



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 304 578**

(51) Int. Cl.:

B22D 11/041 (2006.01)

B22D 11/128 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04030926 .2**

(86) Fecha de presentación : **29.12.2004**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1676658**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **05.07.2006**

(54) Título: **Instalación de colada continua de acero para formatos de palanquillas y desbastes.**

(73) Titular/es: **CONCAST AG.**
Todistrasse 9
8027 Zürich, CH

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.10.2008

(72) Inventor/es: **Roehrig, Adalbert y**
Kawa, Franz

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.10.2008

(74) Agente: **Dávila Baz, Ángel**

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

Instalación de colada continua de acero para formatos de palanquillas y desbastes.

5 La presente invención se refiere a una instalación de colada continua de acero para formatos de palanquillas y desbastes según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Productos oblongos de colada continua son colados predominantemente en lingoteras tubulares con sección transversal rectangular, particularmente con sección transversal aproximadamente cuadrada o circular. Las barras de palanquillas y desbastes son a continuación ulteriormente procesadas mediante laminación o forjado.

15 Para una obtención de productos de colada continua con buena calidad superficial y estructural, particularmente de barras de palanquillas y desbastes, es de importancia primordial una uniforme transmisión térmica, a lo largo de la línea periférica de la sección transversal de la barra, entre la barra en formación y la pared de la cavidad de conformación.

20 15 Se conocen numerosas propuestas para configurar la geometría de la cavidad de conformación, particularmente en las zonas de las esquinas en media caña de la cavidad de conformación, de tal modo que entre la costra de barra en formación y la pared de lingotera no se produzcan rendijas de aire perjudiciales, que den lugar a una irregular transmisión térmica a lo largo de la línea periférica de la sección transversal de la barra y a defectos de solidificación así como perforaciones.

25 20 Las esquinas de la cavidad de conformación de lingoteras tubulares suelen estar redondeadas en forma de media caña. Cuanto mayores se realicen las medias cañas en la cavidad de conformación de la lingotera, tanto más difícil resultará conseguir un enfriamiento uniforme entre la costra de barra en formación y las paredes de lingotera, particularmente a lo largo de la periferia de la cavidad de conformación. La solidificación incipiente de la barra, inmediatamente por debajo del nivel del acero líquido en la lingotera, progresó de forma distinta en los tramos rectos de la periferia de la cavidad de conformación con respecto a las zonas de media caña. El flujo de calor de los tramos rectos o esencialmente rectos es prácticamente unidimensional y corresponde a la ley de la penetración del calor a través de una pared plana. Por el contrario, el flujo de calor en las zonas angulares redondeadas es bidimensional y corresponde a la ley de la penetración del calor a través de una pared curvada.

30 35 La costra de barra resultante se hace, al comenzar la solidificación por debajo del nivel del acero líquido, por regla general más gruesa en las zonas angulares que en las superficies planas y comienza a contraerse temporalmente antes y en mayor medida. Ello da lugar a que ya al cabo de aproximadamente 2 segundos la costra de barra se desprenda irregularmente de la pared de lingotera en las zonas angulares y se formen rendijas de aire, que empeoran drásticamente la penetración del calor. Este empeoramiento de la penetración del calor no solamente retrasa el ulterior crecimiento de la costra sino que puede dar incluso lugar a una nueva fusión de capas interiores ya solidificadas de la costra de barra. Este basculamiento del flujo térmico - enfriamiento y nuevo calentamiento - da lugar a defectos de la barra, tales como grietas superficiales y grietas longitudinales internas en los cantos o en zonas próximas a los cantos, así como a defectos de forma, tales como romboidez, estrangulamientos, etc. Una nueva fusión de la costra de la barra o grietas longitudinales apreciables pueden también dar lugar a perforaciones.

40 45 Cuanto mayores se dimensionen las medias cañas con respecto a la longitud lateral de la sección transversal de barra, particularmente cuando los radios de las medias cañas sean del 10% y más de la longitud lateral de la sección transversal de la cavidad de conformación, tanto más frecuentemente aparecerán tales defectos de la barra. Ello constituye un motivo por el cual los radios de las medias cañas suelen limitarse, por regla general, a 5 a 8 mm, a pesar de que para la subsiguiente laminación resultarían ventajosas mayores curvaturas en los cantos de la barra.

50 55 En la colada con elevadas velocidades de colada se reduce el tiempo de permanencia de la barra colada en la cavidad de lingotera, y la costra de barra tiene globalmente menos tiempo para crecer en su espesor. Según el formato de barra elegido resulta por tanto necesario apoyar la costra de barra, inmediatamente después de que ésta abandone la lingotera, mediante rodillos de apoyo, a fin de evitar un abombamiento de la costra de barra o incluso perforaciones. Tales armazones de rodillos de apoyo directamente por debajo de la lingotera están sometidos a un fuerte desgaste y, después de una perforación, solamente pueden repararse con un elevado dispendio de tiempo y costos.

60 65 Por la JP-A-11 151555 es conocida una lingotera para la colada continua de barras de palanquillas y desbastes. A fin de evitar, en la colada de barras rectangulares, una deformación rómbica de la sección transversal de la barra, y para adicionalmente incrementar la velocidad de colada, se conforman en las cuatro esquinas de la cavidad de conformación las medias cañas especialmente a modo de denominadas partes de refrigeración de las esquinas. En el lado de colada las partes de refrigeración de las esquinas están configuradas a modo de escotaduras circulares en la pared de lingotera, las cuales van reduciéndose en el sentido de avance de la barra y disminuyen, hacia la salida de la lingotera, a una media caña de la esquina. El grado de curvatura de las escotaduras circulares aumenta en el sentido de avance de la barra hacia la salida de la lingotera. Esta configuración pretende asegurar un contacto ininterrumpido entre la zona angular de la costra de barra y las partes de refrigeración de las esquinas especialmente conformadas de la lingotera.

70 75 Por la JP-A-09 262641 es conocida una lingotera tubular para la colada continua de barras rectangulares, en la cual se aplican en la cavidad de conformación, para evitar grietas longitudinales en los cantos de la barra y secciones transversales de la barra romboidales, medias cañas con distintos radios de esquina en los extremos superior e inferior de la lingotera. El radio de esquina superior, en el lado de entrada en la lingotera, se elige menor que el radio de esquina

en el lado de salida de la lingotera. Con esta medida se pretende evitar una rendija de aire entre la costra de barra y la pared de lingotera. Sin embargo, no se incluye ni se insinúa enseñanza alguna para el dimensionamiento de las medianas cañas en relación con la longitud de lado de la sección transversal de barra y con la magnitud absoluta de la sección transversal de barra, ni enseñanza alguna para la simplificación del guiado de apoyo subsiguiente a la lingotera.

5 La finalidad de la presente invención consiste en proporcionar una instalación de colada continua de acero para formatos de palanquillas y desbastes, preferentemente con sección transversal de barra esencialmente rectangular o similar a un rectángulo, que cumpla una combinación de los siguientes objetivos parciales. Por una parte debe asegurar una elevada capacidad de colada con el mínimo número posible de líneas y así los mínimos costos de inversión y mantenimiento, y por otra parte debe garantizar una calidad de barra mejorada. La mejora de la calidad de barra debe particularmente impedir defectos de barra en las zonas de las esquinas, tales como grietas, defectos de solidificación e inclusiones de fundente en polvo en la costra de barra, aunque también desviaciones dimensionales tales como cantes espiciformes, abombamientos y estrangulamientos. La instalación de colada continua según la invención debe además reducir costos de inversión y de mantenimiento para armazones de guías de soporte así como, adicionalmente, mejorar 10 la rentabilidad y la calidad de barra en caso de empleo de dispositivos agitadores de lingotera.

10 15

De acuerdo con la invención, esta finalidad se consigue mediante la suma de las características de la reivindicación 1.

20 Mediante la instalación de colada continua según la invención resulta posible la colada de grandes formatos de palanquillas y desbastes, así como barras de petacas, con velocidades de colada más elevadas y sin guía de apoyo inmediatamente por debajo de la lingotera o con una guía de apoyo con ancho de apoyo y/o longitud de apoyo reducidos. Para una capacidad de producción preasignada pueden así reducirse el número de líneas y ahorrarse costos de inversión. Simultáneamente disminuyen los costos de mantenimiento de la instalación, tanto por el menor número de líneas como también por la omisión o reducción de guías de apoyo para las barras coladas. Merced a un aumento de 25 las curvaturas de los cantes de las barras coladas pueden reducirse considerablemente tensiones críticas en la restante costra de barra plana, generadas por la presión ferrostática del núcleo líquido, a la salida de la barra de la lingotera. Una reducción de los tramos rectos del perímetro de la cavidad de conformación que se hallan entre las zonas angulares redondeadas de por ejemplo un 10% reduce la tensión de flexión en estos tramos, determinante para un abombamiento, 30 en aproximadamente un 20%.

35 Junto a estas ventajas económicas resulta adicionalmente mejorada la calidad de barra en múltiples aspectos. Merced al control de una eliminación objetiva de la rendija entre la costra de barra y la pared de lingotera, o de una modificación objetiva de la costra de barra en la zona del arco de media caña, respectivamente, se uniformiza el crecimiento de la costra de barra a lo largo de la periferia de la barra y a lo largo de tramos predeterminados de la longitud de lingotera, con lo que resulta mejorada la estructura de la barra y se evitan defectos de la barra tales como grietas, etc. en las zonas de los cantes. Adicionalmente pueden también reducirse o eliminarse defectos de 40 barra geométricos, tales como cantes espiciformes, abombamientos, etc. El incremento de la curvatura de las zonas angulares influye no obstante también en las condiciones de flujo en la zona del nivel del acero líquido. En caso de empleo de fundente en polvo para el recubrimiento del nivel del acero líquido puede conseguirse, con un aumento creciente de la curvatura de las zonas angulares, una uniformización de las condiciones para la fusión del fundente en polvo en toda la periferia del menisco. Esta ventaja resulta incluso incrementada en lingoteras con dispositivos agitadores. Defectos de la barra tales como inclusiones de fundente en polvo y escorias, particularmente en las zonas angulares, aunque también defectos superficiales de la barra, pueden reducirse merced a la uniformización del efecto 45 lubricante por parte del fundente en polvo. Mediante adaptación de la magnitud de la curvatura de los cantes de la barra a las exigencias de las subsiguientes operaciones de laminación o forjado pueden conseguirse adicionales ventajas de calidad.

50 El límite entre un guiado de apoyo en la zona de enfriamiento secundario exento de apoyos de la barra y un guiado de apoyo con ancho de apoyo y longitud de apoyo reducidos viene determinado por numerosos parámetros, particularmente por el comportamiento al abombamiento de una barra colada. Junto a los parámetros principales de tamaño de formato y longitud total de las zonas curvas de ambos arcos de media caña asociados a un lado de la barra, o de la longitud de un tramo recto entre los dos arcos de media caña asociados a un lado de la barra, respectivamente, son también determinantes la velocidad de colada, la longitud de la cavidad de conformación, la temperatura del acero y el análisis del acero, etc. Para ensayos para la determinación del límite entre una zona de enfriamiento secundario exenta de apoyos y un soporte de apoyo reducido en la zona de enfriamiento secundario se proponen los siguientes 55 valores orientativos. En formatos de barra menores que aproximadamente 150 x 150 mm² y con una longitud total de ambas zonas curvas de un lado de la barra de aproximadamente un 70% y más de la medida del lado de la barra puede efectuarse la colada, por regla general, libre de apoyos. En formatos de barra mayores que aproximadamente 150 x 150 mm² y que presenten un tramo recto entre ambas zonas curvas de aproximadamente un 30% y más de la medida del lado de la barra puede estar previsto en la zona de enfriamiento secundario un guiado de apoyo con un ancho de apoyo y una longitud de apoyo reducidos. En base a las enseñanzas según la invención puede influenciarse el comportamiento al abombamiento de la barra después de abandonar la lingotera, por una parte, mediante un incremento de las zonas curvas, por ejemplo de hasta el 100% de la longitud del lado de la sección transversal de la barra, y, por otra parte, mediante la variación de los grados de curvatura de arcos de media caña sucesivos en el sentido de avance de la barra, de tal modo que con respecto al estado de la técnica puedan fabricarse considerablemente mayores formatos de barra, 60 incluso con velocidades de colada más elevadas, sin guiado de apoyo o con un guiado de apoyo reducido.

65

Arcos de media caña en la línea periférica de la sección transversal de la cavidad de conformación pueden configurarse en base a líneas circulares, líneas circulares compuestas, etc. Ventajas adicionales pueden obtenerse si los arcos de media caña no empalman tangencial o puntualmente con los tramos rectos de la línea periférica. De acuerdo con una ulterior propuesta puede elegirse un recorrido de curvatura a lo largo del arco de media caña que aumente 5 hasta un máximo grado de curvatura $1/R$ y disminuya nuevamente desde éste. El máximo grado de curvatura $1/R$ en arcos de media caña sucesivos en el sentido de avance de la barra puede disminuir de forma continua o discontinua. Para la obtención de la cavidad de conformación mediante máquinas-herramienta con arranque de virutas gobernadas 10 por control numérico resulta adicionalmente ventajoso que las líneas periféricas de la sección transversal de la barra presenten arcos de media caña con recorridos de curvatura que correspondan a una función matemática y que aumenten hasta un máximo grado de curvatura $1/R$ y disminuyan nuevamente desde éste, tal como por ejemplo funciones matemáticas tales como supercírculo o superelipse.

En arcos de media caña con medidas de media caña del 25 % y más de la longitud de lado de la sección transversal de barra pueden conseguirse ventajas adicionales si la sección transversal de la cavidad de conformación esencialmente 15 rectangular consiste de cuatro líneas arqueadas que incluyan cada una aproximadamente un cuarto de la periferia de la sección transversal, y las líneas arqueadas corresponden a una función matemática. La función matemática

$$20 \quad \left(\frac{|x|}{A} \right)^n + \left(\frac{|y|}{B} \right)^n = 1$$

cumple por ejemplo esta condición, cuando se elige un exponente "n" comprendido entre 3 y 50, preferentemente 25 entre 4 y 10. A y B son las dimensiones de la línea arqueada.

La línea periférica de la sección transversal de barra puede también estar compuesta por varias líneas arqueadas, presentando los arcos de media caña un recorrido de curvatura que corresponda a una función matemática, por ejemplo $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$. Tramos de la línea periférica dispuestos entre los arcos de media caña pueden comprender líneas arqueadas ligeramente curvadas, tal como se describe en la Patente EP 0 498 296. Visto en el sentido de avance de la barra los grados de curvatura $1/R$, tanto de los arcos de media caña como también de las líneas arqueadas, relativamente estiradas, dispuestas entre ellos, pueden reducirse de tal modo que al menos en un tramo parcial de la lingotera la costra de barra resulte ligeramente deformada durante su paso, es decir estirada, por toda su periferia.

35 Según el formato de colada elegido y la velocidad de colada máxima prevista puede determinarse una longitud de lingotera óptima. Formatos de colada entre $120 \times 120 \text{ mm}^2$ y $160 \times 160 \text{ mm}^2$ pueden colarse óptimamente, con elevadas velocidades de colada, con una longitud de lingotera de aprox. 1000 mm omitiendo un apoyo de la barra.

40 Grandes zonas angulares curvas en la cavidad de conformación no solamente proporcionan ventajas en la colada con un recubrimiento de fundente en polvo del nivel del acero líquido. Con creciente tamaño de la zona angular curva es también posible aumentar el efecto de agitación en el nivel del acero líquido y en el cráter líquido, manteniendo constante la potencia eléctrica del agitador. Esta posibilidad de mejorar la capacidad de agitación mediante la configuración geométrica de la cavidad de conformación ofrece adicionales libertades constructivas en la incorporación de 45 agitadores en lingoteras para palanquillas y desbastes.

45 A continuación se describirán diversos ejemplos de realización de la invención con relación a los dibujos adjuntos, en los cuales:

50 La Fig. 1 es una vista en sección vertical de una parte de una instalación de colada continua;

la Fig. 2 es una vista de planta de un tubo de cobre de una lingotera para desbastes;

55 la Fig. 3 es una vista de planta de una configuración de la esquina de una cavidad de conformación con arco de media caña;

la Fig. 4 es una vista de planta de un tubo de cobre con líneas periféricas de la sección transversal de la cavidad de conformación;

60 la Fig. 5 es una vista de planta de un tubo de cobre con líneas periféricas de una ulterior sección transversal de la cavidad de conformación;

la Fig. 6 es una vista en sección horizontal de una media barra en la zona de enfriamiento secundario;

65 la Fig. 7 es una vista en sección horizontal de otro ejemplo de una media barra en la zona de enfriamiento secundario; y

la Fig. 8 es una vista en sección horizontal de una media barra de petaca en la zona de enfriamiento secundario.

ES 2 304 578 T3

- En la Fig. 1 fluye, a través de una buza de descarga 2 de una artesa de colada 3, acero líquido en sentido vertical hacia una lingotera 4. La lingotera 4 posee una cavidad de conformación rectangular para una sección transversal de palanquilla de por ejemplo 120 x 120 mm². Con 5 se ilustra una barra parcialmente solidificada con una costra de barra 6 y un núcleo líquido 7. Un dispositivo agitador electromagnético 8, ajustable en altura, está ilustrado esquemáticamente en el exterior de la lingotera 4. El mismo también puede estar dispuesto en el interior de la lingotera 4, por ejemplo en la camisa de agua. El dispositivo agitador 8 genera un movimiento de rotación horizontalmente circular en la zona del nivel del acero líquido y en el cráter líquido. Inmediatamente a continuación de la lingotera 4 sigue una primera zona de enfriamiento secundario exenta de apoyos de la barra, la cual está provista de toberas de aspersión 9.
- En la Fig. 2 se designa con 10 una cavidad de conformación de un tubo de lingotera 11, la cual está equipada con arcos de media caña 12, 12', 13, 13' en las zonas de las esquinas. Las zonas angulares curvas 14, 15 de los arcos de media caña 12, 12', 13, 13' ocupan en este ejemplo cada una aproximadamente un 20% de una longitud de lado 16 de la sección transversal de la barra. El grado de curvatura 1/R del arco de media caña 12, 13 en el lado de entrada es distinto al grado de curvatura 1/R del arco de media caña 12', 13' a la salida de la lingotera. Al menos a lo largo de un tramo parcial de toda la longitud de lingotera se reduce el grado de curvatura 1/R del arco de media caña 12, 13 desde, por ejemplo, 1/R = 0,05 hasta un grado de curvatura 1/R del arco de media caña 12', 13' de, por ejemplo, 1/R = 0,046. Mediante la elección de la magnitud de la reducción del grado de curvatura puede controlarse objetivamente una eliminación de la rendija entre la costra de barra en formación y la pared de la cavidad de conformación, o una modificación objetiva de la costra de barra, respectivamente, y con ello el flujo térmico entre la costra de barra y la pared de la cavidad de conformación. Además del incrementado y a lo largo de la periferia uniformizado flujo térmico, la magnitud de la zona angular curva 14, 15 contribuye también a que, a pesar de una elevada velocidad de colada, la barra parcialmente solidificada pueda ser guiada, inmediatamente después de abandonar la cavidad de conformación, sin o únicamente con reducido apoyo de la barra a través de la zona de enfriamiento secundario. Para un formato dado puede reducirse objetivamente, mediante un incremento de las zonas angulares curvas 14, 15, un tramo recto 17 entre las zonas angulares curvas 14, 15 de tal modo que puedan evitarse perjudiciales abombamientos de la costra de barra a pesar de una zona de enfriamiento secundario exenta de apoyos de la barra. En caso de formatos grandes o cuando por motivos técnicos quede limitada la magnitud de las zonas angulares curvas, puede preverse un apoyo de la barra con ancho de apoyo reducido.
- En la Fig. 3 se ilustra, a mayor escala, una esquina 19 de una cavidad de conformación. Cinco arcos de media caña 23-23''' representan, en el sentido de curvas de nivel, la geometría de la configuración de la esquina. Los puntos de empalme de los arcos de media caña 23-23''' a los tramos rectos 24-24''' de líneas periféricas de la sección transversal de lingotera pueden elegirse a lo largo de las líneas R, R₄ o R₁, R₄. Las separaciones 25-25''' muestran en este ejemplo una conicidad continua a lo largo de las paredes laterales rectilíneas. Los arcos de media caña 23-23''' están definidos por una función matemática de curva $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$, pudiéndose determinar mediante elección del exponente "n" distintos grados de curvatura. El grado de curvatura de los arcos de media caña 23-23''' es variable a lo largo del arco. El mismo aumenta hasta un grado de curvatura máximo en el punto 30-30''' y luego vuelve a disminuir desde éste. En el sentido de avance de la barra disminuye el máximo grado de curvatura de arco de media caña en arco de media caña. El arco de media caña 23''' es en este ejemplo un arco de círculo. Los exponentes de los arcos de media caña están elegidos en este ejemplo como sigue:
- | | |
|---------------------------|---------------------------------------|
| Arco de media caña 23 | Exponente "n" = 4,0 |
| Arco de media caña 23' | Exponente "n" = 3,5 |
| Arco de media caña 23" | Exponente "n" = 3,0 |
| Arco de media caña 23''' | Exponente "n" = 2,5 |
| Arco de media caña 23'''' | Exponente "n" = 2,0 (arco de círculo) |
- Mediante la elección del exponente se varía o reduce el grado de curvatura de los arcos de media caña 23-23''', consecutivos en el sentido de avance de la barra, de tal modo que pueda controlarse objetivamente una eliminación de la rendija entre la costra de barra y la pared de lingotera o una deformación objetiva de la costra de barra, respectivamente, en la zona de los arcos de media caña 23, 23'''. Este control de la eliminación de la rendija o de una ligera deformación de la costra de barra permite controlar la penetración de calor de consigna, aunque particularmente se consigue una uniformización de la penetración de calor de consigna a lo largo de los arcos de media caña en todas las zonas de las esquinas de la barra durante su paso por la cavidad de conformación.
- En la Fig. 4 se han ilustrado, para mayor claridad, únicamente tres líneas periféricas con arcos de media caña 51-51'', consecutivas en el sentido de avance de la barra, de una cavidad de conformación cuadrada 50. Las líneas periféricas están compuestas cada una de cuatro arcos de media caña 51-51'', que abarcan cada uno un ángulo de 90°.
- Para el cálculo de las líneas periféricas 51 - 51'' se ha empleado la siguiente función matemática: $|X|^n + |Y|^n = |R-t|^n$.

ES 2 304 578 T3

Este ejemplo se basa en los siguientes valores numéricos:

5	Línea periférica	Exponente n	R-t	t
10	51	4	70	0
15	51'	5	66,5	3,5
	51''	4,5	65	5

20 Para la consecución de una deformación de la costra de barra, particularmente a lo largo de las paredes laterales esencialmente rectilíneas entre las zonas de las esquinas (Convex Technology) a lo largo de un tramo parcial superior de la lingotera en el lado de entrada, se elige un exponente "n" en la línea arqueada 51 de 4 y en la línea arqueada 51', subsiguiente en el sentido de avance de la barra, de 5. En un tramo parcial inferior de la lingotera se reduce el exponente 5 de la línea arqueada 51' a 4,5 en la línea arqueada 51'', consiguiéndose con ello un enfriamiento óptimo de la esquina.

25 Este aumento del exponente "n" de 4 a 5 muestra que en el tramo parcial superior de la lingotera tiene lugar una deformación de la costra de barra en las esencialmente rectilíneas paredes laterales entre las zonas angulares, y en el tramo parcial inferior de la lingotera se produce, por reducción del exponente "n" de 5 a 4,5, un óptimo contacto de la costra de barra y eventualmente una ligera deformación de la costra de barra en las zonas angulares de la cavidad de conformación.

30 La Fig. 5 muestra una lingotera tubular 62 para la colada continua de formatos de palanquillas o desbastes, comprendiendo una cavidad de conformación 63. La sección transversal de la cavidad de conformación 63 es cuadrada a la salida de la lingotera, y entre paredes laterales adyacentes 64-64'' están dispuestas zonas angulares 65-65''. Los arcos de media caña 67, 68 no son líneas circulares, sino curvas según la función matemática $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$, presentando el exponente "n" un valor comprendido entre 2 y 2,5. En la parte superior de la lingotera las paredes laterales 64-64'' están configuradas, en un tramo parcial del 40%-60% de la longitud de lingotera y entre las zonas angulares 65-65'', de forma cóncava. En este tramo parcial una altura 66 del arco disminuye en el sentido de avance de la barra. Una costra de barra convexa, que se forma en la lingotera, resulta alisada a lo largo del tramo parcial superior de la lingotera. La línea arqueada 70 puede estar constituida por una línea circular, por una línea circular compuesta o por una curva en base a una función matemática. En el tramo parcial inferior de la lingotera las paredes laterales rectilíneas 71 de la lingotera están dotadas de una conicidad de la cavidad de conformación correspondiente a la contracción de la sección transversal de la barra.

40 45 Todas las cavidades de conformación en las Figs. 1-5 se han dotado, por razones de simplificación, de un eje longitudinal rectilíneo. Sin embargo, la invención es también aplicable a lingoteras con eje longitudinal curvado para instalaciones de colada continua arqueadas. Además, la configuración de la cavidad de conformación según la invención no queda limitada a lingoteras tubulares. La misma es también aplicable a lingoteras de placas o lingoteras de bloques, etc.

50 55 En la Fig. 6 se ilustra la mitad de una sección transversal de barra esencialmente rectangular 60 con una costra de barra solidificada 61 y un núcleo líquido 42. La línea periférica de la media sección transversal de barra 60 está compuesta por dos curvas parciales 45, que abarcan un ángulo de 90° y cuya forma corresponde a la sección transversal de salida de la cavidad de conformación de la lingotera. Las curvas parciales 45 corresponden a la relación matemática

$$\left(\frac{|x|}{A}\right)^n + \left(\frac{|y|}{B}\right)^n = 1$$

60 65 La longitud de cada zona curva 44 de las curvas parciales 45 es del 50%, es decir que ambas zonas curvas 44 corresponden conjuntamente al 100% de la medida del lado de barra 66. Las flechas 48 indican la presión ferrostática que actúa sobre la costra de barra 61. La suma de ambas zonas curvas 44 de las curvas parciales 45 es mayor que el 70% de la medida del lado de barra 66 y, por consiguiente, en este ejemplo no resulta necesario un apoyo de la barra en la zona de enfriamiento secundario.

ES 2 304 578 T3

En la Fig. 7, y en contraposición a la Fig. 6, la línea periférica de la media sección transversal de barra está compuesta por dos arcos de círculo 75 con una medida de zona curva 76 del 30% y tramos rectos 77 del 40% de la medida del lado de barra 78. Los tramos rectos 77 entre los arcos de círculo 75 son en este ejemplo mayores que el 30% de la medida del lado de barra 78, por lo que puede disponerse un guiado de apoyo con ancho de apoyo y longitud 5 de apoyo reducidos en forma de rodillos de apoyo 79. Por regla general basta un ancho de rodillos de apoyo que corresponda a la longitud del tramo recto o sea algo más corto que éste. Las flechas 79 indican la presión ferrostática que actúa sobre la costra de barra 71.

En la Fig. 8 se ilustra un ejemplo de una barra de petaca en forma de una petaca 80 para una viga en doble T. 10 También una cavidad de conformación para petacas 80 comprende esquinas 86 que están redondeadas con arcos de media caña 81. Una medida del lado de barra 82 está compuesta por dos arcos de media caña 81 con zonas curvas 83 de por ejemplo un 40% y un tramo esencialmente recto 84 de por ejemplo un 20%. La presión ferrostática sobre la costra de barra 86, indicada por flechas 85, genera en barras de vigas en doble T, según el estado de la técnica, 15 un abombamiento si no se prevé, como en este ejemplo, por medio de particulares medidas la conformación a través de una elección de correspondientes arcos de media caña 81 ó un correspondiente guiado de apoyo. En el ejemplo ilustrado se ha producido, merced a la elección de la longitud y geometría de las zonas curvas 83 en forma de una superelipse, una costra de barra que soporta la presión ferrostática sin necesidad de guiado de apoyo. En caso de una creciente medida del lado de barra 82 puede ser suficiente, con un correspondiente dimensionamiento de ambas zonas curvas, un guiado de apoyo reducido en la zona de enfriamiento secundario.

20

En las Figs. 6-8 están ilustradas las vistas en sección horizontal de las barras inmediatamente a la salida de la lingotera. Por razones de simplificación y para mayor claridad se han omitido las toberas de aspersión dispuestas en la zona de enfriamiento secundario.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Instalación de colada continua de acero para formatos de palanquillas y desbastes, preferentemente con sección transversal esencialmente rectangular, estando dotadas líneas periféricas (51) de la sección transversal de la cavidad de conformación de la lingotera (4, 11, 62) en las esquinas de arcos de media caña (12, 13, 23, 51, 67, 68), estando dispuesto a continuación de la lingotera (4, 11, 62) un dispositivo de enfriamiento secundario con toberas de aspersión (9), y siendo el acero líquido susceptible de ser alimentado de forma esencialmente vertical a la cavidad de conformación (10, 50, 63), **caracterizada** porque zonas curvas (14, 15, 44, 76) de los arcos de media caña (12, 13, 23, 51, 67, 68) representan un 20% y más de la longitud de lado (16) de la sección transversal de barra, porque las zonas curvas (14, 15, 44, 76) presentan un recorrido de curvatura que aumenta hasta un máximo grado de curvatura 1/R y disminuye nuevamente desde éste, porque el máximo grado de curvatura 1/R del arco de media caña (23, 51, 67, 68) disminuye de forma continua o discontinua, en el sentido de avance de la barra, a lo largo de la cavidad de conformación de tal modo que la costra de barra (61, 71) se deforme en la zona de los arcos de media caña (12, 13, 23, 51, 67, 68), y porque a continuación de la lingotera (4, 11, 62) se dispone, en caso de longitudes de lado (16) de la sección transversal de barra de hasta aproximadamente 150 mm, una zona de enfriamiento secundario exenta de guiado de apoyo y, en caso de longitudes de lado (16) de la sección transversal de barra mayores que aproximadamente 150 mm, se equipa la zona de enfriamiento secundario subsiguiente a la lingotera (4, 11, 62) con un guiado de apoyo cuyo ancho de apoyo se limita a longitudes de rodillos que corresponden esencialmente a tramos rectos (17, 84) entre los arcos de media caña (14, 15, 83) y cuya longitud de apoyo en el sentido de avance de la barra en la zona de enfriamiento secundario está reducida.

25 2. Instalación de colada continua de acero según la reivindicación 1, **caracterizada** porque la zona de enfriamiento secundario exenta de guiado de apoyo se dispone en caso de una longitud total de las zonas curvas (14, 15, 64, 76) de ambos arcos de media caña (12, 13, 23, 51, 67, 68) correspondientes a un lado de barra de aproximadamente un 70% y más de la medida del lado de barra (16).

30 3. Instalación de colada continua de acero según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el guiado de apoyo con ancho de apoyo y con longitud de apoyo reducidos en el sentido de avance de la barra se dispone en la zona de enfriamiento secundario en caso de una longitud del tramo recto (17) de más de aproximadamente un 30% de la medida del lado de barra entre ambos arcos de media caña (12, 13, 23, 51, 67, 68) asociados a un lado de barra.

35 4. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque la sección transversal de la cavidad de conformación esencialmente rectangular consiste de cuatro arcos de media caña (51), que abarcan cada uno aproximadamente un cuarto de la periferia de la sección transversal, y porque los arcos de media caña (51) corresponden a la función matemática

$$40 \quad \left(\frac{|x|}{A} \right)^n + \left(\frac{|y|}{B} \right)^n = 1$$

y el valor del exponente "n" está comprendido entre 3 y 50, preferentemente entre 4 y 10.

45 5. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque los arcos de media caña (67) presentan recorridos de curvatura que corresponden a la función matemática $|X|^n + |Y|^n = |R|^n$ y porque tramos de la línea periférica dispuestos entre los arcos de media caña (67) comprenden líneas arqueadas ligeramente curvadas (70), cuyo grado de curvatura disminuye, en el sentido de avance de la barra, en al menos un tramo parcial de la lingotera, deformándose así la costra de barra durante su paso por dicho tramo parcial.

50 6. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque la cavidad de conformación está dotada, en dirección hacia la salida de la lingotera, de una conicidad de colada según la fórmula matemática $|X|^n + |Y|^n = |R-t|^n$, siendo t una medida para la conicidad.

55 7. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-6, **caracterizada** porque la cavidad de conformación (10, 50, 63) presenta una longitud de aproximadamente 1000 mm.

60 8. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-7, **caracterizada** porque inmediatamente a continuación de la lingotera (4) están dispuestas toberas de aspersión (9) que enfrián uniformemente la barra.

65 9. Instalación de colada continua de acero según una de las reivindicaciones 1-8, **caracterizada** porque la lingotera (4) está provista de dispositivos de agitación electromagnéticos (8), particularmente de tales que sometan el baño de acero en la zona de la lingotera a un movimiento de rotación horizontalmente circular.

Fig.1

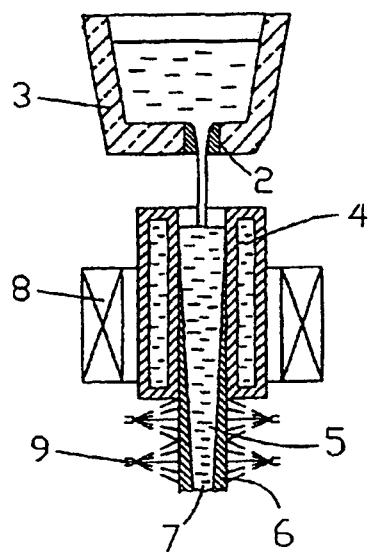


Fig.2

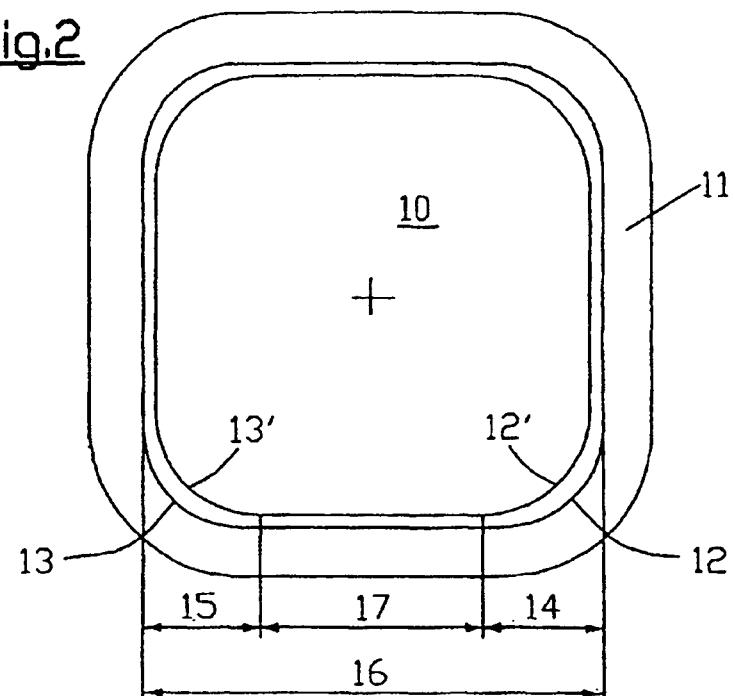


Fig.3

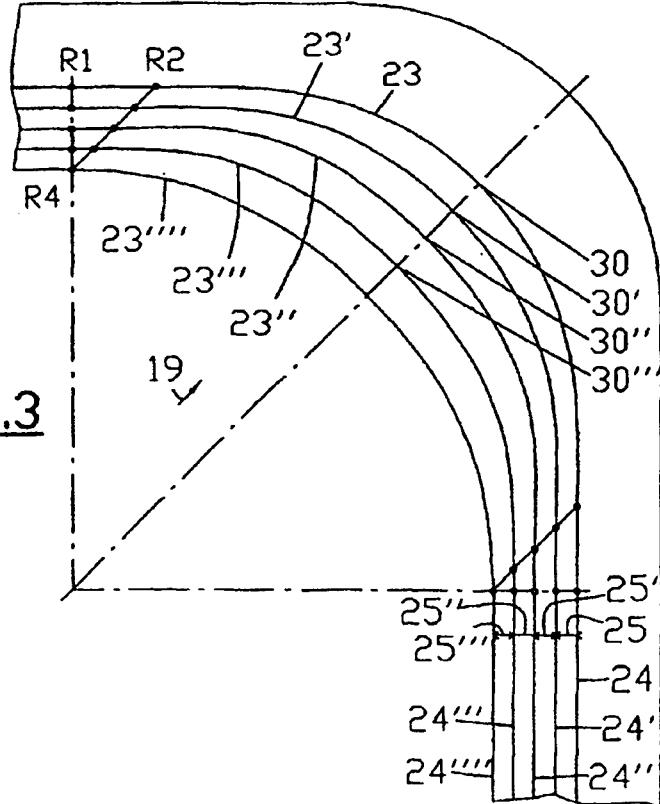


Fig.4

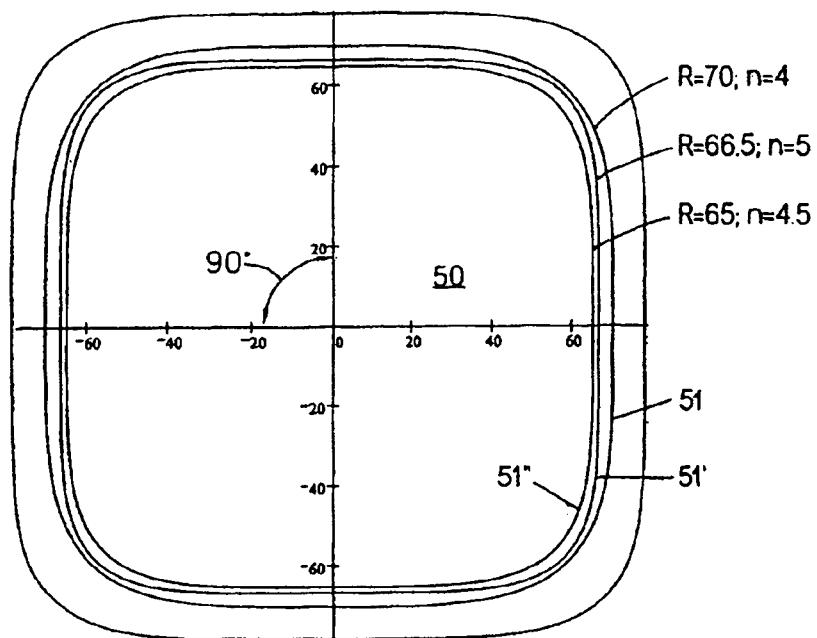


Fig.5

