de enfriamiento necesita estar exento de aire y especialmente de oxígeno, esto se asegura mediante lavado del tanque de refrigerante 16 y de la unidad de enfriamiento 5 con gas inerte 20. Como gas inerte 20 se 40 pueden usar todos los gases conocidos en la técnica como tales, estos tienen que permanecer inertes a las temperaturas dadas en contacto con el refrigerante y el material de la barra. Por supuesto, es ventajoso usar el mismo gas inerte en el tanque de almacenamiento 16 y en la unidad de enfriamiento 5. Toda la planta de colada puede comprender además una unidad de vertido de la barra 25 y una sierra volante 26 para cortar la barra 4 en trozos de cierta longitud.

- 45 Con el fin de alcanzar condiciones definidas y repetitivas en la unidad de enfriamiento 5, se prefiere tener sensores para la temperatura (TIC) 21, 22, sensores para el caudal (FIC) 23 y sensores para la presión (PIC) 24 al menos cerca de la entrada del agente de enfriamiento en la unidad de enfriamiento 5. Por supuesto, es ventajoso tener más puntos de medida dentro de este sistema.

- 50 La invención no se restringe a las realizaciones mostradas y descritas.

- El refrigerante puede ser un metal líquido tal como plomo, estaño, bismuto, galio, indio o aleaciones de estos así como también metales o aleaciones que tienen un punto de fusión inferior o igual al 60% del punto de fusión del material de colada. Además, es posible utilizar líquidos no metálicos, a saber, cualquier medio líquido que no reaccione con el material de la barra a las temperaturas en cuestión y que permanezca en un estado líquido a todas las 55 temperaturas implicadas en el proceso de enfriamiento. Este puede ser algunos compuestos orgánicos, especialmente para barras de aleaciones de bajo punto de fusión.

- No es necesario que el tanque de almacenamiento 16 esté dispuesto a nivel más bajo que el molde 3, pero por razones de seguridad se prefiere esta disposición. Si se proporciona otra disposición, la bomba 18 y otros accesorios tienen que estar dispuestos en otras posiciones, pero esto no conlleva problema alguno para el experto en la materia.

- 60 Los conductos, la bomba 18, los accesorios, los sensores 21, 22, 23, 24, el dispositivo de enfriamiento 5, los intercambiadores de calor de tubos y otros equipos para el refrigerante se encuentran, dada la descripción de la invención, fácilmente disponibles para el experto en la materia de metal de colada, pudiendo ser estos férricos o no.

- 65 Algunas características y ventajas adicionales de la invención son: El procedimiento de colada puede aplicar una o más etapas de enfriamiento directo. El uso de metal líquido como refrigerante evita, si así se desea, la formación de capas de óxido en la superficie de la barra. El ajuste de la temperatura de alimentación del refrigerante y caudal

ES 2 290 675 T3

de refrigerante permite un buen control de la velocidad de enfriamiento y de ahí la formación de estructura granular. La utilización de un molde de aislamiento o, de forma más precisa, una eliminación de calor baja en el molde, evita la formación de defectos de superficie y capas subsuperficiales no homogéneas. El uso de metal líquido para el enfriamiento directo en colada continua elimina el peligro de explosiones conocido del procedimiento convencional que

5 usa agua como refrigerante. Esto aumenta enormemente la seguridad en talleres de colada. Para este procedimiento de colada continua no es necesario lubricante. La aplicación de uno de los tipos de procedimiento anteriormente descritos en colada continua horizontal permite la laminación en línea de los lingotes de colada con el fin de ahorrar costes de energía para el recalentamiento del lingote. El procedimiento elimina el desgarro en caliente y en frío cuando se opera en los parámetros de procedimiento óptimos (temperaturas de refrigerante en diferentes fases de la unidad de enfriamiento). El procedimiento no tiene restricciones en lo que respecta a la conformación de la barra de colada o al número de barras de colada en paralelo.

10

Las plantas existentes se pueden adaptar fácilmente a la invención, los sistemas de enfriamiento existentes que usan agua pueden ser desmontados y reemplazados por el nuevo sistema. El molde por su parte apenas necesita adaptación

15 alguna, sólo es necesario que tenga la zona de enfriamiento en el extremo del molde, por tanto, se pueden utilizar mejor moldes aislados o moldes enfriados muy cortos.

Documentos indicados en la descripción

20 Esta lista de documentos indicados por el solicitante se ha recogido exclusivamente para información del lector, y no es parte constituyente del documento de patente europeo. Ha sido recopilada con el mayor cuidado; sin embargo, la EPA no asume ninguna responsabilidad por posibles errores u omisiones.

25 Documentos de patente indicados en la descripción

- US 3430680 A [0001] [0003]
- SU 863161 A [0001]
- US 3874438 A [0004]
- US 3128513 A [00010]
- US 5344597 A [0005]
- US 3874439 A [00011]
- US 4955430 A [0006]
- JP 62101353 A [00012]
- US 4510989 A [0007]
- EP 063832 A [00019]
- US 4751959 A [0007]
- DE 4127792 [0020]
- US 2363695 A [0008]

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la colada continua de metales tales como aluminio, cobre, magnesio, níquel y sus aleaciones, así como también acero, en el que se utiliza como refrigerante metal líquido o un líquido iónico, en el que este último es una sal compuesta por cationes orgánicos y principalmente por aniones inorgánicos, que presenta un punto de fusión inferior a 100°C, para el enfriamiento directo de la barra (4), en el que el refrigerante (8) se dirige de forma forzada a la barra en al menos un chorro (10) con flujo turbulento.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque el refrigerante (8) se selecciona del grupo constituido por plomo, estaño, bismuto, galio, indio o aleaciones de los mismos.
- 15 3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque el refrigerante presenta un punto de fusión, en grados centígrados Celsius, que es inferior o igual al 60% del punto de fusión del material de colada en grados centígrados Celsius.
- 20 4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque al menos una chorro (10) fluye en el refrigerante (8), que rellena todo el espacio (11) en forma de ranura entre la superficie de la barra (4) y la superficie interior de un conducto (12) que rodea la barra.
- 25 5. Procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, **caracterizado** porque el refrigerante (8) fluye esencialmente en la dirección en que se desplaza la barra (4).
- 30 6. Procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, **caracterizado** porque el chorro (10) tiene la forma de un chorro de pared cónica y porque su número de Reynolds es al menos 15000 y preferiblemente mayor de 25000.
- 35 7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado** porque el chorro (10) comprende una pluralidad de chorros individuales con forma de sección transversal circular y porque su número de Reynolds es al menos 5000.
- 40 8. Procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, **caracterizado** porque se suministra oxígeno o un gas que contiene oxígeno, preferiblemente aire, a la barra aguas arriba del punto donde el(los) chorro(s) impacta(n) con la barra.
- 45 9. Dispositivo para un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, con un tanque de almacenamiento (16) para el medio de enfriamiento, un elemento de calefacción (17) y una bomba (18), con conductos que comunican el tanque de almacenamiento (16) con un dispositivo de enfriamiento (5) para la barra (4) y, dado el caso, un intercambiador de calor (19) el cual está dispuesto en el conducto que transporta el refrigerante desde el dispositivo de enfriamiento (5) al tanque de almacenamiento (16), en el que el dispositivo de enfriamiento (5) incluye al menos una tobera que dirige el líquido de enfriamiento directamente a la barra, preferiblemente en la proximidad inmediata de la salida del molde, y una unidad de recuperación del refrigerante (9, 13, 15).
- 50 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque el dispositivo de enfriamiento (5) incluye un conducto (12) dispuesto en torno a la barra (4) o su trayecto, respectivamente, y forma un espacio en forma de ranura en torno a la barra (4) la cual se rellena con refrigerante (8).
- 55 11. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 ó 10, **caracterizado** porque está provisto de al menos una unidad de distribución de refrigerante (6) en la proximidad inmediata de la salida del molde, combinada con un conducto (12) dispuesto a alguna distancia de la al menos una unidad de distribución de refrigerante (6) en la dirección del movimiento de la barra (4) y que presenta una segunda unidad de distribución de refrigerante (6') en el extremo aguas arriba del conducto (12).
- 60 12. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, **caracterizado** porque está provisto de una unidad de limpieza (7) para la superficie de la barra (4), preferiblemente en el exterior del dispositivo de enfriamiento (5).
- 65 13. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado** porque el molde (3) es un molde aislado.
- 70 14. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado** porque la tobera presenta la forma de una ranura en forma de anillo que rodea la barra (4).
- 75 15. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado** porque está dispuesta una pluralidad de toberas a lo largo de una línea en forma de anillo, que rodean la barra (4).
- 80 16. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 14, **caracterizado** porque está provisto de una entrada para oxígeno o un gas que contiene oxígeno, preferiblemente aire, entre la salida del molde y la(s) tobera(s) para el refrigerante.

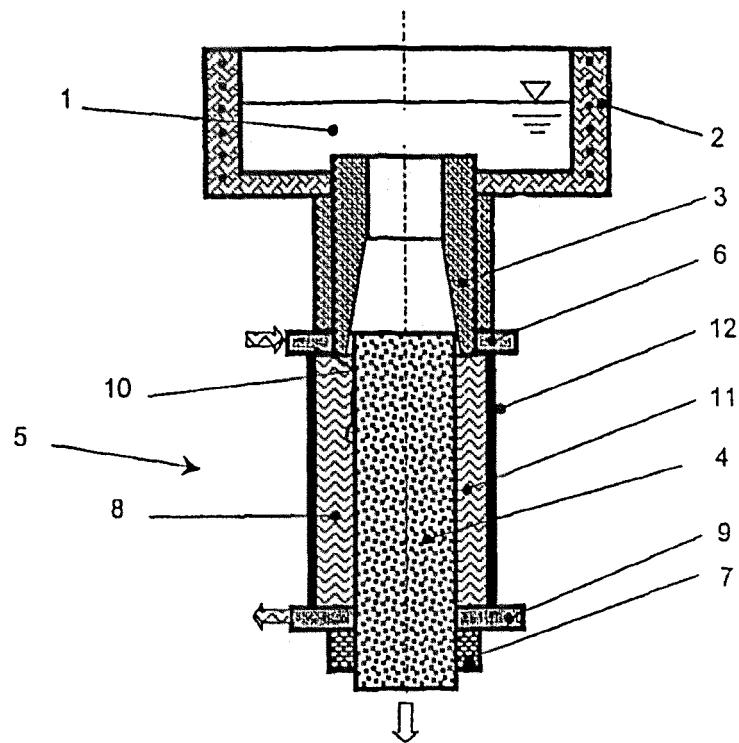


Fig. 1

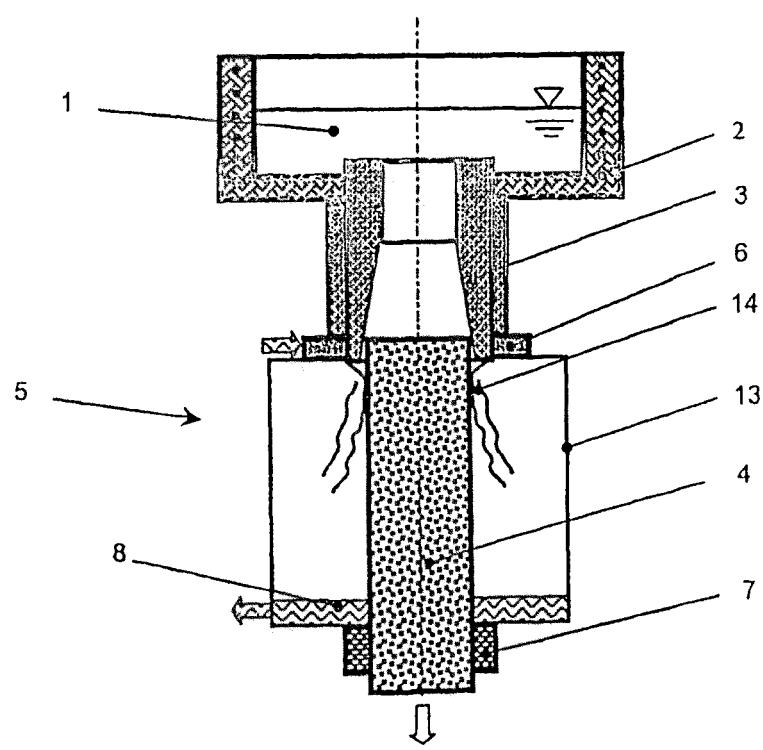


Fig. 2

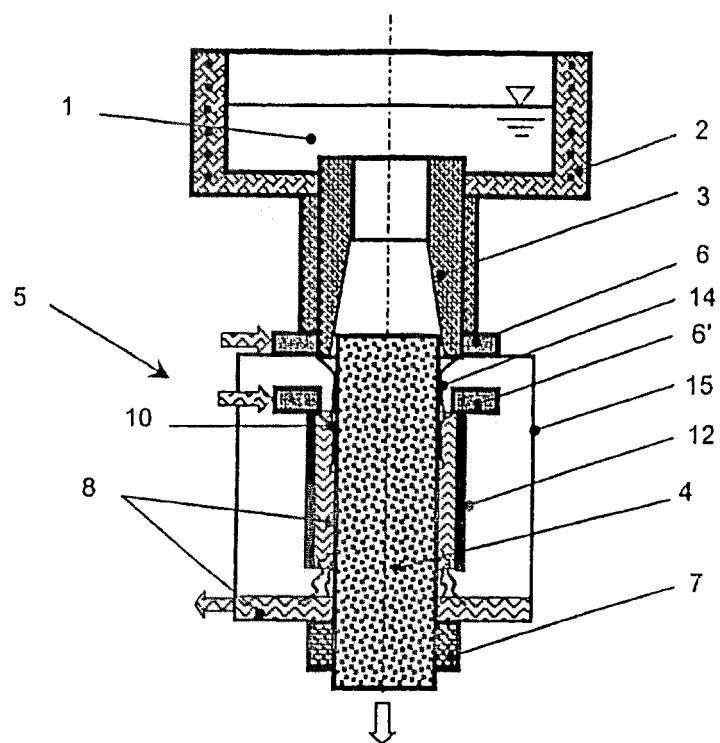


Fig. 3

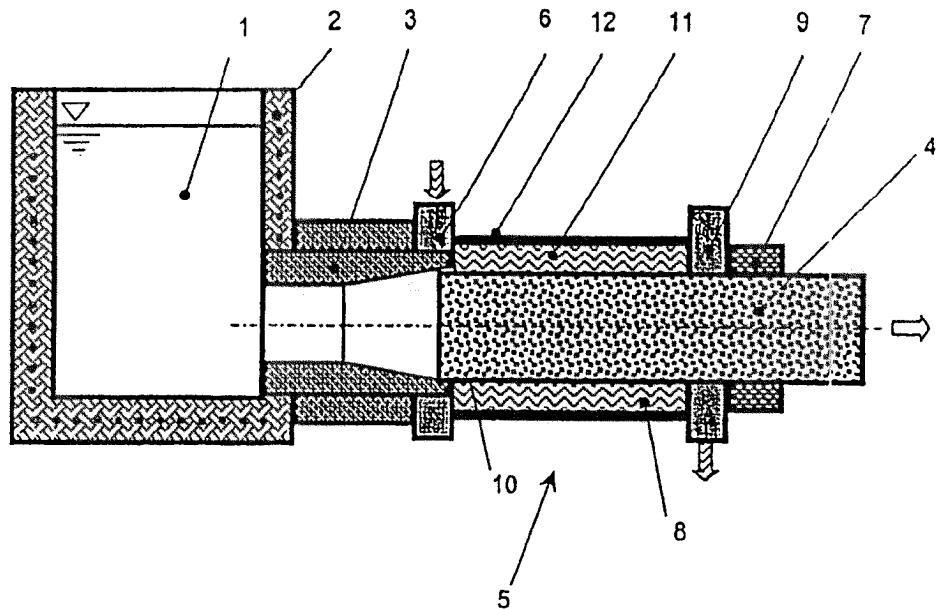


Fig. 4

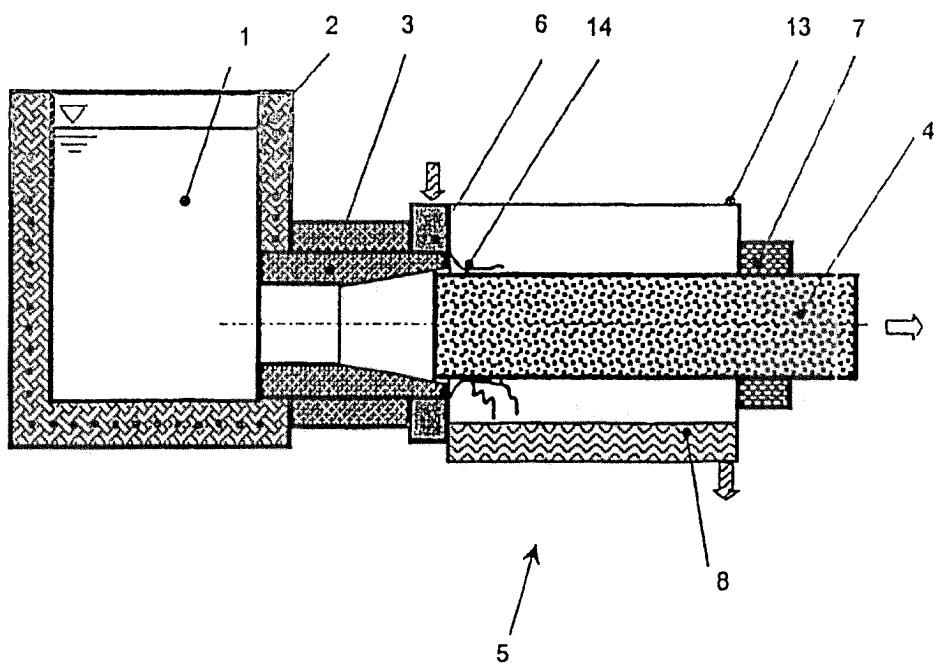


Fig. 5

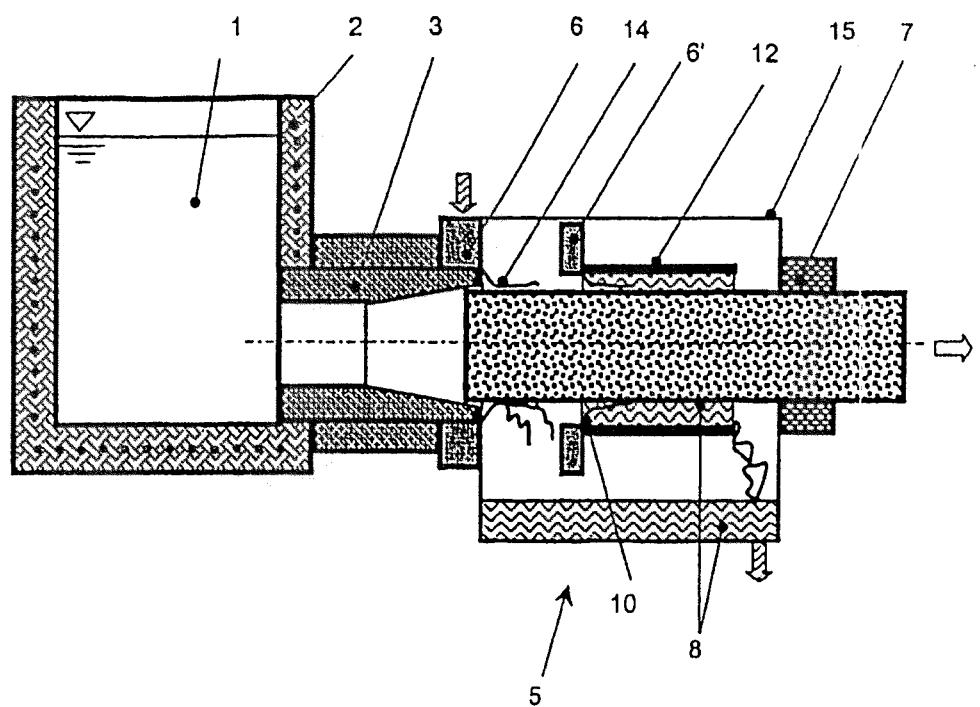


Fig. 6

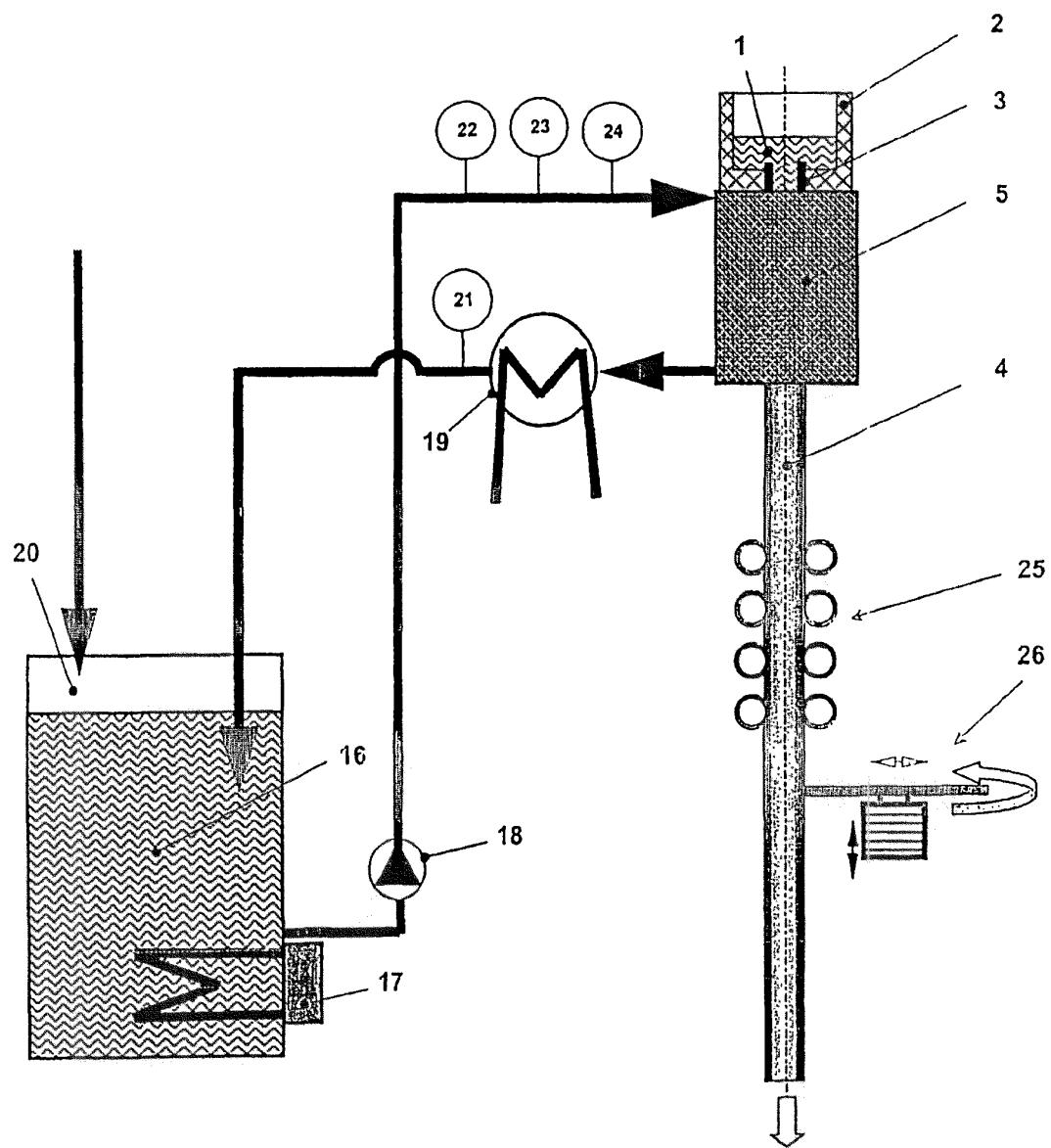


Fig. 7

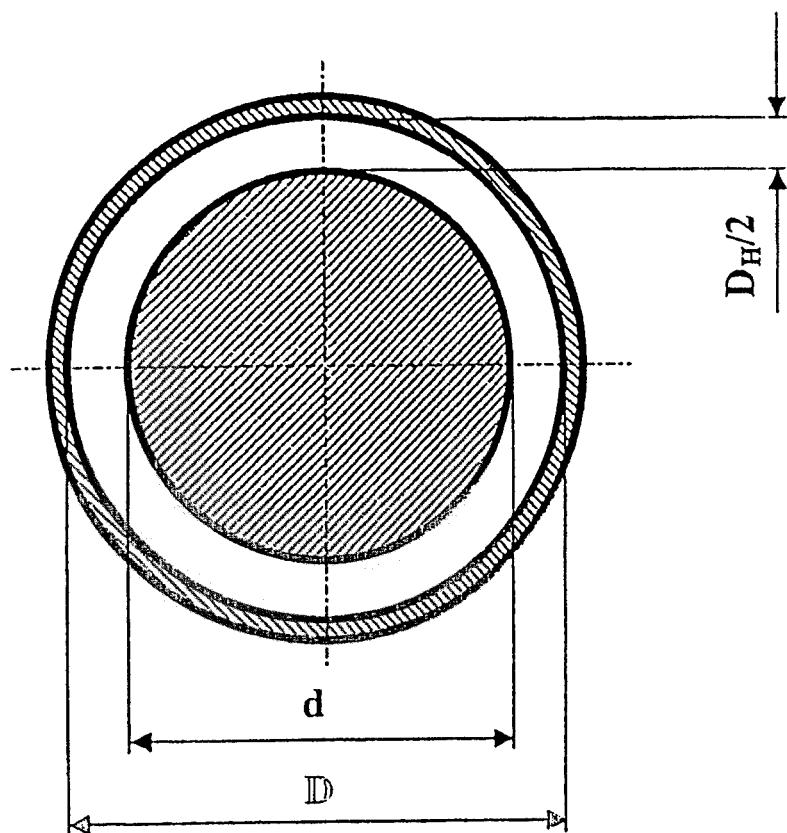


Fig. 8