

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

19 ES	11	NUMERO	10 A1
	21		
	22	FECHA DE PRESENTACION	
			13-7-77.

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
76. 21 578	13 de julio de 1976	FRANCIA

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	52 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B 22D	

54 TITULO DE LA INVENCION
PROCEDIMIENTO DE AGITACION ELECTROMAGNETICA DE METALES EN FUSION EN EL INTERIOR DE UNA LINGOTERA CONTINUA.

71 SOLICITANTE (S)
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
185 , rue Président Roosevelt, 78104 Saint-Germain-en-Laye, Francia.

72 INVENTOR (ES)
Roger VENTAVOLI y Jean-Pierre BIRAT.

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
GOMEZ-ACEBO.

BAD ORIGINAL

La presente invención está relacionado con un procedimiento de agitación electromagnética, de campo deslizante, en la lingotera de colada continua, de los metales en fusión y, en particular, del acero.

Ocurre generalmente que, al proceder a la colada continua del acero, las inclusiones no metálicas presentes de forma inevitable en el baño líquido, y en particular las de mayores dimensiones que, consecutivamente, son las más perjudiciales, tienen tendencia a concentrarse inmediatamente bajo la superficie de los productos. Por motivos evidentes de calidad de superficie de los productos laminados, y en particular cuando éstos están destinados a la producción de chapas para embutición profunda, se está conducido entonces a proceder al lameado preliminar de los primeros milímetros de piel de los productos brutos de colada. Para bastes planos (slabs), un flameado semejante provoca corrientemente una pérdida de acero cercana de un 4% en peso, y asimismo, a gastos nada insignificantes de oxígeno y de mano de obra.

Ya es sabido actualmente que la cantidad y el reparto de las inclusiones dependen del género de flujo del metal líquido en la lingotera y se ha podido demostrar que resulta posible evitar el flameado si se llegan a dominar perfectamente los movimientos de convección que se desarrollan en el acero líquido en el interior de la lingotera.

Son ya conocidos, a tal respecto, los trabajos del solicitante que han contribuido ampliamente a la obtención de mejoras (solicitudes de patentes francesas nº 72/20544, 73/37514, 75/28439, 75/28702, 76/15178), y por los cuales existe la posibilidad de poder crear, en el baño metálico movimientos de convección que depuran eficazmente el frente de solidificación por ampliación de un campo magnético no estacionario, deslizante a lo largo de las paredes de la lingotera y, de preferencia de abajo hacia arriba, con objeto de favorecer además una decantación rápida de las inclusiones en la superficie libre del metal.

En general, el campo magnético es creado por un inductor poli-

fásico, similar a un estátor de motor lineal, de estructura tubular y que rodea al producto colador al nivel de la lingotera. Los resultados obtenidos son positivos, ya que los mismos ponen de manifiesto, de forma efectiva, una transferencia de las masas de inclusiones subcutáneas hacia el centro de los productos. No obstante, se trata aquí de una técnica relativamente reciente que no ha alcanzado hasta la fecha su debida madurez y que plantea aún cierto número de problemas, y en particular, desde el punto de vista electromagnético, una de las principales dificultades con que se tropieza consiste en saber dosificar adecuadamente la acción del inductor, con objeto de obtener rápidamente la acción del inductor, con objeto de obtener rápidamente y de forma fiable el resultado industrial esperado, sin experimentaciones inútilmente largas y costosas.

El presente invento tiene precisamente por objeto proporcionar el medio de superar fácilmente semejantes dificultades.

Para tal efecto, el invento preconizado tiene por objeto un procedimiento de agitación electromagnética de los metales en fusión, en el interior de una lingotera de colada continua, por aplicación de un campo magnético no estacionario, que se desliza a lo largo de las paredes de la lingotera, y que se caracteriza por el hecho de que la propagación de dicho campo magnético se efectúa según el sentido ascensorial, desde la parte inferior de la lingotera hasta, por lo menos, el nivel de la superficie libre del metal colado y, asimismo, por el hecho de obtener la regulación de la acción del campo magnético en función del desplazamiento deseado de las masas de inclusiones no metálicas desde la superficie hacia el centro de los productos colados, con objeto de que la densidad de fuerza volúmica F , que actúa en el baño metálico cumpla debidamente la relación:

$$F = 35 d^2 + 260 d$$

en la cual F es expresada en Newton/m³ y d en mm.

Según una definción equivalente del presente invento, la re

regulación del valor eficaz B_{ef} del campo magnético se efectúa de conformidad con la relación:

$$B_{ef} = \left(\frac{1}{Fv} (35 d^2 + 260 d) \right)^{1/2}$$

5 en la cual B_{ef} figura expresando en Tesla; d representa, como en el caso anterior, el desplazamiento deseado de las masas de inclusiones desde la superficie de los productos hasta una profundidad deseada, expresada en mm; y F representa la conductividad eléctrica del baño metálico, expresada en ohmio⁻¹. m⁻¹, v representa la velocidad de propagación del campo magnético deslizante, expresada en m/segundo.

10 Como así cabe comprender, el presente invento tiene por propósito mejorar la limpieza inclusionaria de los productos colados en continuo. Para tal efecto, el invento preconizado proporciona al operador de colada un medio para la regulación de la acción del inductor, con objeto de que la fuerte concentración de inclusiones que, en ausencia de agitación
15 electromagnética se localiza inmediatamente bajo la superficie de los productos, quede transferida hacia el eje de estos últimos según una profundidad de valor deseado y predeterminada.

Como es lógico y natural, esta transferencia no puede sobrepasar de la profundidad correspondiente al espesor de corteza solidificada
20 al nivel de la salida del entrehierro del inductor, y que es propio al dimensionamiento del aparato utilizado. Efectivamente, más allá de este límite el inductor deja prácticamente de tener una acción de control de los movimientos de convección en el interior del baño metálico.

25 Los ensayos industriales llevados a cabo por parte del solicitante han demostrado, en primer lugar, que la agitación electromagnética, es decir, ascendente a lo largo de las paredes de la lingotera, hasta un nivel metal colado, no sólo procura una disminución de la cantidad total de inclusiones, sino, asimismo, y sobre todo, un desplazamiento de la zona de elevado contenido de inclusiones desde la superficie hacia el centro del
30 producto colado y, que, en segundo lugar, este desplazamiento aumenta con

la potencia de acción del inductor.

La explicación propuesta por el solicitante es la siguiente: el metal en fusión introducido por el chorro de colada penetra en el interior del metal líquido contenido en la lingotera con cierta cantidad de movimiento y, por este hecho, provoca la formación de una corriente axial descendente en el interior del metal. Por otra parte, el campo magnético que se desliza hacia la parte superior confiere al metal líquido en el zona periférica (en contacto con el frente de solidificación) un movimiento ascendente de sentido opuesto al que corresponde a la introducción del metal.

Por la acción combinada de ambos fenómenos, se establece de tal modo en la lingotera una corriente circulatoria permanente, ascendiendo el metal líquido por la periferia y descendiendo por el centro. Las inclusiones quedan así conducidas hacia la superficie libre del metal colado, una parte de las cuales decanta naturalmente, siendo arrastrada la parte restante axialmente en el interior de la masa líquida hasta una profundidad, a continuación del inductor, en la cual los efectos electromagnéticos dejan ya de ser apreciables, motivo por el cual tales inclusiones son captadas por el frente de solidificación.

El solicitante ha proseguido sus investigaciones con la intención de confirmar la existencia de una relación entre la potencia de acción del inductor y la importancia de la transferencia de las inclusiones hacia el centro de los productos colados, habiendo logrado su representación por medio de una expresión analítica, fácilmente utilizable de la forma:

$$F = 35 d^2 + 260 d$$

en la cual F , expresada en N/m^3 , representa la densidad colúmica de fuerza que debe estar generada en el baño metálico por el inductor electromagnético para rechazar las masas de inclusiones en el interior del producto colado, según una distancia d , expresada en mm, y contada desde la superficie de dicho producto.

En realidad, la presencia de la densidad volúmica de fuerza F en esta relación, puede llegar a presentar ciertos inconvenientes, en el sentido de que la misma no representa una realidad física concreta, directamente accesible por la experimentación. Para su determinación, es preciso, en efecto, proceder a su cálculo a partir de mediciones efectuadas en otros parámetros eléctricos o magnéticos del inductor. De ello, se deriva que, en la práctica, el operador encargado de la colada puede modular la acción del inductor actuando directamente, no ya sobre la densidad volúmica de fuerza F , sino, mejor aún, respecto a otros parámetros, de los cuales aquel cuya regulación resulta más fácil es, sin duda alguna, el campo magnético, ya que, para ello basta sencillamente con modificar la intensidad de la corriente eléctrica en el inductor.

Ya es sabido, en el campo técnico considerado, que la densidad volúmica de fuerza F (o bien, sencillamente, la fuerza electromagnética), puede ser determinada por aplicación de la expresión:

$$F = Yv B_{ef}^2$$

en la cual Y representa la conductibilidad eléctrica del baño del baño metálico (en $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$), B_{ef} representa el valor eficaz del campo magnético (en Tesla) al nivel de la zona de contacto lingotera-producto colado y, finalmente, v representa el módulo de la velocidad de propagación del campo deslizante (en m por segundo).

La velocidad v puede expresarse según la relación:

$$v = 2\pi N$$

la cual π representa el paso polar del inductor (en m) y N representa la frecuencia de la corriente eléctrica de excitación (en Hz) que circula en el inductor.

La fuerza electromagnética F puede entonces ser representada de la forma analítica siguiente:

$$F = 2\pi Y N^2 B_{ef}^2$$

A priori, parece posible modificar la fuerza F , y, por ejemplo,

aumentarla, actuando sobre la frecuencia N y/o sobre el campo magnético B_{ef} . No obstante, el solicitante ha hecho ya resaltar en la solicitud de patente francesa nº 76/03802 que, con motivo de la presencia de una lingotera del material conductor de electricidad, el campo magnético que atraviesa a esta última no es insensible a la frecuencia de la corriente de excitación. Debido a este hecho, existe, para una lingotera determinada, una frecuencia de corriente que representa un valor óptimo y más allá del cual la fuerza electromagnética F decrece.

Un sistema preferente de aplicación del invento preconizado consiste, consecutivamente, en mantener la frecuencia de la corriente, es decir, la velocidad v , según un valor constante y efectuar la regulación del campo magnético B_{ef} de conformidad con la siguiente relación:

$$B_{ef} = \left\{ \frac{1}{YV} (35 a^2 + 260 a) \right\}^{1/2}.$$

Resultará ventajoso fijar la frecuencia de la corriente a su valor óptimo, como así se aconseja en la solicitud de patente nº 75/05623, pero como cabe comprender sin vacilaciones, esto no es indispensable para la aplicación del presente invento.

Se describirá a continuación un ejemplo de aplicación á título meramente informativo, y sin que ello tenga por objeto limitar en modo alguno el alcance y posibilidades del invento preconizado. Una lingotera de colada continua de palanquillas cuadradas de acer, de 120 mm de lado, se encuentra dotada de un inductor electromagnético formado por un apilamiento de seis bobinas (de preferencia, idénticas entre sí, pero no obligatoriamente), de las cuales la situada en el extremo superior se encuentra a un nivel correspondiente al nivel medio de la superficie libre del metal colado. Estas seis bobinas están conectadas entre sí, por pares y en serie-oposición, y unidas a una alimentación trifásica con objeto de generar, en la cavidad de la lingotera, una onda de flujo magnético que ascienda a lo largo de las paredes de esta última. En el caso específico descrito, el elemento de la lingotera que define el paso para el producto colado es

de cobre al cromo-circonio de endurecimiento estructural y su espesor es de 8mm. Naturalmente, se trata aquí de una característica que no es necesaria en modo alguno para la aplicación del invento preconizado, pero cuya utilización es aconsejada de todos modos por el solicitante ya que la misma permite el empleo de paredes de espesor reducido, y consecuentemente más permeables al campo magnético y sin por ello pejudicar su correcto comportamiento mecánico. La velocidad de extracción de las palanquillas es cercana, de modo permanente, de los dos metros por minuto y, cuenta habida de las condiciones de enfriamiento, el espesor de la corteza solidificada en la salida del entrehierro del inductor asciende a unos 12 mm aproximadamente. La longitud útil del inductor es de 0,48 m, valor que corresponde a dos veces su paso polar τ . El inductor ha sido calculado en cuanto a sus dimensiones para proporcionar, por fase, una intensidad máxima de 350 A_{ef} con una tensión simple de 55 V. Si, por ejemplo, el operador de colada desea rechazar el pico de inclusiones a una profundidad de unos 3 mm bajo la superficie de las palanquillas, será preciso, de conformidad con el invento preconizado, disponer el inductor de tal modo que éste genere en el baño metálico una fuerza electromagnética F de 4320 N/m³. La frecuencia de la corriente de excitación ha sido fijada en 10 Hz, lo cual, en el caso específico descrito, corresponde al valor óptimo. Cuenta habida de la conductibilidad eléctrica del acero en fusión (cercada de $6,25 \times 10^5 \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$) el operador deberá proceder a la regulacización del valor eficaz del campo magnético a 0,038 Tesla, con 380 G.

Con motivo de los ensayos llevados a cabo, un pico de inclusiones localizado a 8 mm de profundidad ha sido obtenido por un campo magnético de 420 G. Las relaciones anteriormente mencionadas proporcionan, consecutivamente, valores que se aproximen de un 10%, lo cual resulta perfectamente conveniente.

El procedimiento según el invento preconizado puede tener aplicación para cualquier producto metálico colado en continuo, sea cual fuere

su composición o sus dimensiones.

5 Este procedimiento permite rechazar según se desee las masas de inclusiones hacia el centro de los productos colados y ello hasta profundidades previamente determinadas y elegidas por el operador en función de los procesamientos metalúrgicos ulteriores, como, por ejemplo, la laminación, con objeto de conseguir con toda seguridad una correcta calidad de superficie de estos productos sin tener que recurrir a tratamientos preliminares, como, por ejemplo, el flameado u otros.

10 Descrita suficientemente la naturaleza del invento, así como la manera de realizarlo en la práctica debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente descritas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento de agitación electromagnética de metales en fusión, en el interior de una lingotera de colada continua, por medio de un campo magnético no estacionario, que se desliza a lo largo de las paredes de la lingotera, caracterizados porque la propagación del campo magnético se efectúa según un sentido ascensional, desde la parte inferior de la lingotera hasta, por lo menos, el nivel de la superficie libre del metal colado y, porque se lleva a cabo la regulación de la acción del campo magnético, en función de la localización de las masas de inclusiones no metálicas a una profundidad previamente determinada d, en el interior de los productos colados, de tal modo que la densidad de fuerza volúmica F que actúa en el baño metálico cumpla la relación siguiente:

$$F = 35 d^2 - 260 d$$

en la cual F es expresada en Newton por metro y d en milímetros.

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la regulación del valor B_{ef} de campo magnético se efectúa de conformidad con la relación siguiente:

$$B_{ef} = \left(\frac{F}{\gamma v} \right)^{1/2}$$

en la cual B_{ef} es expresado en Tesla, e γ representa la conductibilidad eléctrica del baño metálico expresada en ohmios⁻¹. m⁻¹ y finalmente, v representa la velocidad de propagación del campo magnético, que es expresada en m.s⁻¹.

3.- Procedimiento según la reivindicación 1 y 2 caracterizadas porque la propagación del campo magnético se efectúa según un sentido ascensional y, porque se lleva a cabo la regulación del campo magnético en función de la profundidad deseada d de la localización de las masas de inclusiones no metálicas en el interior de los productos colados de tal modo que el valor eficaz B_{ef} del campo magnético expresado en Tesla, cumpla la relación:

$$B_{ef} = \left\{ \frac{1}{\gamma v} (35 d^2 - 260 d) \right\}^{1/2}$$

30
m/e

en la cual d es expresada en mm, Y expresada en $\Omega^{-1} \cdot m^{-1}$, representa la conductibilidad eléctrica del baño metálico y v , expresada en $m \cdot s^{-1}$, representa la velocidad de propagación del campo magnético.

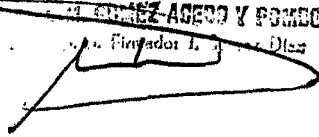
5 4.- Procedimiento de agitación electromagnética de metales en fusión, en el interior de una lingotera de colada continua, todo ello tal y como queda descrito en la presente Memoria e ilustrado en los dibujos adjuntos.

La presente Memoria consta de onze hojas escritas a máquina por una sólo cara.

10

Madrid, 30 JUL. 1977

INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE.

~~ALVARO ASEDO Y POMBO~~
Ingeniero de Minas


MG