

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 582**

51 Int. Cl.:

B22D 11/049 (2006.01)

B22D 11/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.01.2013** **PCT/FR2013/000008**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.07.2013** **WO13104846**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2013** **E 13706576 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016** **EP 2802427**

54 Título: **Dispositivo de enfriamiento de doble chorro para molde de colada semicontinua vertical**

30 Prioridad:

10.01.2012 FR 1200072

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

28.04.2017

73 Titular/es:

CONSTELLUM ISSOIRE (100.0%)
Rue Yves Lamourdedieu, ZI Les Listes
63500 Issoire, FR

72 Inventor/es:

JARRY, PHILIPPE;
RIBAUD, OLIVIER;
MENET, PIERRE-YVES;
JOUEP PASTRE, LAURENT;
WAZ, EMMANUEL y
MARIAUX, AURÈLE

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 610 582 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

Dispositivo de enfriamiento de doble chorro para molde de colada semicontinua vertical

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de fabricación de semiproductos como las placas de laminación y los lingotes de extrusión de aleaciones de aluminio mediante colada semicontinua vertical.

10 Más precisamente, la invención se refiere a un dispositivo y un proceso de enfriamiento directo, provistos de dos hileras de chorros, que garantizan un temple progresivo y continuo del producto en curso de solidificación, y especialmente durante la fase de arranque de colada, con el fin de controlar y minimizar el fenómeno de alabeo, y que autorizan un laminado en caliente, o extrusión, ulterior sin aserrado previo del pie de colada, y eso sin roturas ni grietas.

15 La lingotera puede o no constar, en su superficie de trabajo, de un inserto de grafito con el fin de mejorar el estado de superficie en régimen permanente.

20 Los productos pueden destinarse a la fabricación de cualquier aplicación en forma de chapas, bandas, perfiles o piezas de forja obtenidas por extrusión.

Estado de la técnica

25 Típicamente, las placas de laminación y los lingotes de extrusión se fabrican por colada en un molde, o lingotera, vertical colocado sobre una mesa de colada por cima de un foso o pozo de colada.

30 El molde es de sección rectangular en el caso de las placas o circular en el caso de los lingotes, con los extremos abiertos, a no ser el extremo inferior que está cerrado al principio de la colada por un falso fondo que se desplaza hacia abajo gracias a un descensor durante la colada de la placa o lingote, el extremo superior destinándose al suministro de metal.

El molde y el falso fondo definen la cavidad en la que se cuela el metal.

35 Al principio del proceso de colada, el falso fondo se sitúa en su posición más alta en el molde. En cuanto esté vertido y enfriado el metal, típicamente con agua, el falso fondo baja a una velocidad predeterminada. El metal solidificado se saca entonces por la parte inferior del molde, así se forma la placa o lingote.

40 Ese tipo de moldeo donde el metal extraído del molde se enfría directamente por impacto de un líquido refrigerante, se conoce con el nombre de colada semicontinua, típicamente vertical, con enfriamiento directo.

Con la colada semicontinua, la dificultad radica en conseguir pasar de la velocidad nula de principio de formación del producto a la velocidad de régimen permanente.

45 Este paso se traduce en una deformación del pie de placa, conocida por el especialista con el nombre de alabeo. De ser demasiado marcado, lo que se produce cuando el pie se enfría de forma demasiado violenta, el alabeo puede engendrar lo que el especialista llama "goteos", que a veces pueden degenerar en "enganche", es decir el bloqueo de la placa en su molde. El alabeo asociado a un régimen de enfriamiento inadecuado puede desembocar, de forma menos catastrófica, en la ruptura del pie o en grietas en el pie. Dichas roturas o grietas son perjudiciales porque pueden propagarse en régimen permanente, conduciendo así al rechazo del producto, y si no, impiden por lo menos el laminado en caliente de la placa sin aserrado del pie para restaurar la integridad del producto.

50 Por último, un alabeo que no cause ningún rechazo de colada se traduce sin embargo en variaciones de sección del producto que pueden impedir el laminado de los productos sin aserrado del pie.

55 Para limitar el alabeo, es conocido por el especialista lo de extraer menos calor del producto durante la fase de arranque de colada que en régimen permanente. Para ello, se desarrollaron diferentes tecnologías (pulsación, inyección de CO₂ en el agua de arranque, uso de lingoteras en V y de falsos fondos abombados). Las técnicas más eficientes consisten en reducir suficientemente el flujo refrigerante durante el arranque para obtener un régimen de calefacción estable, que extrae mucho menos calor que el régimen de ebullición nucleada o el régimen de escorrentía. Además, se sabe que la velocidad de alabeo es una función creciente de la velocidad de arranque, lo que conduce a arrancar la colada a una velocidad que suele ser inferior a la velocidad de colada de régimen permanente. Por lo cual, es conocido por el especialista que los parámetros más importantes son la velocidad de llenado y la temperatura de colada, la baja extracción de calor al principio de la fase de arranque, gracias a una cantidad de agua suficientemente pequeña con una eficacia térmica adaptada en relación con su calidad, una velocidad de arranque apropiada con respecto al flujo de agua inicial y por último, al final de la fase de arranque, una rampa de aumento de velocidad de colada y de incremento del flujo de agua de enfriamiento que permite alcanzar

los parámetros de velocidad y de enfriamiento adaptados para el régimen permanente de colada mientras garantiza el buen estado del pie y la minimización de su alabeo.

5 Esto puede obtenerse con lingoteras conocidas con el nombre de "Waterhole" (moldes con agujeros) cuya estructura interior y diámetros de agujeros permiten obtener muy pequeños flujos mientras garantizan una muy buena uniformidad del flujo a lo largo del molde.

Estos moldes comprenden bien sea una hilera horizontal de agujeros o dos hileras superpuestas.

10 La solicitud WO 2005/092540A1 y las patentes US 7 007 739 B2, US 5 518 063, US 5 582 230 y US 5 685 359, de "Wagstaff Inc." divulgan un sistema de riego secuencial, en un primer tiempo con una primera hilera de agujeros con una incidencia de 22°, que permite obtener el régimen de calefacción del arranque, a la que se superpone una segunda hilera de chorros procedentes de agujeros a 45° que ponen fin a la calefacción y garantizan un enfriamiento suficiente en régimen permanente. La gran diferenciación entre el régimen con hilera de chorros con baja incidencia y el régimen con riego por los dos chorros de los que uno tiene alta incidencia, se reivindica de forma explícita por "Wagstaff Inc."

Cada uno de estos dos sistemas (con una o dos hileras como indicado más arriba) presenta desventajas:

20 - Los moldes del tipo "Waterhole" con una hilera de agujeros permiten obtener efectivamente un régimen de calefacción con pequeño flujo lineal, pero son muy sensibles a la calidad del agua. En efecto, por una parte el flujo lineal mínimo accesible con una sola hilera de agujeros no es tan pequeño como cuando sólo la mitad de los agujeros riega el producto, como en los moldes de "Wagstaff Inc." comercializados con los nombres de "Epsilon™" o "LHC™" (este último teniendo un inserto de grafito en las caras de trabajo). Por lo tanto, el punto de funcionamiento de estos moldes con una hilera de agujeros es, por construcción, más cercano a la transición hacia la ebullición nucleada, es decir al punto calificado como de Leidenfrost en la curva de Nukiyama conocida por el especialista, es decir que una pequeña variación de flujo a lo largo del molde, de temperatura del agua o de calidad del agua, fácilmente puede hacer pasar el punto de funcionamiento de la calefacción hacia la ebullición nucleada. Por lo cual, dichos moldes no pueden utilizarse correctamente cuando el agua está demasiado fría, o cuando es susceptible a variaciones de calidad periódicas.

25 - Por su parte, los moldes con enfriamiento secuencial ("Epsilon™" y "LHC™" de "Wagstaff Inc.") son mucho menos sensibles a la calidad del agua, porque su punto de funcionamiento está más alejado del punto de Leidenfrost, debido al flujo muy pequeño de arranque obtenido cuando sólo la mitad de los agujeros riega el producto, y que además es con baja incidencia. Sin embargo, esta tecnología presenta distintas desventajas:

30 - La primera desventaja de esta tecnología, que reivindica explícitamente la diferenciación entre el primer y el segundo régimen de riego, es el fenómeno de doble alabeo.

40 En efecto, un primer alabeo se produce al arrancar con la primera hilera de chorros con una incidencia de 22°. Pero un segundo alabeo se produce durante la activación de los chorros a 45°. Cabe notar que el fenómeno mecánico de alabeo no se para repentinamente, sino que sigue surtiendo efectos hasta ya tarde durante la colada, o sea a 1 m de longitud de colada y más. Este sistema de riego secuencial contribuye a alargar significativamente este régimen mecánico transitorio de alabeo. Durante el laminado en caliente ulterior de la placa, esto se traduce en un riesgo de agrietamiento entre el primero y el segundo alabeo y en los consiguientes rechazos de laminado. Así, los moldes de la técnica anterior se optimizaron a partir del único criterio de recubrimiento durante la colada y no de la resistencia al laminado de los pies de placa así formados.

45 - La segunda desventaja atañe al abombamiento del pie, prolongado debido al flujo muy pequeño de riego de la primera fase de arranque de colada.

50 - La tercera desventaja es la incompatibilidad de esta tecnología con la colada de aleaciones calificadas como duras. En efecto, éstas suelen caracterizarse por una alta sensibilidad al agrietado en caliente por una parte, y por lo que rápidamente aparecen tensiones muy importantes durante el enfriamiento. Es imperativo limitar todos los gradientes locales de temperatura que puedan traducirse en tensiones interiores localmente muy importantes. Ahora bien, por una parte la fase de riego con flujo muy pequeño es susceptible al agrietado en caliente, y eso por dos razones: el tiempo excesivo pasado por el metal de superficie en la zona peligrosa de fracción solidificada (presencia de una fracción líquida residual fragilizante) antes del impacto situado muy abajo de los chorros a 22°, y el espacio excesivo entre los chorros a 22° que crean gradientes térmicos locales susceptibles al inicio de agrietados, por otra parte la aplicación repentina de un segundo riego con alta incidencia después del régimen con baja incidencia crea precisamente las condiciones de aparición de un gradiente térmico local muy alto y de las consiguientes tensiones.

Problema planteado

La presente invención propone una solución al problema de doble alabeo y de calidad del pie de placa, sin las desventajas que se observaron para las soluciones ya existentes, entre otras cosas y en particular para las aleaciones duras.

Pretende optimizar el arranque de la colada no sólo a partir de un criterio de recubrimiento durante el arranque, sino también a partir de un criterio de transformabilidad ulterior por laminado en caliente.

Pretende ampliar igualmente el campo de aplicabilidad a todos los tipos de aleaciones de aluminio.

Es de notar al respecto que todas las aleaciones de aluminio de que se trate en lo que sigue se designan, salvo indicación contraria, según las designaciones definidas por la "Aluminum Association" en las "Registration Record Series" que publica periódicamente.

Objeto de la invención

La invención tiene por objeto un dispositivo de enfriamiento de un molde de colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión 3, constituido por dos hileras de agujeros, situadas por todo el perímetro interior de la cavidad del molde, en su parte inferior de salida de la placa o lingote 3, cada una de las hileras de agujeros situándose cerca de un plano perpendicular al eje vertical del correspondiente molde, caracterizado por lo que:

a) Las dos hileras de agujeros están unidas a una sola y misma cámara de líquido refrigerante 2 provista en el cuerpo del correspondiente molde,

b) La primera hilera de los correspondientes agujeros, o sea la más alta dentro del molde vertical, o también la antepuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, está unida a la correspondiente cámara 2 mediante canales que permiten la proyección 4 del correspondiente líquido refrigerante sobre la correspondiente placa o lingote 3 con un ángulo de incidencia de $32 \pm 13/5$, y preferentemente $+ 5$, grados con respecto al eje vertical del molde,

c) La segunda hilera de los correspondientes agujeros, o sea la más baja dentro del molde vertical, o también la pospuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, está unida a la correspondiente cámara 2 mediante canales que permiten la proyección 5 del correspondiente líquido refrigerante sobre la correspondiente placa o lingote 3 con un ángulo de incidencia de 22 ± 5 grados con respecto al eje vertical del molde,

d) Los agujeros de la segunda hilera, la más baja o también la pospuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, se sitúan sensiblemente en la mediatriz del intervalo entre dos agujeros de la primera hilera, o sea la más alta o la antepuesta, de acuerdo con el eje vertical del molde.

Según un modo de realización preferente, las dos hileras de agujeros y los correspondientes canales se organizan con respecto a la cámara de líquido refrigerante 2 para poder distribuir simultáneamente el correspondiente líquido con flujos y velocidades sensiblemente iguales en las dos hileras de agujeros, tanto durante la fase de arranque como durante el régimen permanente de la colada. Esto se obtiene utilizando agujeros de diámetros sensiblemente iguales en una misma hilera y entre las dos hileras.

Preferentemente, las dos hileras de agujeros del correspondiente dispositivo de enfriamiento se sitúan la una con respecto a la otra de modo que produzcan chorros 4 y 5 que, si están tendidos, forman en cualquier momento de la colada, tanto durante el arranque como durante el régimen permanente, impactos sobre la superficie sensiblemente vertical que contiene la cara de trabajo del molde, separados uno de otro por una distancia comprendida entre 10 y 40 mm según la dirección vertical.

Preferentemente también, el diámetro de cada uno de los correspondientes agujeros de cada hilera es de 3 ± 1 mm.

Ventajosamente, el espacio entre dos agujeros adyacentes en una misma hilera está comprendido entre 10 y 30 mm.

La invención también tiene por objeto un proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento como se ha descrito anteriormente para la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión 3, en el que el flujo total de agua de enfriamiento para el conjunto de los agujeros de las dos hileras, o sea el flujo que sale de la cámara de líquido refrigerante 2, está comprendido entre 0,3 y 0,8 l/min por cm lineal de perímetro de molde, al principio de la fase transitoria de arranque de la colada, fase durante la que el flujo de líquido refrigerante y la velocidad de colada no alcanzaron su valor de régimen permanente como se ha descrito en el párrafo "Estado de la técnica", y se aumenta después para alcanzar el flujo requerido para el régimen permanente de colada típicamente de 1 l/cm/mi o más.

Más preferentemente, el correspondiente flujo de agua al principio de la fase transitoria de arranque de la colada está comprendido entre 0,4 y 0,6 l/cm/min.

5 De manera ventajosa, el líquido refrigerante se lleva simultáneamente al conjunto de los agujeros de las dos hileras durante la fase de arranque de colada, de modo que el fenómeno de alabeo se produce de manera progresiva, repartida y continua, mientras resulta minimizado por el flujo del correspondiente líquido.

10 Según un modo de realización particular, el proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento para la colada semicontinua vertical de placas de laminación 3, utiliza un molde de colada provisto de un falso fondo plano cuyos rebordes están comprendidos en un plano sensiblemente horizontal.

15 Según un modo de realización más ventajoso aún, se utiliza un molde de colada provisto de un falso fondo abombado, o también un molde de colada provisto de un falso fondo plano con reborde curvado, de modo que, en ambos casos, el centro de las caras del producto esté sometido, durante la fase de arranque de colada, al enfriamiento directo por el líquido refrigerante, antes de que las zonas de la cara de laminación más alejadas del centro de dicha cara hayan salido del molde.

20 Por último, el correspondiente proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento para la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión 3, puede utilizar un molde de colada provisto, en su superficie de trabajo, de un inserto de grafito 1.

Descripción de las figuras

25 La figura 1 representa la longitud de calefacción en milímetros, obtenida en el caso del ejemplo 1, según el flujo lineal inicial de arranque de la colada, en l/cm de perímetro de molde y por minuto, para tres tipos de moldes de mismo formato 2600 x 350 mm:

- 30 - Un molde con una sola hilera de agujeros con una incidencia de chorro de 30° (referencia 30, símbolos cuadrados),
- Un molde con dos hileras de agujeros con incidencias de 45 y 22° respectivamente, activados simultáneamente (referencias 45/22, símbolos circulares),
- 35 - Un molde con dos hileras de agujeros con incidencias de 32 y 22° respectivamente, según la invención (referencias 32/22, asteriscos).

40 La figura 2 representa la variación de la temperatura de superficie de las placas del ejemplo 1, medida sensiblemente a media anchura a la salida del molde, en °C, según el mismo flujo y para los mismos moldes con las mismas referencias que anteriormente.

Destacan tres zonas: la zona I sin calefacción, la zona II con calefacción estable y buen estado del pie de colada, la zona III con calefacción pero agrietamiento en caliente del pie.

45 La figura 3 representa la evolución del alabeo, obtenido en el caso del ejemplo 1, en milímetros, según el flujo lineal inicial de arranque de la colada, en l/cm lineal de perímetro de molde y por minuto, para tres tipos de moldes idénticos a los anteriores y con las mismas referencias.

50 La figura 4 representa el tamaño de las celdas de solidificación, en mm, de acuerdo con la distancia hasta la costra de fundición, en mm, obtenidas en régimen permanente en una placa del ejemplo 2. Los símbolos en asterisco son relativos al molde con dos hileras de agujeros con incidencias de 32° y 22° e inserto de grafito, según la invención, y los símbolos en círculo a un molde LHC™ de "Wagstaff" con dos hileras de agujeros con incidencias de 45° y 22°.

55 La figura 5 representa las formas típicas de bandas obtenidas por laminado en caliente de un pie de placa (sólo se dibujó media anchura), a la izquierda a partir de una placa colada con un molde según la invención, a la derecha con un molde LHC™ de "Wagstaff" 45/22 con enfriamiento secuencial durante la fase de arranque de constitución del pie.

60 La figura 6 representa una vista en sección de un molde según la invención, provisto de un inserto de grafito 1 en la cara de trabajo, su única cámara de agua en 2, la placa colada 3 representándose en el extremo izquierdo inferior de la sección, con un sombreado uniforme, con los dos haces incidentes a 32 y 22° de líquido refrigerante, respectivamente 4 y 5.

65 Según este modo de realización, la cámara consta de una pared o diafragma 6, provisto(a) de por lo menos un orificio 7, con el fin de regularizar el flujo de líquido suministrado.

Descripción de la invención

Para que ante todo el producto esté regado por un flujo muy pequeño, se utiliza el sistema de dos hileras de chorros.

Pero la solicitante observó que basta con dividir el flujo entre dos hileras de chorros simultáneamente activadas para obtener el efecto de calefacción requerido.

No se necesita ninguna activación secuencial de las dos hileras de chorros 4 y 5. Así, se activan simultáneamente para evitar la desventaja observada en caso de riego secuencial, a saber el fenómeno demasiado marcado de doble alabeo y la prolongación exagerada del régimen mecánico transitorio de arranque que origina un abombamiento del pie prolongado.

El ángulo de incidencia de los chorros es un parámetro esencial de la invención.

La incidencia de la primera hilera de chorros que riega el producto es la más directa. Ahora bien, la solicitante notó que cuanto más directa sea dicha incidencia, menos extendido está el campo de flujos donde la calefacción es estable. Por lo tanto, la primera hilera de chorros 4 que riega el producto ha de tener una incidencia del orden de $32 \pm 13^\circ$, y preferentemente $32 \pm 5^\circ$, para permitir el establecimiento de un régimen estable de calefacción. Por lo tanto, la segunda hilera de chorros 5 ha de tener una incidencia aún más baja, y de forma tal que la distancia de impacto entre las dos hileras de chorros sea suficiente para que el régimen de calefacción tenga tiempo para establecerse. De hecho, dos hileras de chorros demasiado cercanas son equivalentes a una hilera única de chorros. Típicamente, la segunda hilera de chorros 5 tiene una incidencia del orden de $22 \pm 5^\circ$ de modo que la distancia vertical entre los impactos de los chorros procedentes de cada una de las dos hileras esté comprendida entre 10 y 40 mm.

Así, se obtiene un efecto de temple progresivo espacialmente con un enfriamiento moderado, obtenido por una primera hilera, y después por una segunda hilera de chorros unos veinte milímetros más abajo. La progresividad espacial del temple puede mejorarse en dirección lateral gracias al uso de falsos fondos abombados o con rebordes curvados.

Pero la invención consiste también en obtener un efecto de temple progresivo temporalmente, gracias al aumento progresivo y simultáneo del flujo de agua en las dos hileras de chorros, lo que permite evitar el fenómeno particularmente marcado de doble alabeo inherente a la tecnología de chorros secuenciales.

Esto permite reparar asimismo los puntos débiles frente al agrietado en caliente situados entre los chorros de la primera hilera debido a su distancia. Estos puntos calientes se enfrían rápidamente con la segunda serie de chorros con baja incidencia situados sensiblemente en la mediatriz del intervalo entre los chorros de la primera hilera, lo que permite un temple progresivo de la superficie del metal.

La solicitante observó que el uso de hileras de chorros con incidencias de 32° y 22° permitía obtener un régimen de calefacción estable para aguas frías (hasta 10°C) y para flujos lineales significativamente más importantes (hasta $0,6 \text{ l/cm/min}$) que para las tecnologías ya existentes. Así, el régimen de arranque obtenido es muy resistente y garantiza un grado de recubrimiento cercano al 100 % durante la colada. Durante el laminado en caliente de placas no aserradas, también se demostró la ausencia total de agrietados en los extremos y a la orilla, gracias a la integridad de la suela y a la ausencia de perturbación de la sección vinculada a un fenómeno exagerado de doble alabeo.

La solicitante observó asimismo que, durante la colada de aleaciones duras, las grietas de superficie en régimen permanente, observadas en el caso de un molde con simple hilera de chorros, se eliminan con un molde con dos hileras de chorros con incidencias de 32° y 22° . La invención se va a entender más detalladamente gracias a los siguientes ejemplos, aunque no tengan ningún carácter limitativo.

Ejemplos**Ejemplo 1**

Se colaron placas de laminación en formato 2600 mm x 350 mm de aleación del tipo AA7449 en moldes con agujeros para enfriamiento por agua ("Waterhole") de diferentes tipos:

Un molde con una sola hilera horizontal de agujeros de 3,2 mm de diámetro separados entre ellos por 6 mm, con una incidencia de chorro de agua de enfriamiento en la placa a la salida del molde de 30° con respecto al eje vertical. Se sometieron a prueba flujos lineales de agua de enfriamiento, durante el arranque de la colada, de 0,45 a $0,51 \text{ l por cm lineal de perímetro de molde /min}$. A continuación se incrementó el flujo para alcanzar 1 l/cm/min en régimen permanente.

- Un molde con dos hileras de agujeros horizontales superpuestas, activadas simultáneamente, todos los agujeros teniendo un diámetro de 3,2 mm y estando separados entre ellos en cada hilera por 12 mm, en el que los impactos de los chorros procedentes de estas dos hileras están separados uno de otro según el eje vertical por 18 mm, cada uno de los agujeros de la hilera inferior situándose sensiblemente en la mediatriz del intervalo entre dos agujeros de la hilera superior.
- La incidencia, simultánea en este caso, de los chorros de agua de enfriamiento en la placa a la salida del molde era de 45° y 22° con respecto al eje vertical.
- Se sometieron a prueba flujos lineales totales (es decir para el conjunto de los agujeros de las dos hileras) de agua de enfriamiento, durante el arranque de la colada, de 0,55 a 0,60 l por cm lineal de perímetro de molde /min. A continuación se incremento el flujo para alcanzar 1 l/cm/min en régimen permanente.
- Un molde según la invención, con dos hileras de agujeros horizontales superpuestas, todos los agujeros teniendo un diámetro de 3,2 mm y estando separados entre ellos en cada hilera por 12 mm, cada uno de los agujeros de la hilera inferior situándose sensiblemente en la mediatriz del intervalo entre dos agujeros de la hilera superior.
- Las incidencias de los chorros de agua de enfriamiento, activados simultáneamente, en la placa a la salida del molde eran de 32° y 22° con respecto al eje vertical, creando impactos separados verticalmente por una distancia de 18 mm.
- Se sometieron a prueba flujos lineales totales (es decir para el conjunto de los agujeros de las dos hileras) de agua de enfriamiento, durante el arranque de la colada, de 0,45 a 0,60 l por cm lineal de perímetro de molde /min.
- A continuación se incremento el flujo para alcanzar 1 l/cm/min en régimen permanente.
- En los tres casos la temperatura del agua de enfriamiento era de 15 + 2°C.
- En todos los casos se midió la longitud de calefacción a la salida del molde por el método conocido con el nombre de "ISTM" ("Ingot Surface Temperature Measurement") que consiste en medir la temperatura de superficie de la placa, clavando un termopar de contacto en la correspondiente superficie debajo del impacto del chorro inferior de enfriamiento, en registrar la temperatura durante un descenso de 5 mm de la placa y en repetir la operación durante toda la fase transitoria de arranque de la colada.
- La curva de temperatura de acuerdo con la longitud de placa colada presenta una etapa a partir del origen cuyo fin bastante repentino corresponde al final de la calefacción para una longitud que corresponde a la "longitud de calefacción" representada en ordenadas en la figura 1 según el flujo lineal de arranque.
- Es de notar que la calefacción se obtiene únicamente, para un molde con simple hilera de chorros con una incidencia de 30° (referencia 30), para un flujo lineal de arranque inferior o igual a 0,45 l/cm/min. En el caso de los moldes con dos hileras de chorros (referencias 45/22 y según la invención referencias 32/22), ésta puede obtenerse para flujos lineales de arranque de hasta 0,6 l/cm/min.
- Así, para una temperatura de agua dada, los moldes con dos hileras de chorros (activados simultáneamente) permiten obtener una calefacción estable para flujos de arranque más importantes que un molde con simple hilera de chorros. No hay influencia significativa de los ángulos de incidencia sobre la longitud colada afectada por la calefacción durante el arranque.
- También se midió la temperatura de superficie de las placas, sensiblemente a media anchura a la salida del molde, por el método conocido con el nombre de "ISTM" ya mencionado.
- Su valor se representa en ordenadas, aún según el flujo lineal de arranque y para los mismos moldes que anteriormente, en la figura 2 donde destacan tres zonas: la zona I sin calefacción, la zona II con calefacción estable y buen estado del pie de colada, la zona III con calefacción pero agrietamiento en caliente del pie.
- Es de notar que esta temperatura es mucho más estable según el flujo de agua en el caso del molde con dos hileras de chorros con incidencias de 32° y 22° activados simultáneamente, según la invención (referencias 32/22), que en el caso del molde con dos hileras de chorros con incidencias de 45° y 22° activados simultáneamente (referencias 45/22) que originan el agrietamiento en caliente del pie con un pequeño flujo (0,55 l/cm/min), lo que reduce el campo de funcionamiento a un campo muy restringido y que, en el caso del molde con simple hilera de chorros a 30°, no permite obtener una calefacción estable para flujos de agua estrictamente superiores a 0,45 l/cm/min a dicha temperatura de agua.
- Esta gran sensibilidad de la temperatura de superficie del producto al flujo lineal de arranque, la solicitante la atribuye respectivamente a la desestabilización de la película de calefacción por los chorros a 45° y a la falta de progresividad del enfriamiento en el caso del molde con simple hilera de chorros a 30°.

Así, la configuración de los moldes de la técnica anterior, con dos hileras de chorros con incidencias de 45° y 22° (referencias 45/22) no se adapta a la colada de aleaciones duras, e incluso en ausencia de secuenciación de los chorros.

En comparación, el molde según la invención (referencias 32/22) puede utilizarse para flujos lineales de entre 0,4 y 0,6 l/cm/min, lo que es particularmente ventajoso porque este amplio campo de flujos permite compensar, en particular, una variación eventual de temperatura del agua.

En resumen, el molde según la invención permite obtener una calefacción estable en el campo de temperaturas óptimas de superficie de producto y en un amplio intervalo de flujos de arranque, lo que los otros tipos de molde de la técnica anterior no permiten.

Por último, se midió y registró el alabeo obtenido en la placa gracias a una "cámara de vídeo".

Su valor, o sea la longitud de reborde de la placa que se levanta, se representa en ordenadas en la figura 3, aún según el flujo lineal de arranque y para los mismos moldes que anteriormente.

Destaca que el alabeo obtenido con el molde según la invención (referencias 32/22) es significativamente más pequeño que el que se obtiene con los otros moldes para flujos de arranque inferiores a 0,6 l/cm/min, lo que muestra la ventaja del temple progresivo obtenido con esta tecnología de riego con dos chorros simultáneos e incidencias optimizadas.

Ejemplo 2

Se colaron placas de laminación en formato 1810 mm x 510 mm de aleación del tipo AA3104 a la velocidad de 55 mm/min con moldes de dos tipos:

Un molde según la invención, con dos hileras de agujeros horizontales superpuestas, activadas simultáneamente (incidencias 32 y 22°), todos los agujeros teniendo un diámetro de 3,2 mm y estando separados entre ellos en cada hilera por 12 mm, y generando impactos sobre el producto separados verticalmente por unos 18 mm, cada uno de los agujeros de la hilera inferior situándose en la mediatriz del intervalo entre dos agujeros de la hilera superior.

El molde estaba provisto de un inserto de grafito en todas sus superficies de trabajo.

Un molde LHC™ de "Wagstaff", cuyos impactos de los chorros también están separados verticalmente por 18 mm.

La temperatura del agua de enfriamiento era de 15 + 2°C.

En la parte de la placa que corresponde al régimen permanente de colada, se midió el tamaño de las celdas de solidificación con la ayuda del algoritmo de análisis de imágenes p^* , a distintas distancias de la costra de fundición.

Dicho algoritmo p^* se describe perfectamente en las publicaciones de Ph. Jarry, M. Boehm y S. Antoine, "Quantification of spatial distribution of as-cast microstructural features.", Light Metals 2001, New Orleans, TMS. Proceedings publicados por J.L. Anjier, así como de Ph. Jarry y A. Johansen, "Characterisation by the p^* method of eutectic aggregates spatial distribution in 5xxx and 3xxx aluminium alloys cast in wedge moulds and comparison with sds measurements.", Solidification of Aluminum Alloys Symposium, Light Metals 2004, Charlotte, TMS. Proceedings publicados por Men G. Chu, Douglas A. Granger y Qingyou Han.

Los resultados se representan en la figura 4 que expone el tamaño de las celdas de solidificación, en mm, según la distancia a la costra de fundición, en mm, los símbolos en asterisco siendo relativos al molde según la invención, los símbolos en círculo al molde LHC del tipo "Wagstaff".

Se comprueba que el molde según la invención permite obtener una estructura de colada, en la periferia de placa, que presenta tamaños de celda comparables (+ 2 mm) a los que se obtienen con el molde LHC™, y un espesor de zona cortical parecido, inferior a los 10 mm. Por lo tanto, la respuesta metalúrgica obtenida es sensiblemente idéntica a la que el molde LHC™ permite.

Ejemplo 3

Se colaron placas de laminación en formatos 1670 mm x 610 mm y 1810 mm x 510 mm, de aleación del tipo AA5182, con las mismas configuraciones de moldes que para el ejemplo 2.

A continuación las placas se laminaron en caliente sin aserrado de los pies de colada.

Las formas típicas de las bandas obtenidas se representan en media anchura en la figura 5, a la izquierda en el caso de la placa colada con un molde según la invención (enfriamiento por riego con dos chorros simultáneos con incidencias optimizadas 32°/22° e inserto de grafito en todas las caras de trabajo), a la derecha con un molde LHC™ de "Wagstaff Inc." utilizado durante el arranque con un enfriamiento secuencial a 22 y después 45°.

- 5 Se observa que en este último caso se produjeron agrietados a la orilla debido a las variaciones de sección del producto vinculadas a los dos alabeos generados, para el primero, por la primera secuencia de riego con una incidencia de 22° y, para el segundo, por la superposición de la segunda secuencia con una incidencia de 45°.
- 10 La placa producida por el molde según la invención presenta un alabeo simple y repartido que no genera pues ningún agrietado durante el laminado en caliente.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de enfriamiento de un molde de colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión (3), constituido por dos hileras de agujeros, situadas por todo el perímetro interior de la cavidad del molde, en su parte inferior de salida de la placa o lingote, cada una de las hileras de agujeros situándose cerca de un plano perpendicular al eje vertical del correspondiente molde, caracterizado por lo que:

a) Las dos hileras de agujeros están unidas a una sola y misma cámara de líquido refrigerante (2) provista en el cuerpo del correspondiente molde,

b) La primera hilera de los correspondientes agujeros, o sea la más alta dentro del molde vertical, o también la antepuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, está unida a la correspondiente cámara (2) mediante canales que permiten la proyección (4) del correspondiente líquido refrigerante sobre la correspondiente placa o lingote (3) con un ángulo de incidencia de $32 + 5$ grados con respecto al eje vertical del molde,

c) La segunda hilera de los correspondientes agujeros, o sea la más baja dentro del molde vertical, o también la pospuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, está unida a la correspondiente cámara (2) mediante canales que permiten la proyección (5) del correspondiente líquido refrigerante sobre la correspondiente placa o lingote (3) con un ángulo de incidencia de $22 + 5$ grados con respecto al eje vertical del molde,

d) Los agujeros de la segunda hilera, la más baja o también la pospuesta por lo que se refiere a la distribución del líquido, se sitúan sensiblemente en la mediatriz del intervalo entre dos agujeros de la primera hilera, o sea la más alta o la antepuesta, de acuerdo con el eje vertical del molde.
2. Dispositivo según la reivindicación 1 caracterizado por lo que los diámetros de los agujeros son sensiblemente iguales, en una misma hilera y entre dos hileras, para poder distribuir simultáneamente el correspondiente líquido con flujos y velocidades sensiblemente iguales en las dos hileras de agujeros, tanto durante la fase de arranque como durante el régimen permanente de la colada.
3. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 1 o 2 caracterizado por lo que las dos hileras de agujeros se sitúan la una con respecto a la otra de modo que produzcan chorros (4 y 5) que, si están tendidos, forman en cualquier momento de la colada, tanto durante el arranque como durante el régimen permanente, impactos sobre la superficie sensiblemente vertical que contiene la cara de trabajo del molde, separados uno de otro por una distancia comprendida entre 10 y 40 mm según la dirección vertical.
4. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 1 a 3 caracterizado por lo que el diámetro de cada uno de los correspondientes agujeros de cada hilera es de $3 + 1$ mm.
5. Dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 1 a 4 caracterizado por lo que el espacio entre dos agujeros adyacentes en una misma hilera está comprendido entre 10 y 30 mm.
6. Proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 1 a 5 para la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión (3), caracterizado por lo que el flujo total de agua de enfriamiento para el conjunto de los agujeros de las dos hileras, o sea el flujo que sale de la cámara de líquido refrigerante (2), está comprendido entre 0,3 y 0,8 l/min por cm lineal de perímetro de molde, al principio de la fase transitoria de arranque de la colada, es decir la fase durante la que el flujo de líquido refrigerante y la velocidad de colada no alcanzaron su valor de régimen permanente, y se aumenta después para alcanzar el flujo requerido para el régimen permanente de colada.
7. Proceso según la reivindicación 6 caracterizado por lo que el correspondiente flujo de agua al principio de la fase transitoria de arranque de la colada está comprendido entre 0,4 y 0,6 l/cm/min.
8. Proceso según una de las reivindicaciones 6 o 7 caracterizado por lo que el líquido refrigerante se lleva simultáneamente al conjunto de los agujeros de las dos hileras durante la fase de arranque de colada.
9. Proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, para la colada semicontinua vertical de placas de laminación (3), caracterizado por lo que utiliza un molde de colada provisto de un falso fondo plano cuyos rebordes están comprendidos en un plano sensiblemente horizontal.
10. Proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, para la colada semicontinua vertical de placas de laminación (3), caracterizado por lo que utiliza un molde

de colada provisto de un falso fondo abombado, de modo que el centro de las caras del producto esté sometido, durante la fase de arranque de colada, al enfriamiento directo por el líquido refrigerante, antes de que las zonas de la cara de laminación más alejadas del centro de dicha cara hayan salido del molde.

- 5 11. Proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento según una de las reivindicaciones 6 a 8, para la colada semicontinua vertical de placas de laminación (3), caracterizado por lo que utiliza un molde de colada provisto de un falso fondo plano con reborde curvado, de modo que el centro de las caras del producto esté sometido, durante la fase de arranque de colada, al enfriamiento directo por el líquido refrigerante, antes de que las zonas de la cara de laminación más alejadas del centro de dicha cara hayan salido del molde.
10
12. Proceso de realización del correspondiente dispositivo de enfriamiento para la colada semicontinua vertical con enfriamiento directo de placas de laminación o lingotes de extrusión (3) según una de las reivindicaciones 6 a 11 caracterizado por lo que utiliza un molde de colada provisto, en su superficie de trabajo, de un inserto de grafito (1).
15

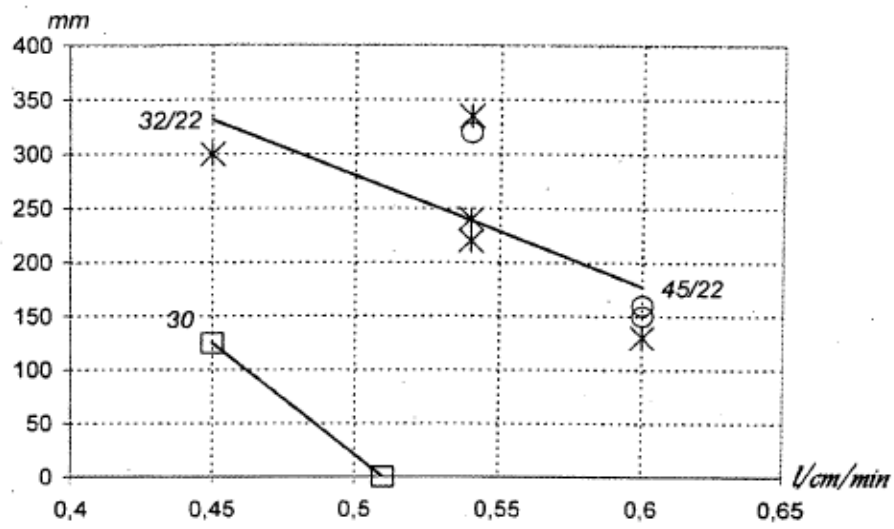


FIG. 1

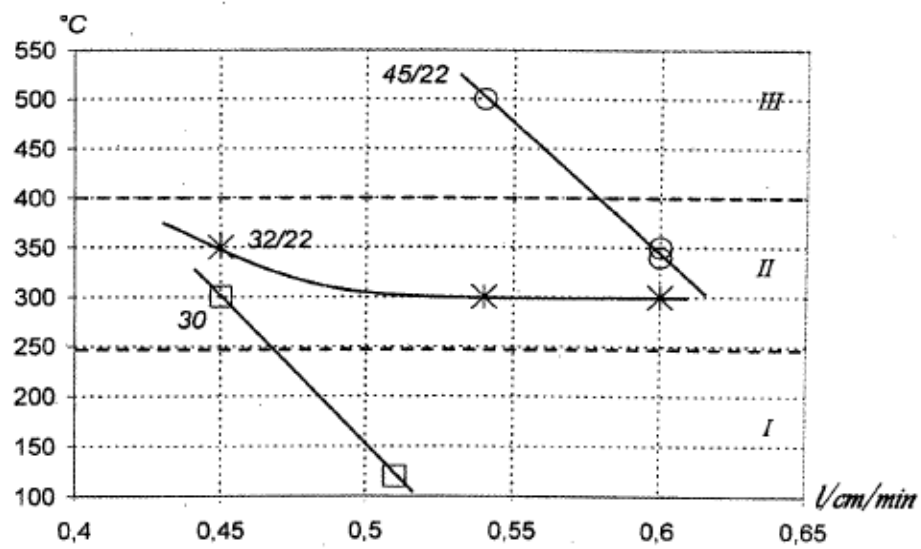


FIG. 2

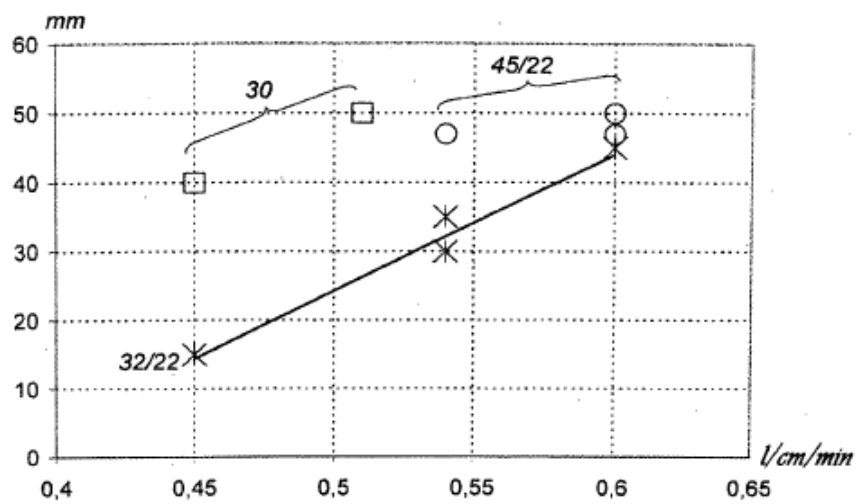


FIG. 3

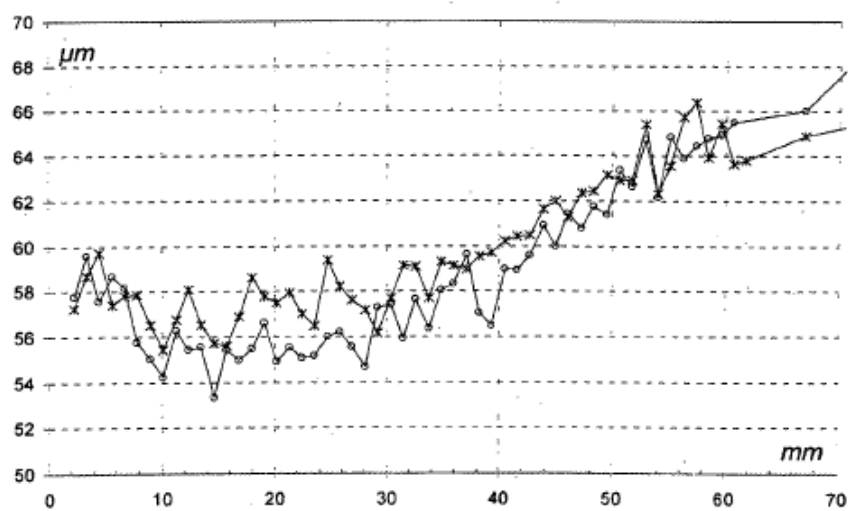


FIG. 4

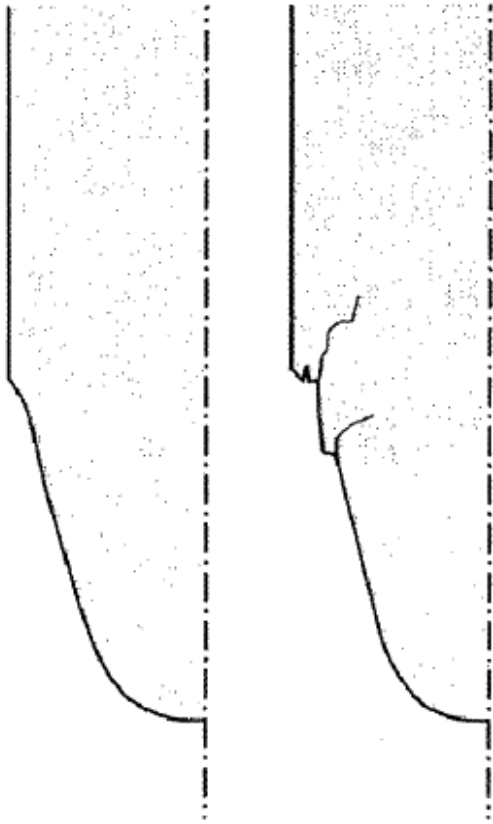


FIG. 5

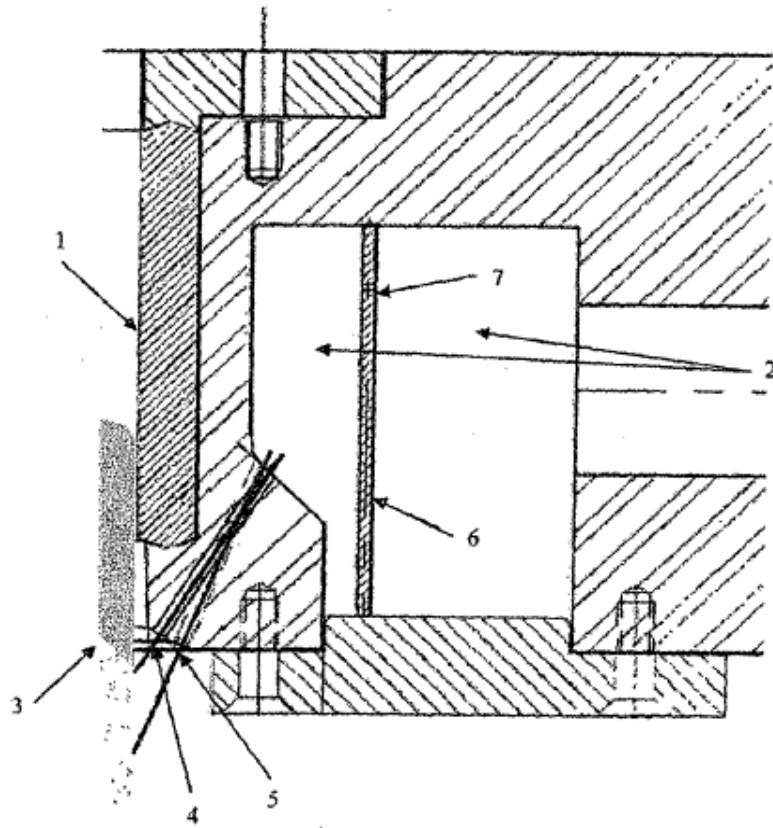


FIG. 6