(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 614 602**

(51) Int. CI.:

C22C 9/06 (2006.01)
B22D 11/06 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.11.2002 E 02025371 (2)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 1314495**

(54) Título: **Revestimiento para un cilindro de colada de una instalación de colada de dos cilindros**

(30) Prioridad:

21.11.2001 DE 10156926
31.05.2002 DE 10224268

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.06.2017

(73) Titular/es:

KME GERMANY AG & CO. KG (100.0%)
KLOSTERSTRASSE 29
49074 OSNABRÜCK, DE

(72) Inventor/es:

RODE, DIRK, DR.-ING.;
HELMENKAMP, THOMAS, DIPL.-ING.;
REICHERT, FRED, ING. y
WOBKER, HANS-GÜNTER, DR.-ING.

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

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

Revestimiento para un cilindro de colada de una instalación de colada de dos cilindros

La invención se refiere a un cilindro de colada para una instalación de colada de dos cilindros.

La meta a nivel mundial, especialmente de la industria del acero, de fundir productos semielaborados lo más próximo a la forma final posible para ahorrar etapas de deformación en frío y/o en caliente ha dado lugar desde aproximadamente 1980 a una serie de desarrollos, por ejemplo, en procedimientos de colada continua de uno y dos cilindros.

En estos procedimientos de colada, durante la colada de aleaciones de acero, níquel, cobre así como aleaciones que solo pueden laminarse en caliente con dificultad, en los cilindros o rodillos refrigerados con agua se presentan temperaturas superficiales muy elevadas en el área de vertido de la masa fundida. Estas se encuentran, por ejemplo, de 350 °C a 450 °C durante la colada próxima a la forma final de una aleación de acero, constando los revestimientos de los cilindros de colada de un material de CuCrZr con una conductividad eléctrica de 48 Sm/mm^2 y una conductividad térmica de aproximadamente 320 W/mK. Los materiales de CuCrZr se han utilizado hasta el momento particularmente para coquillas de colada continua y ruedas fundidoras sometidas a elevados esfuerzos térmicos. En estos materiales, por la refrigeración de los cilindros de colada, la temperatura superficial desciende aproximadamente de 150 °C a 200 °C cíclicamente con cada revolución poco antes del área de vertido. En el lado posterior refrigerado de los rodillos de colada, por el contrario, permanece en su mayor parte constante a aproximadamente 30 °C a 40 °C durante la rotación. El gradiente de temperatura entre la superficie y el lado posterior, en combinación con la modificación cíclica de la temperatura superficial de los rodillos de colada, provoca tensiones térmicas en el área superficial del material del revestimiento.

De acuerdo con investigaciones del comportamiento de fatiga en el material de CuCrZr usado hasta el momento a distintas temperaturas con una amplitud de alargamiento de ± el 0,3 % y una frecuencia de 0,5 hertzios (estos parámetros corresponden aproximadamente a una velocidad de rotación de los rodillos de colada de 30 rpm), por ejemplo, a una temperatura superficial máxima de 400 °C, correspondientemente a un espesor de pared de 25 mm por encima de la refrigeración por agua, en el mejor de los casos se espera una durabilidad de 3000 ciclos hasta la formación de grietas. Por eso, los rodillos de colada deben repasarse ya tras un tiempo de funcionamiento relativamente corto de aproximadamente 100 minutos con el fin de la eliminación de grietas superficiales. A este respecto, la duración entre los trabajos de repaso depende, entre otras cosas, fundamentalmente de la eficacia de los agentes lubricantes/separadores en la superficie de colada, de la refrigeración condicionada por la construcción y el proceso así como de la velocidad de colada. Para el intercambio de los rodillos de colada, debe detenerse la máquina de colada y debe interrumpirse el proceso de colada.

Otra desventaja del material de coquillas CuCrZr probado es la dureza relativamente escasa de aproximadamente 110 HBW a 130 HBW para este caso de aplicación. En el caso de un procedimiento de colada continua de uno o dos cilindros, a saber, no puede evitarse que ya antes del área de vertido lleguen salpicaduras de acero a las superficies de los cilindros. Las partículas de acero solidificadas se presionan entonces en las superficies relativamente blandas de los cilindros de colada, mediante lo cual se ve afectada considerablemente la calidad superficial de las bandas coladas de aproximadamente 1,5 mm a 4 mm de grosor.

La menor conductividad eléctrica de una aleación de CuNiBe conocida con una adición de hasta el 1 % de niobio también da como resultado una mayor temperatura superficial en comparación con una aleación de CuCrZr. Puesto que la conductividad eléctrica se comporta de manera aproximadamente proporcional con respecto a la conductividad térmica, la temperatura superficial de un revestimiento de un cilindro de colada de la aleación de CuNiBe se aumenta a aproximadamente 540 °C en comparación con un cilindro de colada con un revestimiento de CuCrZr con una temperatura máxima de 400 °C en la superficie y 30 °C en el lado posterior. Es cierto que las aleaciones de CuNiBe o CuCoBe terciarias presentan en principio una dureza Brinell de más de 200 HBW, pero la conductividad eléctrica de los productos semielaborados estándares producidos a partir de estos materiales como, por ejemplo, varillas para la elaboración de electrodos de soldadura por resistencia o chapas y bandas para la producción de resortes o bastidores de conductores, alcanza, en todo caso, valores que se encuentran en el intervalo desde 26 Sm/mm^2 hasta aproximadamente 32 Sm/mm^2. En condiciones óptimas, con estos materiales estándar únicamente debería alcanzarse una temperatura superficial de aproximadamente 585 °C en el revestimiento de un cilindro de colada.

También para las aleaciones de CuCoBeZr o CuNiBeZr conocidas en principio por la patente estadounidense 4.179.314, no se deduce ningún indicio de que con la selección específica de los componentes de aleación puedan conseguirse valores de conductividad de > 38 Sm/mm^2 junto con una dureza mínima de 200 HBW.

Se conoce una aleación de cobre curable como material para la producción de coquillas de colada continua tanto por la patente estadounidense 4.377.424 como por el documento DE 100 18 504 A1. También pueden usarse aleaciones de cobre curables como material para la producción de moldes de fundición (documento US 4.599.120 A). En principio, en los materiales de coquillas de colada continua y moldes de fundición se exigen otros requisitos diferentes a los de los materiales para cilindros de colada.

En el alcance del documento EP 0 548 636 B1, aparte del estado de la técnica, se cuenta el uso de una aleación de cobre curable del 1,0 % al 2,6 % de níquel que puede estar sustituido total o parcialmente por cobalto, del 0,1 % al 0,45 % de berilio, alternativamente del 0,05 % al 0,25 % de circonio y, dado el caso, como máximo el 0,15 % de al menos un elemento del grupo que comprende niobio, tantalio, vanadio, titanio, cromo, cerio y hafnio, el resto cobre incluyendo impurezas relacionadas con la producción y aditivos de procesamiento habituales con una dureza Brinell de al menos 200 HBW y una conductividad eléctrica de por encima de 38 Sm/mm^2 como material para la producción de cilindros de colada y ruedas fundidoras.

Aleaciones con estas composiciones como, por ejemplo, las aleaciones CuCo2Be0,5 o CuNi2Be0,5, presentan desventajas en la conformabilidad en caliente a causa del contenido de elemento de aleación relativamente alto. Sin embargo, son necesarios elevados grados de conformación en caliente para conseguir, a partir de estructuras de colada de grano grueso con varios milímetros de tamaño de grano, un producto de grano más fino con un tamaño de grano de < 1,5 mm (según la norma ASTM E 112). Especialmente para cilindros de colada de gran tamaño, hasta ahora solo pueden producirse lingotes lo suficientemente grandes con calidad suficiente con un coste muy elevado; sin embargo, casi no están disponibles dispositivos de conformación técnicos para realizar con un coste razonable una amasadura en caliente lo suficientemente elevada para la recristalización de la estructura de colada a una estructura de grano fino.

La invención se basa (a partir del estado de la técnica) en el objetivo de crear un cilindro de colada como componente de una instalación de colada de dos cilindros que, durante la colada próxima a la forma final de bandas de metales no ferrosos, pueda exponerse fácilmente a cargas térmicas variables y altas presiones de cilindro con una alta vida útil.

Este objetivo se resuelve con las características indicadas en la reivindicación 1.

Por el uso de una aleación de CuCoBeZr(Mg) con contenido de Co y Be bajo intencionadamente escalonado puede garantizarse, por una parte, una curabilidad aún suficiente del material para la obtención de elevada resistencia, dureza y conductividad; por otra parte, solo son necesarios bajos grados de conformación en caliente para la recristalización completa de la estructura de colada y el ajuste de una estructura de grano fino con plasticidad suficiente.

El revestimiento se produce por las etapas de procesamiento colada, conformación en caliente, recocido de disolución de 850 °C a 980 °C, conformación en frío hasta el 30 % así como curado de 400 °C a 550 °C durante un período de tiempo de 4-32 horas, presentando el revestimiento un tamaño de grano medio máximo de 1,5 mm según la norma ASTM E 112, una dureza de al menos 170 HBW y una conductividad eléctrica de al menos 26 Sm/mm^2.

Gracias a un cilindro de colada conformado de esta forma como componente de una instalación de colada de dos cilindros se logra incrementar en más del doble la velocidad durante la colada de una banda de un metal no ferroso, especialmente de aluminio o de una aleación de aluminio, en comparación con una disposición de cilindros equipada con revestimientos de acero puros. Además, se consigue una calidad superficial significativamente mejorada de la banda colada. También está garantizada una vida útil considerablemente más prolongada del revestimiento.

El cilindro de colada puede estar conformado como cilindro hueco, es decir, con rigidez propia sin núcleo. No obstante, la superficie puesta en contacto con las bandas que van a colarse también puede ser componente de un revestimiento con un núcleo, especialmente un núcleo de acero. El revestimiento puede estar entonces zunchado, calado o montado sobre un tal núcleo como soporte y después bloqueado mecánicamente.

Aparte de eso, es concebible que, en el caso del uso de un revestimiento, este pueda estar conformado en una o varias capas.

La superficie envolvente de la superficie del cilindro de colada puede estar diseñada cilíndricamente o con un bombeado para compensar, dado el caso, una flexión del cilindro.

Otra mejora de las propiedades mecánicas del revestimiento, especialmente un aumento de la resistencia a la tracción, puede obtenerse ventajosamente según la reivindicación 2 por que la aleación de cobre contiene del 0,03 % al 0,35 % de circonio y del 0,005 % al 0,05 % de magnesio.

De acuerdo con otra forma de realización (reivindicación 3), la aleación de cobre para el revestimiento contiene un porcentaje < 1,0 % de cobalto, del 0,15 % al 0,3 % de berilio y del 0,15 % al 0,3 % de circonio.

Aparte de eso, resulta ventajoso cuando, según la reivindicación 4, en la aleación de cobre del revestimiento, la relación de cobalto respecto a berilio asciende entre 2 y 15.

Según la reivindicación 5, esta relación de cobalto respecto a berilio asciende especialmente entre 2,2 y 5.

La invención permite que, correspondientemente a las características de la reivindicación 6, la aleación de cobre contenga, además de cobalto, hasta el 0,6 % de níquel.

Otras mejoras de las propiedades mecánicas del cilindro de colada pueden conseguirse cuando, de acuerdo con la reivindicación 7, la aleación de cobre del revestimiento contiene hasta un máximo del 0,15 % de al menos un elemento del grupo que comprende niobio, manganeso, tantalio, vanadio, titanio, cromo, cerio y hafnio.

De manera especialmente ventajosa, se demuestra que el revestimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el estado curado, presenta un tamaño de grano medio de 30 µm a 500 µm según la norma ASTM E 112, una dureza de al menos 185 HBW, una conductividad entre 30 y 36 Sm/mm^2, un 0,2 % de límite elástico de al menos 450 MPa y un alargamiento de rotura de al menos el 12 %.

Cuando, correspondientemente a las características de la reivindicación 9, el revestimiento está provisto de un recubrimiento que reduce la permeabilidad térmica o iguala el flujo térmico, puede incrementarse aún más la calidad del producto de la banda colada de un metal no ferroso, pero especialmente de aluminio o de una aleación de aluminio. Este recubrimiento se consigue específicamente a causa del comportamiento funcional del revestimiento de una aleación de cobre en el caso especialmente de una banda de aluminio por que se forma sobre la superficie del revestimiento, por la interacción de cobre con aluminio, al principio de un proceso de colada y laminado, una capa de adhesión sobre la que penetra entonces, en el desarrollo adicional del proceso de colada, aluminio en la superficie de cobre y ahí puede conformarse una capa de difusión resistente y estable, cuyo grosor y propiedad están determinados fundamentalmente por la velocidad de colada y las condiciones de refrigeración. Con ello, se mejora la calidad superficial de la banda de aluminio y consecuentemente se aumenta de manera significativa la calidad del producto.

Con las características de la reivindicación 10 puede prolongarse aún más la vida útil del revestimiento.

Según la reivindicación 11, la superficie del cilindro de colada puede estar conformada de manera lisa. Esta configuración puede conseguirse especialmente por cilindros. De esta manera, en la zona marginal se inducen tensiones de compresión que posibilitan una resistencia adicional frente a la formación de grietas y la propagación de grietas para aumentar la durabilidad del cilindro de colada.

Aparte de eso, es concebible que, correspondientemente a la reivindicación 12, la superficie del cilindro de colada esté texturizada. Puede realizarse una texturización, por ejemplo, por mecanizado con arranque de virutas, rodadura entre discos planos, electroerosionado o radiación. Por medidas de este tipo puede influirse específicamente en el coeficiente de transferencia de calor.

Finalmente, de acuerdo con la invención, es aún imaginable que, según la reivindicación 13, en las depresiones formadas por una texturización, esté incrustada una sustancia con una conductividad térmica más baja en comparación con la conductividad térmica del cobre.

Una tal sustancia también puede ser, además de un material metálico, como especialmente níquel o una aleación de níquel, un material cerámico. Un relleno de este tipo de las depresiones formadas por una texturización en la superficie del cilindro de colada sirve para la generación de buenos acabados superficiales y el aseguramiento de una influencia duradera de la conductividad térmica.

La invención se explica aún con más detalle a continuación. Mediante siete aleaciones para el revestimiento de un cilindro de colada (aleaciones A a G) y tres aleaciones comparativas (H a J) se muestra cómo es críticamente la composición para conseguir la combinación de propiedades pretendida.

Todas las aleaciones se fundieron en un horno de crisol y se vertieron para dar lugar a bloques redondos del mismo formato. La composición en porcentajes en peso está indicada en la siguiente Tabla 1. La adición de magnesio sirve para la desoxidación previa de la masa fundida y la adición de circonio influye positivamente sobre la plasticidad en caliente.

Tabla 1

Aleación	Co (%)	Ni (%)	Be (%)	Zr (%)	Mg (%)	Cu (%)
A	0,68	-	0,20	0,20	0,03	Resto
B	1,0	-	0,22	0,22	0,03	Resto
C	1,4	-	0,20	0,18	0,02	Resto
D	0,65	-	0,29	0,21	0,04	Resto
E	1,0	-	0,31	0,24	0,01	Resto
F	1,4	-	0,28	0,29	0,03	Resto
G	1,0	0,1	0,22	0,16	0,03	Resto
H	-	1,7	0,27	0,16	-	Resto
I	2,1	-	0,55	0,24	-	Resto
J	-	1,4	0,54	0,20	-	Resto

Las aleaciones se prensaron a continuación para dar lugar a barras planas con una baja relación de prensado (= sección transversal del lingote / sección transversal de la barra de presión) de 5,6:1 sobre una prensa de extrusión a 950 °C. Las aleaciones se sometieron después a un recocido de disolución de al menos 30 minutos por encima de 850 °C con posterior temple en agua y a continuación se curaron de 4 a 32 horas en el intervalo de temperatura entre 400 °C y 550 °C. Se consiguieron las combinaciones de propiedades expuestas en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2

Aleación	Rm MPa	Rp_{02} MPa	A %	HB 2,5 187,5	Cond. eléctrica Sm/mm^2	Tamaño de grano mm
A	694	492	21	207	36,8	0,09-0,025
B	675	486	18	207	32,8	0,09-0,018
C	651	495	18	211	30,0	0,045-0,013
D	707	501	19	207	31,4	0,09-0,025
E	735	505	19	229	33,6	0,045-0,018
F	735	520	19	224	32,3	0,09-0,025
G	696	513	18	213	33,5	0,065-0,018
H	688	556	10	202	41,0	2-3
I	784	541	11	229	30,3	1,5-3
J	645	510	4	198	30,9	4-6

Rm = resistencia a la tracción
$R_{P0,2}$ = 0,2 % de límite elástico
A = alargamiento de rotura
HBW = dureza Brinell

Como se puede deducir de las combinaciones de propiedades, las aleaciones de acuerdo con la invención para la producción de un revestimiento de un cilindro de colada consiguen la estructura de grano fino recristalizada pretendida con un alargamiento de rotura correspondientemente bueno. En el caso de las aleaciones comparativas H a J, está presente un tamaño de grano por encima de 1,5 mm, mediante lo cual se reduce la plasticidad del material.

Se puede conseguir un incremento de resistencia adicional por la conformación en frío antes del curado. En la siguiente Tabla 3 están representadas combinaciones de propiedades respecto a las aleaciones A a J que se consiguen por recocido de disolución del material prensado durante al menos 30 minutos por encima de 850 °C con posterior temple en agua, del 10 % al 15 % de laminado en frío (reducción de la sección transversal) y posterior curado de 2 a 32 horas en el intervalo de temperatura entre 400 °C y 550 °C.

Tabla 3

Aleación	Rm MPa	Rp_{02} MPa	A %	HBW 2,5 187,5	Cond. eléctrica Sm/mm^2	Tamaño de grano mm
A	688	532	20	211	36,7	0,13-0,025
B	679	534	18	207	34,6	0,045-0,018
C	741	600	17	227	34,4	0,065-0,018
D	690	537	21	207	32,6	0,065-0,025
E	735	576	19	230	34,7	0,045-0,018
F	741	600	17	227	34,4	0,13-0,025
G	695	591	15	224	33,0	0,18-0,035
H	751	689	9	202	40,9	2-4
I	836	712	10	229	31,0	2-3
J	726	651	6	198	31,5	3-6

Las aleaciones A a G de acuerdo con la invención muestran de nuevo buenos alargamientos de rotura y un tamaño de grano por debajo de 0,5 mm, mientras que las aleaciones comparativas H a J presentan un grano grueso con un tamaño de grano por encima de 1,5 mm y valores de alargamiento de rotura más bajos. Por lo tanto, estas aleaciones de cobre poseen ventajas de procesamiento inequívocas en la producción de revestimientos, especialmente para cilindros de colada más grandes de instalaciones de colada de dos cilindros, mediante lo cual se hace posible un producto final de grano fino con propiedades fundamentales óptimas para el ámbito de aplicación.

REIVINDICACIONES

1. Cilindro de colada para una instalación de colada de dos cilindros que está sujeto a una carga térmica variable y altas presiones de cilindro durante la colada próxima a la forma final de bandas de metales no ferrosos, que consta de un revestimiento de una aleación de cobre curable de (expresado respectivamente en % en peso) del 0,4 % al 2 % de cobalto que puede sustituirse parcialmente por níquel, del 0,1 % al 0,5 % de berilio, alternativamente del 0,03 % al 0,5 % de circonio, del 0,005 % al 0,1 % de magnesio y, dado el caso, como máximo el 0,15 % de al menos un elemento del grupo que comprende niobio, manganeso, tantalio, vanadio, titanio, cromo, cerio y hafnio, el resto cobre incluyendo impurezas relacionadas con la producción y aditivos de procesamiento habituales y que está producido al menos en cuanto al revestimiento por las etapas de procesamiento colada, conformación en caliente, recocido de disolución de 850 °C a 980 °C, conformación en frío hasta el 30 % así como curado de 400 °C a 550 °C durante un período de tiempo de 4 a 32 horas y un tamaño de grano medio máximo de 1,5 mm según la norma ASTM E 112, una dureza de al menos 170 HBW y una conductividad eléctrica de al menos 26 Sm/mm^2.

2. Cilindro de colada según la reivindicación 1, en el que la aleación de cobre contiene del 0,03 % al 0,35 % de circonio y del 0,005 % al 0,05 % de magnesio.

3. Cilindro de colada según la reivindicación 1 o 2, en el que la aleación de cobre contiene un porcentaje menor al 1,0 % de cobalto, del 0,15 % al 0,3 % de berilio y del 0,15 % al 0,3 % de circonio.

4. Cilindro de colada según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que en la aleación de cobre la relación de cobalto respecto a berilio asciende entre 2 y 15.

5. Cilindro de colada según la reivindicación 4, en el que en la aleación de cobre la relación de cobalto respecto a berilio asciende entre 2,2 y 5.

6. Cilindro de colada según al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la aleación de cobre contiene, además de cobalto, hasta el 0,6 % de níquel.

7. Cilindro de colada según al menos una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la aleación de cobre contiene hasta un máximo del 0,15 % de al menos un elemento del grupo que comprende niobio, manganeso, tantalio, vanadio, titanio, cromo, cerio y hafnio.

8. Cilindro de colada según la reivindicación 1, en el que el revestimiento en el estado curado presenta un tamaño de grano medio de 30 µm a 500 µm según la norma ASTM E 112, una dureza de al menos 185 HBW, una conductividad entre 30 y 36 Sm/mm^2, un 0,2 % de límite elástico de al menos 450 MPa y un alargamiento de rotura de al menos el 12 %.

9. Cilindro de colada según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que el revestimiento está provisto de un recubrimiento que reduce la permeabilidad térmica.

10. Cilindro de colada según la reivindicación 9, en el que el recubrimiento presenta una elevada dureza de superficie.

11. Cilindro de colada según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la superficie está conformada de manera lisa.

12. Cilindro de colada según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la superficie está texturizada.

13. Cilindro de colada según la reivindicación 12, en el que en las depresiones formadas por la texturización está incrustada una sustancia con una conductividad térmica más baja en comparación con la conductividad térmica del cobre.