

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 700**

51 Int. Cl.:

B22D 11/12 (2006.01)

B22D 11/16 (2006.01)

B22D 11/115 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.04.2015 PCT/EP2015/058130**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.10.2015 WO15162039**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2015 E 15716054 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3134220**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de colada continua de láminas finas**

30 Prioridad:

25.04.2014 DE 102014105870

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

27.04.2020

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (50.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg , DE y
THYSSENKRUPP AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SOWKA, EBERHARD;
SPELLEKEN, FRANK;
ROHE, ANDY y
OSTERBURG, HELMUT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 756 700 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo de colada continua de láminas finas

5 Estado de la técnica

La presente invención parte de un procedimiento de colada continua de láminas finas de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Por el estado de la técnica en general se conoce fabricar láminas finas en un procedimiento de colada continua. En este sentido, se genera un metal fundido, la cual se transfiere a un distribuidor mediante un caldero de colada de acero. Desde el distribuidor el metal fundido fluye por un tubo de colada a una lingotera, la cual se enfría y se mueve con un movimiento oscilante. En la lingotera, a partir del metal fundido, se forma una barra continua con una corteza solidificadas y una sección transversal, en su mayor parte, no solidificada todavía, dentro de la corteza solidificada.

15 Al dejar la lingotera, la barra es alojada por un sistema de transporte con un gran número de rodillos de guía de barra, entre los cuales la barra es conducida por el denominado arco de colada y enfriada hasta que se solidifica completamente. Además, se conoce disminuir la velocidad de corriente del metal fundido en el interior de la barra ya parcialmente solidificada dentro de la lingotera mediante un freno electromagnético (EMBR: Electromagnetic Brake). En este sentido, el objetivo es reducir la velocidad de corriente de la colada de acero en el nivel de baño y

20 homogeneizar el perfil de nivel de baño para mejorar la lubricación entre barra y lingotera y disminuir defectos en la superficie de barra que puedan producirse al atrapar escoria de colada.

Para fabricar las láminas finas con grosores de entre 40 y 120 milímetros, la lingotera presenta normalmente, en la parte superior, una sección transversal ampliada con forma de embudo y, en la parte inferior, una sección

25 transversal rectangular. Por estos pequeños grosores, los tiempos de solidificación en la colada continua de láminas finas son comparativamente cortos y la parte de fusión líquida en el interior de la barra parcialmente solidificada es pequeña. De esta manera, se produce obligatoriamente una estructura áspera de cristales columnares fuertemente dirigida durante la colada continua de láminas finas. No obstante, una estructura de este tipo puede repercutir desventajosamente en el estado superficial e interno de los productos fabricados a partir de las láminas finas. Por ejemplo, según el tipo de acero y las condiciones de colada, en los productos fabricados a partir del material de

30 láminas finas pueden aparecer un barrado longitudinal en la superficie de producto, cualidades mecánicas no homogéneas, formaciones con forma de franja en la estructura, segregaciones de núcleo, una disminución de la resistencia a la fractura inducida por hidrógeno (FIC) y propensión a roturas internas.

35 Por la colada continua de láminas gruesas convencional se conoce impedir el barrado longitudinal en aceros para dinamos mediante una colada de muy bajo sobrecalentamiento. No obstante, en la colada continua de láminas gruesas existe un tiempo de solidificación comparativamente largo, de forma que bastan sobrecalentamientos de la colada de acero en la artesa de menos de unos 12 kelvin para conseguir un afinamiento de estructura suficiente. El afinamiento de estructura puede considerarse suficiente cuando la dilatación de la zona globulítica de núcleo es superior al 30 % en la dirección del espesor. Para conseguir el mismo efecto en láminas finas, como los tiempos de

40 solidificación son más cortos, debería elegirse un bajo sobrecalentamiento de tal forma que se producirían problemas relativos a la técnica de colada en forma de obstrucciones de tubo de inmersión en la lingotera (así llamados bloqueos), que pueden dar como resultado defectos en la superficie de barra o incluso roturas de barra.

45 A partir de bibliografía técnica (por ejemplo, "Improved quality and productivity in slab casting by electromagnetic breaking and stirring", C. Crister et al., 41th Steelmaking Seminar International, Resende, Brasil, 23-26 de mayo de 2010, páginas 1-15) se conoce, además, que en algunas instalaciones de colada continua de láminas finas se emplean agitadores electromagnéticos para el afinamiento de la estructura de solidificación. En este sentido, los agitadores están instalados o en la zona de lingotera o varios metros por debajo del nivel de baño de la lingotera.

50 Por el documento DE 698 24 749 T2 se conoce, además, un dispositivo para la fundir metal, dispositivo el cual comprende un molde para formar una barra de colada y medios para suministrar un flujo primario de metal fundido caliente al molde. A este respecto, el dispositivo presenta un equipo magnético, el cual aplica un campo magnético estático o periódico al flujo del metal en las partes no solidificadas de la barra de colada para actuar sobre el metal fundido en el molde durante la fusión. De esta manera, el flujo del metal caliente debe frenarse y repartirse para conseguir un patrón de flujo secundario en el molde. Además, por este documento se conoce también prever otro dispositivo en forma de agitador electromagnético para actuar sobre la colada en el molde o sobre la colada después del molde. En este documento, sin embargo, no se desvela en qué zona debe estar dispuesto el agitador electromagnético en relación con el molde.

60 El empleo de un freno electromagnético y/o de un agitador electromagnético en la colada continua de acero se conoce para formatos de láminas finas, además, por los documentos DE 21 2009 000 056 U1 y DE 10 2009 056 000 A1.

65 Por el documento DE 100 20 703 A1 se conocen un procedimiento y un dispositivo de colada continua de láminas finas, los cuales comprenden vibradores ultrasónicos colocados en la zona de lingotera, así como un freno

electromagnético. Mediante el vibrador ultrasónico se produce una vibración de la pared de lingotera para reducir la carga por temperatura, fuerzas de fricción, adhesivos y depresiones longitudinales.

5 Por el documento JPH-08 323454 A se conoce un procedimiento de colada continua de láminas finas en el que debe emplearse un sobrecalentamiento inferior a 0 °C en la lingotera o en el que la fusión no solidificada debe ser conducida por debajo de la lingotera. Durante la evacuación de la barra, se debe evitar que la barra se solidifique completamente debajo de la lingotera dentro de la zona de flexión de la barra, en la cual está dispuesto un gran número de rodillos prensos, para hacer posible la compresión de la barra, no solidificada completamente, mediante los rodillos prensos. El objetivo del procedimiento es la fabricación de láminas finas con baja segregación central.

Por el documento DE 195 42 211 A1 se conoce un equipo de agitado electromagnético para lingoteras de colada de láminas mediante el cual se puede reducir la velocidad de corriente de la fusión en la lingotera.

15 Por el documento EP 0 092 126 A1 se conoce un procedimiento para remover metal líquido en una lingotera, en el cual las zonas de la lingotera que no son removidas por el chorro de colada que entra en la fusión son removidas por la cooperación de un campo magnético estático y de las corrientes inducidas al frenar el chorro de colada.

20 Por el documento JP 2003-326339 A se conoce un procedimiento de colada continua de láminas finas en el cual se influye en los flujos en la lingotera, aplicándose alrededor del tubo de inmersión un campo electromagnético casi con forma de U.

25 En la colada continua de láminas finas existe la dificultad especial de conseguir tiempos de solidificación cortos en comparación con la colada continua de láminas gruesas y un afinamiento de estructura significativo en comparación con la parte líquida de pequeño volumen en el interior de barra. La presente invención resuelve este problema.

30 Un objetivo de la presente invención es facilitar un procedimiento y un dispositivo para fabricar láminas finas en el procedimiento de colada continua, los cuales hacen posible, a pesar de los cortos tiempos de solidificación y de las partes líquidas, con un volumen comparativamente pequeño, en el interior de barra, producir una gran zona de núcleo con estructura globulítica de grano fino en la barra de láminas finas para evitar las desventajas en el estado de la técnica provocadas por una estructura áspera de cristales columnares fuertemente dirigida en la barra de láminas finas. Además, mediante un sobrecalentamiento bajo debe evitarse el peligro de obstrucciones de tubo de inmersión. Este objetivo se consigue con un procedimiento de colada continua de láminas finas de acuerdo con la reivindicación 1, que presente los siguientes pasos de procedimiento: suministrar un metal fundido a una lingotera, formar una barra de láminas finas parcialmente solidificada a partir del metal fundido en la lingotera, reducir la velocidad de corriente del metal fundido en la barra de láminas finas parcialmente solidificada mediante un freno electromagnético (EMBR) dispuesto en la zona de la lingotera y evacuar de la lingotera la barra de láminas finas parcialmente solidificada mediante un sistema de guía de barra, siendo algunas partes no solidificadas de la barra de láminas finas parcialmente solidificada conducidas mediante un agitador electromagnético dispuesto a lo largo de la dirección de retirada de barra de la barra de láminas finas hacia abajo por debajo de la lingotera, generándose mediante el agitador electromagnético un campo magnético progresivo en una zona de la barra de láminas finas alejada de la lingotera entre 20 y 7000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra.

45 Respecto al estado de la técnica, el dispositivo de acuerdo con la invención presenta la ventaja de que mediante una concepción, concebida específicamente para la colada continua de láminas finas, para la agitación electromagnética se consigue un afinamiento de la estructura de solidificación en el interior de la barra de láminas finas y, por el empleo simultáneo de un freno electromagnético, se impide que el aumento de la velocidad de corriente, inducido por el agitador, de la colada de acero en la zona de lingotera dé como resultado fluctuaciones de nivel de baño locales inadmisiblemente fuertes, es decir, fluctuaciones de nivel de baño de, por ejemplo, más de 15 mm. Las grandes turbulencias en el nivel de baño pueden dar como resultado roturas de barra o defectos en la superficie de barra por escoria de colada atrapada en el nivel de baño de la lingotera. Se deben impedir tanto roturas de barra como defectos en la superficie de barra. Sorprendentemente se ha demostrado que por la agitación electromagnética, en la distancia de 20 a 7000 milímetros por debajo de la lingotera y especialmente desde el lado inferior de lingotera se produce una reducción sobrecalentamiento más rápida y uniforme, la cual da como resultado, ventajosamente, la formación de una zona de núcleo suficientemente grande, es decir, que en particular es de al menos un 30 % en la dirección de espesor, con estructura globulítica de grano fino en el interior de la barra de láminas finas., mientras que mediante la agitación se limitan estructuras ásperas de cristales columnares. A pesar de los cortos tiempos de solidificación típicos en la colada continua de láminas finas y de la parte de líquido de poco volumen en el interior de la barra de láminas finas, en la estructura de solidificación se configura esta zona globulítica de núcleo de grano fino, por lo cual se reduce ampliamente la aparición de cristales columnares entre la zona de borde y la zona central de la barra. La dilatación de la zona globulítica de núcleo en la dirección del espesor es entonces, especialmente, de al menos un 30 %. Con ello, en el producto fabricado se pueden reducir un barrado longitudinal, formaciones con forma de franja en la estructura, segregaciones de núcleo y una propensión a roturas internas y pueden aumentar la resistencia a la fractura inducida por hidrógeno (FIC) y la homogeneidad de las propiedades mecánicas y magnéticas. De forma ventajosa, además, puede esperarse un sobrecalentamiento mayor y no crítico, de forma que se acaba con el peligro de obstáculos en la colada en forma de obstrucciones de tubo de

inmersión y defectos en la superficie de barra o roturas de barra resultantes de estas. Es concebible que en el presente procedimiento se aplique, por ejemplo, un sobrecalentamiento de la colada de acero en la artesa de entre 10 y 50 kelvin, preferentemente de unos 20 kelvin. Mediante la agitación electromagnética se genera un campo electromagnético progresivo en una zona de la barra de láminas finas alejada entre 20 y 7000 milímetros de la lingotera a lo largo de la dirección de retirada de barra. Por una zona de la barra de láminas finas alejada entre 20 y 7000 milímetros de la lingotera, en el ámbito de la presente invención se debe entender especialmente aquella zona de la barra de láminas finas que presenta una distancia de entre 20 y 7000 milímetros desde el lado inferior de lingotera. Como alternativa, la posición del agitador electromagnético y del campo electromagnético progresivo respecto a la lingotera podría estar definida también por la distancia respecto al nivel de baño en la lingotera, distancia la cual se sitúa normalmente en torno a los 100 milímetros por debajo del lado superior de lingotera. Preferentemente, el agitador electromagnético está dispuesto de tal forma que el campo progresivo actúa directamente debajo de la lingotera sobre la parte de la barra no solidificada aún, pues ya no es posible influir positivamente en la estructura granulada mediante el campo progresivo en el caso de que haya partes de la barra ya solidificadas. Preferentemente, el campo electromagnético progresivo se genera en una zona alejada entre 50 y 3000 milímetros de la lingotera o del lado inferior de lingotera a lo largo de la dirección de retirada de barra. También es posible definir la posición del agitador electromagnético o del campo electromagnético alternante a lo largo de la dirección de retirada de barra por medio de la distancia respecto al nivel de baño en la lingotera: la distancia respecto al nivel de baño a lo largo de la dirección de retirada de barra comprende, preferentemente, entre 0,9 y 3,8 metros y, preferentemente, entre 1,5 y 2,5 metros. En el ámbito de la presente invención, un solo agitador electromagnético está dispuesto o en un lado de la barra de láminas finas, o en el lado fijo o el lado móvil, o en todos los lados, es decir, tanto en el lado fijo, como en el lado móvil está dispuesto un agitador electromagnético separado. A este respecto, lado fijo se considera especialmente aquel lateral del segmento de guía de barra cuya posición permanece siempre inalterada y que sirve como una así llamada línea de referencia. Entonces, las adaptaciones de los formatos de grosor de barra siempre se realizan por el lado móvil opuesto. El procedimiento de acuerdo con la invención se utiliza especialmente para la fabricación de láminas finas en el procedimiento de colada continua y se utiliza la banda en caliente o la banda en frío fabricada a partir de este. La banda en caliente o la banda en frío se utiliza especialmente para la fabricación de chapas eléctricas (con granos orientados o no orientados) o de chapas de aceros de alta resistencia con valores de límite de elasticidad superiores a los 400 megapascuales (por ejemplo, acero para temple y revenido). En el ámbito de la presente invención, una lámina fina comprende especialmente una lámina con un grosor de entre 40 y 120 milímetros. Para describir con precisión las proporciones geométricas, en lo sucesivo se mencionan, aparte de la dirección de retirada de barra, otras dos direcciones transversales, una primera dirección transversal y una segunda dirección transversal. A este respecto, la primera dirección transversal tiene su recorrido siempre perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y paralela respecto a las normales a la superficie de barra del lateral de lámina, mientras que la segunda dirección transversal tiene su recorrido siempre perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y paralela respecto a la superficie de barra sobre el lateral de lámina. A este respecto, por lateral de lámina se debe entender aquel lado del corte transversal rectangular de la barra de láminas finas que presente la mayor dilatación. La primera y la segunda dirección transversal tienen su recorrido, así, perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra, así como perpendicular una respecto a otra.

De las reivindicaciones secundarias, así como de la descripción en referencia a las figuras, se pueden extraer configuraciones y perfeccionamientos ventajosos de la invención.

De acuerdo con una forma de realización preferida de la presente invención está previsto que las partes no solidificadas, dentro de la lingotera y/o durante la evacuación de la barra de láminas finas parcialmente solidificada fuera de la lingotera mediante el sistema de guía de barra, sean agitadas mediante el agitador electromagnético, el cual está colocado debajo de la lingotera. De esta manera, de forma ventajosa se garantiza que durante la agitación la parte de metal fundido que todavía no está solidificada en el interior de la barra de láminas finas todavía sea lo suficientemente grande, es decir, que sea al menos el 50 % del grosor de barra, para mantener una zona de núcleo con la mayor superficie posible en el corte transversal con estructura globulítica de grano fino, es decir, para mantener una zona globulítica de núcleo con una dilatación en dirección de espesor desde la lámina de al menos un 30 %.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que el agitador electromagnético se ajuste de tal forma que el campo electromagnético progresivo se dirija, a lo largo de una segunda dirección transversal que tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y paralelo respecto a una superficie de barra en un lateral de la barra de láminas finas, de una primera zona de borde de la barra de láminas finas a una segunda zona de borde, opuesta a la primera zona de borde, de la barra de láminas finas. De esta manera se consigue remover el metal fundido que no está solidificada aún en la barra de láminas finas, de forma que al solidificarse se forman granos globulíticos finos en la estructura de solidificación. Preferentemente, transcurrido un período de tiempo de 1 a 60 segundos, de forma especialmente preferida, de entre 1 y 10 segundos, el campo electromagnético progresivo se invierte, de forma que, a continuación, el campo electromagnético progresivo va, a lo largo de la segunda dirección transversal, de una segunda zona de borde de la barra de láminas finas a la primera zona de borde de la barra de láminas finas. Transcurrido nuevamente el período de tiempo de 1 a 60 segundos, preferentemente, de nuevo, de 1 a 10 segundos, el campo electromagnético progresivo vuelve a invertirse y el ciclo comienza de nuevo.

De acuerdo con una forma de realización preferida alternativa de la presente invención está previsto que mediante el agitador electromagnético se genere un campo electromagnético progresivo simétrico y bidireccional por el ancho de la barra de láminas finas, ajustándose el agitador electromagnético de tal forma que un primer subcampo del campo electromagnético progresivo vaya desde el centro de la barra de láminas finas a una primera zona de borde de la barra de láminas finas y que un segundo subcampo del campo electromagnético progresivo vaya desde el centro a una segunda zona de borde, opuesta a la primera zona de borde, de la barra de láminas finas. Este campo electromagnético progresivo se mantiene preferentemente de 1 a 60 segundos, de forma especialmente preferente entre 1 y 10 segundos. Después se invierten el campo electromagnético progresivo generado por el agitador electromagnético y, con él, la dirección de ambos subcampos. Este campo electromagnético progresivo invertido se mantiene también preferentemente entre 1 y 60 segundos y, de forma especialmente preferente, entre 1 y 10 segundos. Después el campo electromagnético progresivo se invierte nuevamente y el ciclo comienza de nuevo. Esta forma de realización preferida hace que el metal fundido que aún no se ha solidificado se remueva simétricamente dentro de la zona de borde ya solidificada de la barra de láminas finas, de forma que surge una estructura de solidificación simétrica con granos globulíticos finos.

De acuerdo con otra forma de realización preferida alternativa de la presente invención está previsto que mediante el agitador electromagnético se genere un campo electromagnético progresivo simétrico y bidireccional por el ancho de la barra de láminas finas, ajustándose el agitador electromagnético de tal forma que un primer subcampo del campo electromagnético progresivo vaya desde una primera zona de borde de la barra de láminas finas al centro de la barra de láminas finas y que un segundo subcampo del campo electromagnético progresivo vaya desde una segunda zona de borde, opuesta a la primera zona de borde, de la barra de láminas finas al centro de la barra de láminas finas. Este campo electromagnético progresivo se mantiene preferentemente de 1 a 60 segundos, especialmente entre 1 y 10 segundos. Después se invierten el campo electromagnético progresivo generado por el agitador electromagnético y, con él, la dirección de ambos subcampos. Este campo electromagnético progresivo invertido se mantiene también preferentemente entre 1 y 60 segundos, especialmente entre 1 y 10 segundos. Después el campo electromagnético progresivo se invierte nuevamente y el ciclo comienza de nuevo. Esta forma de realización preferida hace también que el metal fundido que aún no se ha solidificado se remueva simétricamente dentro de la zona de borde ya solidificada de la barra de láminas finas, de forma que surge una estructura de solidificación simétrica con granos globulíticos finos.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que mediante el agitador electromagnético se genere un campo electromagnético progresivo por el ancho de la barra de láminas finas cuya densidad de flujo magnética en el centro sea preferentemente de 0,1 a 0,6 teslas, de forma especialmente preferente, de 0,3 a 0,5 teslas y, de forma muy especialmente preferente, en esencia, de 0,4 teslas. Se ha demostrado que un campo alternante con amplitudes en el intervalo de preferentemente 0,1 a 0,6 teslas, de forma especialmente preferente, 0,3 a 0,5 teslas y, muy preferentemente, en esencia, 0,4 teslas es suficiente para conseguir una reducción acelerada y uniforme del sobrecalentamiento en el metal fundido. Este efecto se consigue ventajosamente mediante un agitador electromagnético ajustado de tal forma que la velocidad de corriente de las partes no solidificadas en la barra de láminas finas parcialmente solidificada es de 0,7 metros por segundo como máximo o de 0,2 metros por segundo como mínimo y se sitúa preferentemente entre 0,2 y 0,7 metros por segundo. La circulación, unida a esto, de las partes no solidificadas en la barra de láminas finas proporciona una reducción acelerada y uniforme del sobrecalentamiento y, con ello, el afinamiento de estructura deseado sin que deba elegirse desde el principio un sobrecalentamiento más bajo, el cual aumentaría drásticamente el peligro de obstrucciones de tubo de inmersión.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que el agitador electromagnético se ajuste de tal forma que la frecuencia de agitación sea de al menos 0,1 Hz o de 10 hercios como máximo y se sitúe preferentemente entre 1 y 10 Hz. Se ha demostrado que este intervalo de frecuencias de agitación es especialmente ventajoso. En el caso de una frecuencia de agitación inferior a 0,1 Hz no existe ningún campo electromagnético progresivo, de forma que no se produce ningún efecto de agitación. Cuando la frecuencia de agitación es superior a 10 Hz, la profundidad de penetración del campo electromagnético progresivo en el interior de barra es demasiado baja y no se consigue afinamiento de estructura alguno.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que mediante el freno electromagnético se genere dentro de la lingotera un campo electromagnético cuya densidad de flujo magnética sea preferentemente de 0,1 a 0,3 teslas, de forma especialmente preferente, de 0,15 a 0,25 teslas y, de forma muy especialmente preferente, en esencia, de 0,4 teslas. Ventajosamente, de esta manera, se reduce la velocidad de corriente del metal fundido entre las zonas de borde parcialmente solidificadas de la barra y, con ello, se evitan fluctuaciones de nivel de colada, así como defectos de superficie (así llamados defectos de capa) y defectos internos (o inclusiones de escoria de colada) resultantes de fluctuaciones de nivel de colada.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que las fuerzas de campo magnético del campo electromagnético progresivo producido por el agitador electromagnético y del campo producido por el freno electromagnético se adapten una a otra. Se ha demostrado que es ventajosa una adaptación de las fuerzas de campo magnético del campo electromagnético progresivo producido por el agitador electromagnético y del campo producido por el freno electromagnético. La adaptación se efectúa preferentemente aumentando la fuerza

de campo magnético del campo del freno electromagnético, al conectar el agitador electromagnético, de un 20 a un 80 % de su valor de base a valores entre 0,1 y 0,3 teslas. En este contexto, por valor de base se entiende la fuerza de campo magnético del campo del freno electromagnético como se emplea normalmente sin emplear adicionalmente un agitador electromagnético. Los ajustes de base típicos para un freno electromagnético sin
5 emplear un agitador electromagnético son campos con fuerzas de campo magnético de entre 0,08 y 0,2 teslas.

Otro objeto de la presente invención para lograr el objetivo mencionado al principio es un dispositivo de colada continua de láminas finas, especialmente con la utilización del procedimiento de acuerdo con la invención, el cual presenta un medio de suministro para llevar un metal fundido, una lingotera para formar una barra de láminas finas
10 parcialmente solidificada a partir de la solada metálica, un freno electromagnético, dispuesto en la zona de la lingotera, para reducir la velocidad de corriente del metal fundido en el interior de la barra parcialmente solidificada dentro de la lingotera y un sistema de guía de barra para evacuar de la lingotera la barra de láminas finas parcialmente solidificada, presentando el dispositivo, además, un agitador electromagnético, dispuesto a lo largo de la dirección de retirada de barra de la barra de láminas finas hacia abajo por debajo de la lingotera, para agitar
15 partes no solidificadas de la barra de láminas finas parcialmente solidificada, estando el agitador electromagnético separado de la lingotera entre 20 y 7000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra.

Respecto al estado de la técnica el dispositivo de acuerdo con la invención tiene la ventaja de que el metal fundido es agitada por el agitador electromagnético durante la colada continua, por lo cual se consigue un afinamiento de la estructura de solidificación en el interior de la barra de láminas finas. La agitación del metal fundido proporciona una reducción acelerada y uniforme del sobrecalentamiento, la cual la como resultado, ventajosamente, la formación de una zona de núcleo con estructura globulítica de grano fino en el interior de la barra de láminas finas, mientras que hay estructuras ásperas de cristales columnares que se fracturan ventajosamente por la agitación. A pesar de los cortos tiempos de solidificación típicos en la colada continua de láminas finas y la parte líquida de poco volumen en el interior de la barra de láminas finas se configura esta zona globulítica de núcleo de grano fino en la estructura de solidificación, por lo cual se impide, o al menos se suprime, la aparición de cristales columnares entre la zona de borde y la zona central de la barra. Los productos fabricados a partir de láminas finas presentan, así, un barrado longitudinal considerablemente menor, formaciones con forma de franja en la estructura y una menor propensión a roturas internas, así como una mayor resistencia a la fractura inducida por hidrógeno (FIC) y una mayor
20 homogeneidad de las propiedades mecánicas y magnéticas. El agitador electromagnético genera especialmente un campo magnético que puede variar espacialmente y/o temporalmente en la zona de la barra de láminas finas. El agitador electromagnético comprende preferentemente un agitador de campo lineal, el cual está dispuesto en uno de los dos laterales de la barra de láminas finas. No obstante, también sería concebible que en cada uno de los dos laterales opuestos de la barra de láminas finas esté dispuesto un agitador de campo lineal. Como alternativa, el
25 agitador electromagnético comprende un agitador de campo rotatorio o un agitador helicoidal.

El agitador electromagnético está dispuesto debajo del freno electromagnético a lo largo de la dirección de retirada de barra de la barra de láminas finas. Así, de forma ventajosa, en las partes de la barra de láminas finas que todavía no están solidificadas se consigue una reducción rápida y uniforme del sobrecalentamiento antes de que la solidificación avance hacia el interior de la barra de láminas finas, de forma que se consigue el afinamiento de la estructura de solidificación. En principio la parte de la zona globulítica en las láminas finas es mayor cuanto más cerca del menisco de la barra de láminas finas o del nivel de baño está dispuesto el agitador electromagnético. No obstante, al mismo tiempo debe estar garantizado que el agitador electromagnético sea eficaz también en la zona inferior de la lingotera para que se consiga una reducción temprana y rápida del sobrecalentamiento en el interior de barra, y que los flujos generados por el agitador electromagnético en el metal fundido no den como resultado un aumento de las fluctuaciones de nivel de baño ni un aumento de la sobreelevación de nivel de baño local en la lingotera. Se ha demostrado que, para ello, el agitador electromagnético debería estar dispuesto ventajosamente a lo largo de la dirección de retirada de barra separado de 20 a 7000 milímetros y preferentemente de 50 a 3000 milímetros de la lingotera y especialmente del lado inferior de lingotera. En otras palabras, la distancia entre el agitador electromagnético y el nivel de baño comprende preferentemente entre 0,9 y 3,8 metros y, preferentemente, entre 1,5 y 2,5 metros. Además, está previsto especialmente que el agitador electromagnético esté separado de 20 a 1000 milímetros, preferentemente, de 20 a 200 milímetros, y de forma especialmente preferente, de 20 a 40 milímetros de una superficie de la barra de láminas finas a lo largo de la primera dirección transversal.

El dispositivo de acuerdo con la invención sirve especialmente para fabricar láminas finas en el procedimiento de colada continua y la banda en caliente o la banda en frío fabricada a partir de este. La banda en caliente o la banda en frío se utiliza especialmente para la fabricación de chapas eléctricas (con granos orientados o no orientados) o de chapas de aceros de alta resistencia con valores de límite de elasticidad superiores a los 400 megapascales (por ejemplo, acero para temple y revenido). En el ámbito de la presente invención, una lámina final comprende especialmente una lámina con un grosor de entre 40 y 120 milímetros.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que el agitador electromagnético comprenda un agitador de campo lineal para generar un campo electromagnético progresivo en la zona de la barra de láminas finas, estando la dirección de marcha del campo electromagnético progresivo orientada paralela respecto a la segunda dirección transversal. El agitador electromagnético está configurado especialmente de forma que un primer subcampo del campo electromagnético progresivo va desde el centro de la barra de láminas
65

finas a una primera zona de borde de la barra de láminas finas y que un segundo subcampo del campo electromagnético progresivo va desde el centro a una segunda zona de borde, opuesta a la primera zona de borde, de la barra de láminas finas. Este campo electromagnético progresivo se mantiene entre 1 y 60 segundos, preferentemente entre 1 y 10 segundos. Después se invierte, de forma que el primer subcampo va desde la primera zona de borde de la barra de láminas finas y el segundo subcampo va desde la segunda zona de borde, opuesta a la primera zona de borde, de la barra de láminas finas al centro de la barra de láminas finas. También este campo se mantiene entre 1 y 60 segundos, preferentemente entre 1 y 10 segundos. Después el ciclo comienza de nuevo. Así, de forma ventajosa se consiguen un flujo uniforme y simétrico en el interior de la barra y, con ello, también una evacuación uniforme del sobrecalentamiento. De esta manera, por una parte, se provoca un afinamiento de estructura homogéneo en el interior de barra y, por otra parte, un crecimiento uniforme de capa de barra por el ancho de barra. De este modo se evita que aparezcan roturas de barra o grietas longitudinales de superficie.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que el agitador electromagnético se ajuste de tal forma que la velocidad de corriente, generada por el agitador, del metal fundido sea de al menos 0,2 metros por segundo o de 0,7 metros por segundo como máximo y se sitúe especialmente entre 0,2 y 0,7 metros por segundo. De este modo, por una parte, se garantiza que el crecimiento de capa de barra en el lado estrecho de barra no se debilita demasiado (reducción del peligro de rotura de barra) y, por otra parte, se evita un fuerte empobrecimiento de elemento (así llamadas bandas blancas, es decir, empobrecimiento en cuanto a C, Mn, Si, P, S, etc.) en el frente de solidificación en la zona de acción del agitador. Se ha demostrado que la velocidad de corriente no debería ser inferior a los 0,2 metros por segundo, porque, si no, no se puede conseguir un afinamiento de estructura suficiente. A este respecto, se puede considerar, por ejemplo, una zona globulítica de núcleo cuya dilatación en la dirección de espesor sea inferior al 30 %. Además, la velocidad de corriente no debería ser superior a los 0,7 metros por segundo para evitar un empobrecimiento de la fusión en cuanto a elementos de aleación en la zona del frente de solidificación. El empobrecimiento de la fusión en cuanto a elementos de aleación en la zona del frente de solidificación se puede medir en el material solidificado. Este fenómeno se denomina "bandas blancas" o "franjas blancas". Las bandas blancas dan como resultado una falta de homogeneidad en las cualidades del producto final.

De acuerdo con otra forma de realización preferida de la presente invención está previsto que el freno electromagnético en la mitad superior de la lingotera esté separado de 10 a 150 milímetros, preferentemente de 25 a 100 milímetros y, de forma especialmente preferente, en esencia, 75 milímetros de una superficie de la barra de láminas finas a lo largo de la primera dirección transversal. En el ámbito de la presente invención, por distancia predeterminada se debe entender especialmente la distancia más pequeña entre el freno electromagnético y la superficie de barra.

Otras particularidades, características y ventajas de la invención se deducen de los dibujos, así como de la siguiente descripción de formas de realización preferidas mediante los dibujos. A este respecto, los dibujos solo ilustran formas de realización de la invención a modo de ejemplo, las cuales no limitan la idea inventiva principal.

40 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una vista cortada esquemática de un dispositivo de colada continua de láminas finas de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo de la presente invención.

45 Las figuras 2a y 2b muestran vistas detalladas esquemáticas del dispositivo de colada continua de láminas finas de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo de la presente invención en la zona de la lingotera y debajo de la lingotera.

50 Formas de realización de la invención

En las distintas figuras las partes iguales están provistas siempre de las mismas referencias y, por lo tanto, generalmente se nombran o se mencionan también respectivamente solo una vez.

55 En la **figura 1** está representada una vista cortada esquemática de un dispositivo 1 para fabricar láminas finas en el procedimiento de colada continua de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo de la presente invención.

60 En el presente ejemplo se suministra metal fundido 2 desde una cuchara de colada de acero 6 a un distribuidor 3 y desde el distribuidor 3 se funde por medio de un tubo de colada 4 (medio de suministro) en una lingotera 5 del dispositivo 1. La circulación a través del tubo de colada se controla, dependiendo del nivel de colada 7 en la lingotera 5, con un tapón 8 o una válvula de compuerta. La lingotera 5 comprende un molde con una abertura de paso, abierta hacia abajo, con sección transversal rectangular. Los laterales 28 del molde están separados entre 40 y 120 milímetros unos de otros para que la lingotera sea adecuada para la colada de láminas finas. El molde consta de placas de cobre enfriadas por agua, las cuales provocan una solidificación del metal fundido suministrada en la zona de borde de la lingotera 5. Así, a partir del metal fundido 2 suministrada de forma continua, se forma en la lingotera 5 una barra de láminas finas 9 con una capa 10 solidificada y una sección transversal 11 que todavía no está

solidificada en su mayor parte dentro de la capa 10 solidificada. De forma opcional, la lingotera 5 oscila para evitar que la superficie de barra se adhiera a la lingotera 5. La barra de láminas finas 9 recorre la lingotera 5 a lo largo de una dirección vertical de retirada de barra 15. Al dejar la lingotera 5 abierta hacia abajo, la barra de láminas finas 9 es alojada por un sistema de transporte 12 (denominado también sistema de guía de barra) con un gran número de rodillos de guía de barra 13 y es conducida por un denominado arco de colada 14. A este respecto, la barra de láminas finas 9 se enfría hasta que se solidifica completamente.

Además de la dirección de retirada de barra 15, en la figura 1 están esbozadas una primera dirección transversal 18 y una segunda dirección transversal 30. A este respecto, la primera dirección transversal 18 tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra 15 y paralelo respecto a una normal de superficie de barra del lateral de lámina 28 (en la figura 1 el lateral de lámina 28 se extiende hacia el interior del plano de diseño), mientras que la segunda dirección transversal 30 tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra 15 y paralelo respecto a la superficie de barra en el lateral de lámina 28, es decir, aproximadamente en perpendicular respecto a la primera dirección transversal 18.

En la zona superior de la lingotera 5 está dispuesto un freno electromagnético 16 (EMBR: Electromagnetic Brake), el cual reduce la velocidad de corriente del metal fundido 2 en el interior de la barra de láminas finas 9 ya solidificada parcialmente y reduce, con ello, fluctuaciones de nivel de baño en la lingotera 5. En el presente ejemplo, el freno electromagnético 16 comprende dos bobinas dispuestas a ambos lados de la barra de láminas finas 9. Mediante el freno electromagnético se genera dentro de la lingotera un campo electromagnético cuya densidad de flujo magnética es preferentemente de 0,1 a 0,3 teslas y, de forma especialmente preferentemente, en esencia, de 0,2 teslas. Por la reducción de la velocidad de corriente del metal fundido 2 entre las zonas de borde 10 parcialmente solidificadas de la barra de láminas finas 9 se pueden evitar fluctuaciones de nivel de colada, así como defectos de superficie (denominados defectos de capa) y defectos internos (o inclusiones de escoria de colada) resultantes de fluctuaciones de nivel de colada.

Debajo de la lingotera 5, el dispositivo 1 de acuerdo con la invención presenta un agitador 17 electromagnético para agitar partes no solidificadas de la barra de láminas finas parcialmente solidificada 9. En el presente ejemplo, el agitador 17 electromagnético comprende un agitador de campo lineal, el cual se extiende a lo largo de uno de los dos laterales 28 de la barra. Por el ancho de la barra de láminas finas 9 el agitador de campo lineal genera un campo electromagnético progresivo 19 (ver figuras 2a y 2b), el cual va y viene cíclicamente a lo largo de una segunda dirección transversal 30, perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra 15 y paralela respecto al lateral 28 de la superficie de barra, entre una primera zona de borde 20 de la barra de láminas finas 9 y una segunda zona de borde 21 opuesta de la barra de láminas finas 9. El campo electromagnético progresivo 19 se genera en una zona alejada de la lingotera 5 o del lado inferior de lingotera 29 entre 20 y 7000 milímetros, preferentemente entre 50 y 3000 milímetros, a lo largo de la dirección de retirada de barra 15, y comprende en el centro una densidad de flujo magnética de entre 0,1 y 0,6 teslas y, preferentemente, en esencia, de 0,4 teslas. El campo electromagnético progresivo da como resultado una agitación del metal fundido, por lo cual se produce una reducción acelerada y uniforme del sobrecalentamiento en el metal fundido. Esto da como resultado, ventajosamente, la formación de una zona de núcleo más grande con estructura globulítica de grano fino en el interior de la barra de láminas finas 9, mientras que por la agitación electromagnética se restringen estructuras ásperas de cristales columnares. Este efecto se consigue ventajosamente mediante un agitador 17 electromagnético ajustado de tal forma que la velocidad de corriente de las partes no solidificadas en la barra de láminas finas parcialmente solidificada es inferior a 0,7 metros por segundo y se sitúa preferentemente entre 0,2 y 0,7 metros por segundo. A pesar de los cortos tiempos de solidificación típicos en la colada continua de láminas finas y de las partes líquidas de poco volumen en el interior de la barra de láminas finas 9, en la estructura de solidificación de configura la zona globulítica de núcleo de grano fino, por lo cual se suprime la aparición de cristales columnares entre la zona de borde y la zona central de la barra de láminas finas 9. En un producto final fabricado a partir de las láminas finas fabricadas por colada continua pueden reducirse, así, un barrado longitudinal, formaciones con forma de franja en la estructura, segregaciones de núcleo y una propensión a roturas internas y aumentar la resistencia a la fractura inducida por hidrógeno (FIC) y la homogeneidad de las propiedades mecánicas y magnéticas. En el presente caso se funde, por ejemplo, con un sobrecalentamiento, es decir, con una diferencia de temperatura a partir de la temperatura real de colada menos la temperatura liquidus, de entre 10 y 50 kelvin, preferentemente de unos 30 kelvin. Se puede determinar también un sobrecalentamiento superior y no crítico, de forma que se acaba con el peligro de obstáculos en la colada en forma de obstrucciones de tubo de inmersión y defectos en la superficie de barra o roturas de barra resultantes de estas.

Con el dispositivo descrito anteriormente o con el procedimiento descrito anteriormente se fabrican láminas finas, especialmente para banda en caliente o banda en frío. La banda en caliente o la banda en frío se utiliza especialmente para la fabricación de chapas eléctricas (con granos orientados o no orientados) o de chapas de aceros de alta resistencia con valores de límite de elasticidad superiores a los 400 megapascals (por ejemplo, acero para temple y revenido).

En las **figuras 2a y 2b** están representadas vistas detalladas esquemáticas del dispositivo 1 de colada continua de láminas finas en la zona de la lingotera y debajo de la lingotera de acuerdo con la forma de realización a modo de ejemplo de la presente invención explicada anteriormente por la figura 1. En la zona superior de las figuras 2a y 2b

está ilustrada respectivamente una vista cortada a lo largo de un plano de corte paralelo respecto a la dirección de retirada de barra 15 y paralelo respecto a la segunda dirección transversal 30. En la zona inferior de las figuras 2a y 2b está ilustrada respectivamente una vista cortada a lo largo de un plano de corte perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra 15, es decir, perpendicular respecto a la primera dirección transversal 18 y a la segunda dirección transversal 30, en la zona del agitador 17 electromagnético, plano de corte que se corresponde con la sección transversal de la barra 9.

Mediante la figura anterior se debe observar respectivamente que el medio de suministro comprende el tubo de colada 4, el cual se sumerge en el metal fundido 2 que se encuentra en la lingotera 5, y, en la parte inferior del tubo de colada 4, orificios de desagüe 22 configurados por debajo del nivel de colada 7 en el tubo de colada 4. El metal fundido 2 se introduce mediante los orificios de desagüe 22 con un ángulo respecto a la dirección de retirada de barra 15 de la barra de láminas finas 9 (ver flechas de corriente 23). Debajo de la lingotera está dispuesto el campo electromagnético progresivo 19, inducido por el agitador 17 electromagnético no representado. El agitador 17 electromagnético, que está dispuesto debajo de la lingotera 5, genera debajo de la lingotera 5 el campo electromagnético progresivo 19, el cual, a su vez, provoca corrientes que pueden llegar a la lingotera 5 – en determinadas circunstancias, incluso al nivel de baño. En el ejemplo de realización de acuerdo con la figura 2a, el agitador 17 electromagnético está configurado de tal forma que el campo electromagnético progresivo 19 comprende dos subcampos, un primer subcampo 24 y un segundo subcampo 25. El primer subcampo 24 del campo electromagnético progresivo 19 va y viene cíclicamente entre un centro 26 de la barra de láminas finas 9 y la primera zona de borde 20 de la barra de láminas finas 9, mientras que el segundo subcampo 25 del campo electromagnético progresivo 19 va y viene cíclicamente entre el centro 26 y la segunda zona de borde 21 de la barra de láminas finas 9. El movimiento del campo electromagnético progresivo 19 se representa esquemáticamente mediante una flecha de movimiento 27. La distribución del campo electromagnético progresivo 19 en dos subcampos simétricos bidireccionales da como resultado una corriente uniforme y simétrica en el interior de la barra de láminas finas 8 y, con ello, también una evacuación rápida y uniforme del sobrecalentamiento. De esta manera, debe provocar, por una parte, un afinamiento de estructura homogéneo en el interior de barra y, por otra parte, un crecimiento de capa de barra uniforme por el ancho de barra. De este modo se evita que por la agitación electromagnética exista el peligro potencia de una rotura de barra o de grietas longitudinales en la superficie. Además, el agitador 17 electromagnético está ajustado preferentemente de tal forma que la velocidad de corriente, generada por el agitador, del metal fundido en el frente de solidificación se sitúa entre 0,2 y 0,7 metros por segundo. De este modo se garantiza que, por una parte, el crecimiento de capa de barra en el lado estrecho de barra no se debilita demasiado (reducción del peligro de rotura de barra) y, por otra parte, se evita un fuerte empobrecimiento de elemento (así llamadas bandas blancas, es decir, empobrecimiento en cuanto a C, Mn, Si, P, S, etc.) en el frente de solidificación en la zona de acción del agitador 17 electromagnético. Además, el agitador 17 electromagnético debe ajustarse de forma que las corrientes, generadas por el agitador 17 electromagnético, en el metal fundido 2 no den como resultado un aumento de las fluctuaciones de nivel de baño ni un aumento de las sobre elevaciones de nivel de baño locales en la lingotera 5. A este respecto, las fuerzas de campo magnético del agitador 17 electromagnético y del freno electromagnético deberían estar adaptadas unas a otras. La adaptación se efectúa, por ejemplo, aumentando la fuerza de campo magnético del campo del freno electromagnético 16, al conectar el agitador 17 electromagnético, de un 20 a un 80 % de su valor de base a valores entre 0,1 y 0,3 teslas. En este contexto, por valor de base se entiende la fuerza de campo magnético del freno electromagnético 16 como se emplea normalmente sin emplear adicionalmente un agitador 17 electromagnético. Los ajustes de base típicos para un freno electromagnético 16 sin emplear un agitador 17 electromagnético son de 0,08 a 0,2 teslas.

En la representación inferior de la figura 2a se puede observar esquemáticamente la sección transversal rectangular de la abertura de paso de la lingotera 5. El campo electromagnético progresivo 19 o los dos subcampos 24, 25 va a lo largo de los laterales 28 por la barra de láminas finas 9.

Como alternativa, el campo electromagnético progresivo 19 no se distribuye en dos subcampos 24, 25, sino que va y viene cíclicamente a lo largo de la segunda dirección transversal 30 entre la primera zona de borde 20 de la barra de láminas finas 9 y la segunda zona de borde 21 opuesta de la barra de láminas finas 9. Este ejemplo de realización está ilustrado a modo de ejemplo en la figura 2b.

Los siguientes ejemplos de realización se implementaron con un dispositivo de acuerdo con las figuras 1 y 2a:

Ejemplo de realización 1:

Una medida para efectuar el afinamiento de la estructura de solidificación en el interior de la barra de láminas finas es la parte de la zona globulítica de núcleo (ZGN). El porcentaje de dilatación de la zona globulítica de núcleo está definido como $ZGN (\%) = D_{ZGN} (\text{mm}) / D (\text{mm}) \cdot 100$ con D_{ZGN} = densidad de la zona globulítica de núcleo y D = densidad de lámina.

Por lo tanto, se realizó un ensayo con el tipo de acero S420MC, una velocidad de colada de 5 metros por minuto, un sobrecalentamiento en la artera de 30 kelvin, un grosor de barra de 65 milímetros, un ancho de barra de 1550 milímetros y una altura de lingotera de 1100 milímetros, ensayo en el cual el freno electromagnético (EMBR) estaba dispuesto en la mitad superior de la lingotera y el agitador electromagnético (EMS), debajo de la lingotera detrás de

rodillos no magnéticos del sistema de transporte. El agitador electromagnético o el campo electromagnético alternante del agitador electromagnético estaba dispuesto a una distancia de 2960 milímetros del nivel de colada. A este respecto se obtuvieron los resultados presentes en la siguiente tabla:

Ejemplo		Fuerza de campo magnético (T)	Distancia desde la superficie de barra (mm)	ZGN (%) solo EMBR	ZGN (%) EMBR + EMS
1	EMBR	0,1	75	0 - 10	40 - 50
	EMS	0,1	310		
2	EMBR	0,2	75	0 - 10	50 - 60
	EMS	0,4	310		

5 Los ciclos de control demuestran que conectando un agitador electromagnético dispuesto debajo de la lingotera la parte de la zona globulítica de núcleo (ZGN) del 0 al 10 por ciento aumenta a una parte del 40 al 60 por ciento.

Ejemplo de realización 2:

10 Se descubrió una relación entre sobrecalentamiento de la colada de acero en la artesa y la parte de la zona globulítica de núcleo, por una parte, y del barrado longitudinal resultante de este en la banda terminada en el caso de aceros para dinamos y la segregación central, experimentalmente, en aceros para dinamos con un 2,4 % de silicio:

Sobrecalentamiento (K)	ZGN en dirección de espesor (%)	Barrado longitudinal en la banda en frío acabada	Segregación central
37	0	Elevado	Media
24	3	Elevado	Media
11	6	Medio – elevado	Media
6	30	Ligero – medio	Ligera - media
3	50 - 70	Nulo	Nula

20 De esto se deduce que, para evitar arrugas longitudinales y para reducir la segregación central, la parte de la zona globulítica de núcleo (ZGN) debería ser al menos un 30 por ciento y preferentemente mayor al 50 por ciento. No obstante, se debe evitar un sobrecalentamiento de menos de 20 K, ya que en caso contrario se producirían problemas en forma de obstrucciones de los tubos de inmersión en la lingotera (denominados bloqueos), que podrían dar como resultado defectos de superficie de barra o incluso roturas de barra.

25 A continuación, en el ejemplo para el acero para dinamos con un 2,4 % de silicio y láminas finas con un grosor de 63 milímetros, un sobrecalentamiento en la artesa de 30 kelvin, un ancho de barra de 1550 milímetros y una altura de lingotera de 1100 milímetros, el nivel de colada se situó 1000 milímetros por encima del lado inferior de lingotera, la frecuencia de agitación fue de 6 Hz, la velocidad de corriente en el frente de solidificación fue de 0,4 m/s, se muestra que eligiendo correspondientemente la distancia entre el nivel de colada y el agitador electromagnético (EMS) se puede conseguir la parte necesaria de la zona globulítica de núcleo (ZGN) de al menos un 30 por ciento y, preferentemente, al menos un 50 por ciento con diferentes velocidades de colada V_G :

ZGN (%)	Grosor de capa de barra "S" en el lateral respectivo (mm)	Distancia del EMS desde el nivel de baño (m)		
		$V_G = 4,0$ m/min	$V_G = 5,0$ m/min	$V_G = 6,0$ m/min
30	22	4,8	6,1	7,3
40	19	3,6	4,5	5,4
50	16	2,6	3,2	3,8
60	13	1,7	2,1	2,5

35 Las anteriores filas de medición muestran que, para las velocidades de colada (V_G) entre 4 y 6 m/min, habituales para instalaciones de colada continua de láminas finas, para una parte de la zona globulítica de núcleo de un 50 por ciento, el agitador electromagnético debe estar dispuesto entre 2,6 y 3,8 metros por debajo del nivel de baño de la lingotera, y para una parte de la zona globulítica de núcleo del 60 por ciento, el agitador electromagnético debe estar dispuesto entre 1,7 y 2,5 metros por debajo de la lingotera. No obstante, ya con una distancia de entre 3,6 y 7,3 metros desde el nivel de baño al agitador electromagnético se obtienen ya resultados satisfactorios.

40 La distancia entre la lingotera o el lado inferior de lingotera y el agitador electromagnético se sitúa así, ventajosamente, entre 20 y 7000 milímetros, y preferentemente entre 50 y 3000 milímetros. Como alternativa se puede contemplar también que sea especialmente ventajosa una distancia entre 100 y 7000 milímetros, entre 500 y 6500 milímetros, entre 700 y 6300 milímetros, entre 700 y 4400 milímetros o entre 700 y 2800 milímetros.

Referencias

- 1 Dispositivo
- 2 Metal fundido
- 5 3 Distribuidor
- 4 Tubo de colada
- 5 Lingotera
- 6 Cuchara de colada de acero
- 7 Nivel de colada
- 10 8 Tapón
- 9 Barra de láminas finas
- 10 Capa de barra solidificada
- 11 Sección transversal no solidificada
- 12 Sistema de transporte
- 15 13 Rodillo de guía de barra
- 14 Arco de colada
- 15 Dirección de retirada de barra
- 16 Freno electromagnético
- 17 Agitador electromagnético
- 20 18 Primera dirección transversal (tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y paralela respecto a la normal de superficie de barra del lateral de lámina)
- 19 Campo electromagnético progresivo
- 20 Primera zona de borde
- 21 Segunda zona de borde
- 25 22 Orificios de desagüe en la parte inferior del tubo de colada
- 23 Flecha de corriente
- 24 Primer subcampo
- 25 Segundo subcampo
- 26 Centro
- 30 27 Flecha de movimiento
- 28 Laterales
- 29 Lado inferior de lingotera
- 30 Segunda dirección transversal (tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y paralelo respecto a la superficie de barra en el lateral de lámina o tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra y perpendicular respecto a la primera dirección transversal)
- 35 31 Lado superior de lingotera

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de colada continua de láminas finas, que presenta los siguientes pasos de procedimiento:

- 5 - suministrar un metal fundido (2) a una lingotera (5),
- formar en la lingotera (5) una barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) a partir del metal fundido (2),
- reducir la velocidad de corriente del metal fundido (2) en la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) mediante un freno electromagnético (16) dispuesto en la zona de la lingotera (5) y
10 - evacuar de la lingotera (5) la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) mediante un sistema de guía de barra (12),

caracterizado por que

- 15 - algunas partes no solidificadas de la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) son agitadas, mediante un agitador electromagnético (17) dispuesto a lo largo de la dirección de retirada de barra (15) de la barra de láminas finas (9), corriente abajo de la lingotera (5),
- generándose mediante el agitador electromagnético (17) un campo magnético progresivo (19) en una zona de la barra de láminas finas (9), alejada de la lingotera (5) entre 20 y 7000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra (15).

20 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, generándose el campo electromagnético progresivo (19) en una zona de la barra de láminas finas (9) alejada de la lingotera (5) entre 50 y 3000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra (15).

25 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, generándose mediante el freno electromagnético (16) un campo electromagnético dentro de la lingotera (5), estando el freno electromagnético (16) en la mitad superior de la lingotera separado de una superficie de la barra de láminas finas preferentemente entre 20 y 150 milímetros a lo largo de una primera dirección transversal (18), que tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra (15) y paralelo respecto a una normal a la superficie de barra en un lateral (28) de la
30 barra de láminas finas (9).

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, ajustándose el agitador electromagnético (17) de tal forma que el campo electromagnético progresivo (19) discurre, a lo largo de una segunda dirección transversal (30) que tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra (15) y perpendicular respecto a la primera dirección transversal (18), de una primera zona de borde (20) de la barra de láminas finas (9) a una segunda zona de borde (21), opuesta a la primera zona de borde (20), de la barra de láminas finas (9).

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, generándose mediante el agitador electromagnético (17) un campo electromagnético progresivo (19) simétrico y bidireccional por el ancho de la barra de láminas finas (9), ajustándose el agitador electromagnético (17) de tal forma que un primer subcampo (24) del campo electromagnético progresivo (19) discurra desde un centro (26) de la barra de láminas finas (9) a una primera zona de borde (20) de la barra de láminas finas (9) y que un segundo subcampo (25) del campo electromagnético progresivo (19) discurra desde el centro (26) de la barra de láminas finas (9) a una segunda zona de borde (21) de la barra de láminas finas (9), opuesta a la primera zona de borde (20).

6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, generándose mediante el agitador electromagnético (17) un campo electromagnético progresivo (19) simétrico y bidireccional por el ancho de la barra de láminas finas (9), ajustándose el agitador electromagnético (17) de tal forma que un primer subcampo (24) del campo electromagnético progresivo (19) discurra desde una primera zona de borde (20) de la barra de láminas finas (9) a un centro (26) de la barra de láminas finas (9) y que un segundo subcampo (25) del campo electromagnético progresivo (19) vaya desde una segunda zona de borde (21) de la barra de láminas finas (9), opuesta a la primera zona de borde (20), al centro (26) de la barra de láminas finas (9).

7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, generándose mediante el agitador electromagnético (17) un campo electromagnético progresivo en la zona de la barra de láminas finas (9) cuya densidad de flujo magnética en el centro sea preferentemente de 0,1 a 0,6 teslas, de forma especialmente preferente, de 0,3 a 0,5 teslas y, de forma muy especialmente preferente, en esencia, de 0,4 teslas.

8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, ajustándose el agitador electromagnético (17) de tal forma que la velocidad de corriente de las partes no solidificadas en la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) sea de al menos 0,2 metros por segundo o de 0,7 metros por segundo como máximo y se sitúe preferentemente entre 0,2 y 0,7 metros por segundo.

9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, ajustándose el agitador electromagnético (17) de tal forma que la frecuencia de agitación sea de al menos 0,1 Hz o de 10 hercios como máximo y se sitúe preferentemente entre 0,1 y 10 Hz.

5 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, generándose mediante el freno electromagnético (16) un campo electromagnético dentro de la lingotera (5) cuya densidad de flujo magnética sea preferentemente de 0,1 a 0,3 teslas, de forma especialmente preferente, de 0,15 a 0,25 teslas y, de forma muy especialmente preferente, de 0,2 teslas.

10 11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, utilizándose el procedimiento de fabricación de láminas finas para la fabricación de bandas en caliente o de bandas en frío, especialmente para la fabricación de chapas eléctricas o de chapas de aceros de alta resistencia, preferentemente con valores de límite de elasticidad superiores a los 400 megapascales.

12. Dispositivo (1) de colada continua de láminas finas, especialmente mediante un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que presenta

- 15 - un medio de suministro para llevar un metal fundido (2),
- una lingotera (5) para formar una barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) a partir de la solada metálica (2),
- un freno electromagnético (16), dispuesto en la zona de la lingotera (5), para reducir la velocidad de corriente del metal fundido (2) en el interior de la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) y
20 - un sistema de guía de barra (12) para evacuar de la lingotera (2) la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9),

caracterizado por que

- 25 - el dispositivo (1) presenta un agitador electromagnético (17), dispuesto a lo largo de la dirección de retirada de barra (15) de la barra de láminas finas (9) corriente abajo de la lingotera (5), para agitar partes no solidificadas de la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9), el cual está separado de la lingotera (5) entre 20 y 7000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra (15).

30 13. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 12, estando el agitador electromagnético (17) alejado de la lingotera (5) entre 50 y 3000 milímetros a lo largo de la dirección de retirada de barra (15).

35 14. Dispositivo (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 o 13, comprendiendo el agitador electromagnético (17) un agitador de campo lineal para generar un campo electromagnético progresivo (19) en la zona de la barra de láminas finas (19), estando la dirección de marcha del campo electromagnético progresivo (19) orientada perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra (15) y paralela respecto a una segunda dirección transversal (30), que tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra (15) y paralelo respecto a una superficie de barra en un lateral (28) de la barra de láminas finas (9), y pudiendo invertirse la dirección de marcha del campo electromagnético progresivo (19).

40 15. Dispositivo (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 14, estando el agitador electromagnético (17) separado de 20 a 1000 milímetros, preferentemente, de 20 a 200 milímetros, y de forma especialmente preferente, de 20 a 40 milímetros de una superficie de la barra de láminas finas (9) a lo largo de una primera dirección transversal (18), que tiene su recorrido perpendicular respecto a la dirección de retirada de barra (15) y perpendicular respecto a la segunda dirección transversal (30).

45 16. Dispositivo (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 15, estando el agitador electromagnético (17) configurado de tal forma que la velocidad de corriente de las partes no solidificadas en la barra de láminas finas parcialmente solidificada (9) se sitúa entre 0,2 y los 0,7 metros por segundo y/o de tal forma que la frecuencia de agitación se sitúa entre 0,1 y los 10 Hz.

50 17. Dispositivo (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 12 a 15, estando el freno electromagnético (16) en la mitad superior de la lingotera separado preferentemente entre 20 y 150 milímetros de una superficie de la barra de láminas finas a lo largo de la primera dirección transversal (18).

55

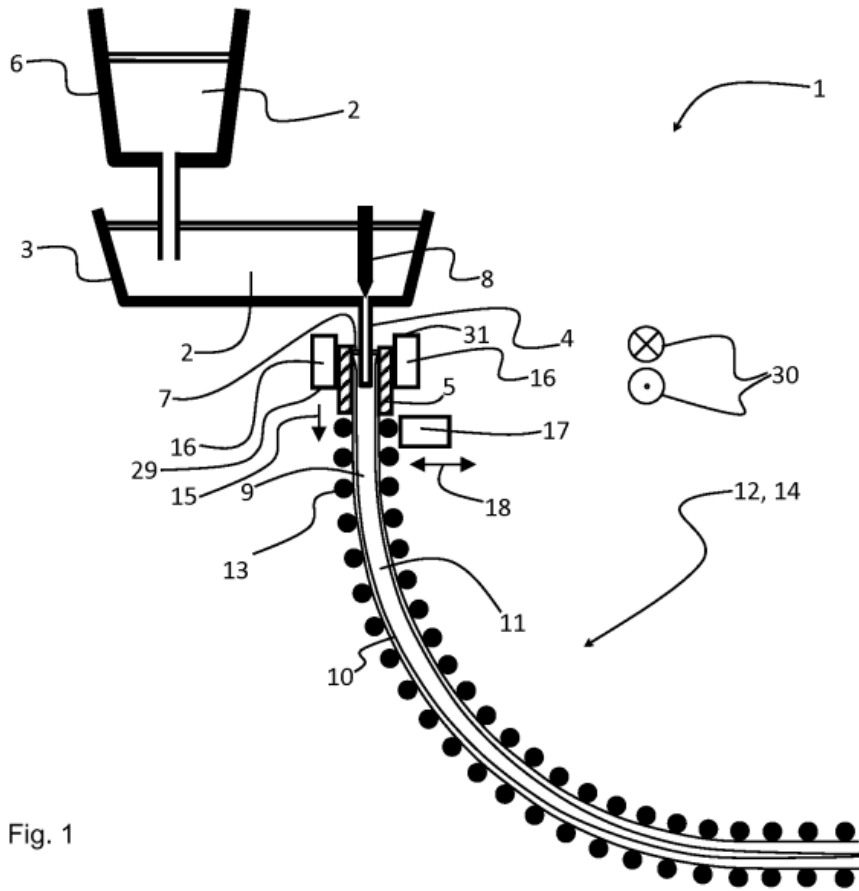


Fig. 1

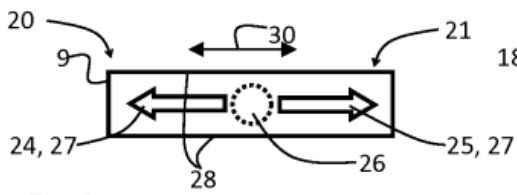
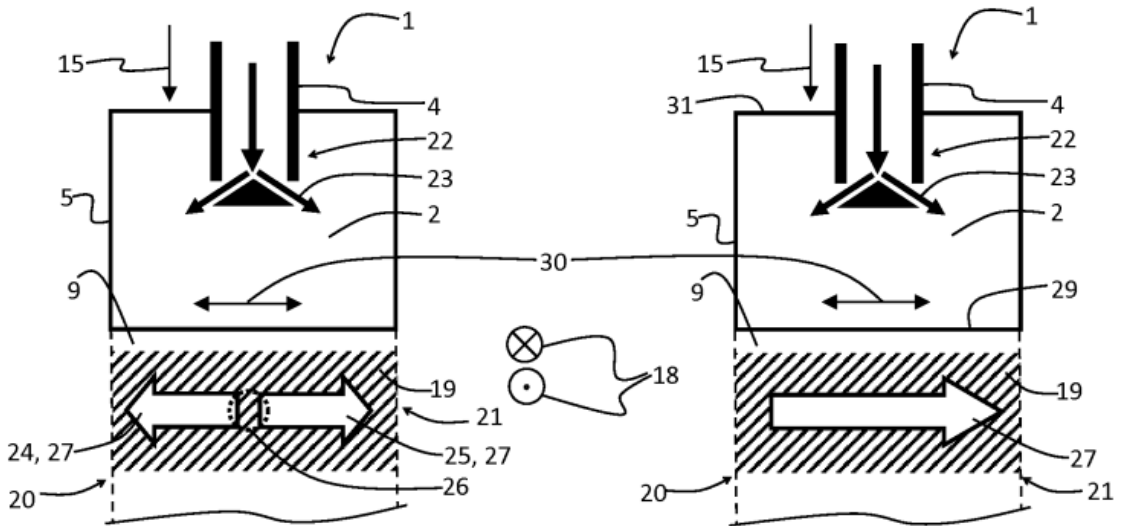


Fig. 2a

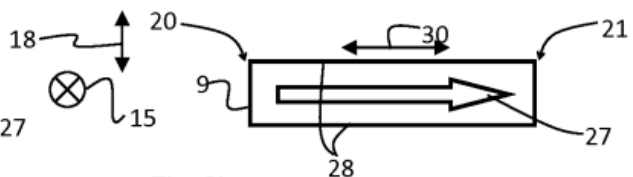


Fig. 2b