



PATENTE DE INVENCION

AN/MC.AFBI. 491

Int. Cl.: B22D; H02N

Memoria Descriptiva

sobre:

2401

Método y dispositivo para la colada continua horizontal de metales.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

Solicitante: INSTITUT DE RECHERCHES DE LA SIDERURGIE FRANCAISE, entidad francesa, residente en 185, rue Président Roosevelt, 78104 Saint-Germain-en-Laye, Francia.

==.==.==.==.==.==.==.==.==.==.==

La presente invención tiene por objeto un método y un dispositivo destinado a la colada continua horizontal de los metales.

5. La técnica de la colada continua horizontal consiste en dar salida a un metal en fusión, conteni



5. do en un recipiente refractario, a través de un orificio practicado en una pared lateral del recipiente, hacer penetrar acto seguido al metal en una lingotera enfriada y abierta por ambos extremos dispuesta horizontalmente respecto al orificio y, finalmente, extraer de la lingotera de forma continua un producto parcialmente solidificado cuya forma queda determinada por la sección interna de la lingotera.

10. El proceso de solidificación progresiva del producto en el interior de la lingotera es ya bastante bien conocido, de tal modo que, tanto el método de extracción del producto como el método de funcionamiento y la constitución de la lingotera constituyen aspectos de la técnica que, en esta materia, pueden ser considerados dominados y para los cuales numerosas soluciones que dan perfecta satisfacción han sido ya propuestas y aplicadas.

15. No obstante, no ocurre lo mismo por lo que respecta a la circulación del metal en fusión desde el recipiente hacia la lingotera. Efectivamente, la obtención de una circulación en condiciones satisfactorias plantea el problema tecnológico de la ejecución de una junta eficaz entre el recipiente refractario y la lingotera enfriada. Se ha comprobado así que el comienzo de la solidificación de un metal tiene tendencia a producirse, no ya en la lingotera, sino, mejor aún, al nivel de la junta, dando así lugar este fenómeno a adherencias del metal sobre la junta, seguidas de desgarramientos de la parte solidificada, desgarramientos provocados a su vez por la tracción ejercida para extraer el producto de la lingotera. De todo ello viene a derivarse una perturbación considerable del proceso de colada, ya que los desgarramientos dan origen a defectos superficiales sumamente importantes en el producto co-

20.

25.

30.



- lado. Además, estos defectos pueden acarrear perforaciones a continuación de la lingotera, lo cual provoca un vaciado completo del recipiente refractario. Finalmente, las adherencias de metal llegan a ocasionar un deterioro progresivo de la junta, lo cual contribuye a amplificar el fenómeno y conduce, casi ineluctablemente, a interrumpir la operación de colada y ello con tanta mayor rapidez cuanto más elevado sea el punto de fusión presentado por el metal. Por tales motivos, la técnica de la colada continua horizontal del acero, en particular, no ha llegado a alcanzar actualmente la etapa de las aplicaciones industriales, y ello a pesar de los perfeccionamientos apreciables introducidos en la ejecución de las juntas utilizadas, tanto por lo que se refiere al material utilizado como a la forma de la junta.
- 5.
- 10.
15. Han sido presentadas diversas proposiciones, pendientes a resolver el problema del paso del metal, desde el recipiente refractario a la lingotera. Ya se conoce un método de colada continua horizontal según el cual se hace pasar una vena de metal en fusión desde un conducto refractario hasta una
20. lingotera enfriada que presenta una sección interna superior a la sección del conducto refractario y se inyecta un fluido a presión en un espacio situado entre la periferia externa del conducto refractario y la pared interna adyacente de la lingotera, con objeto de impulsar el metal en fusión fuera de dicho
25. espacio. Así como cabe comprender, semejante disposición tiene por objeto sustituir la junta sólida por una junta fluida capaz de quedar renovada constantemente, de tal modo que el fenómeno de desgaste pasa a ser un simple fenómeno de consumo de la junta. En particular, el conjunto de disposiciones descritas
30. en el documento anteriormente mencionado, constituye un método



5. de utilización perfeccionada de las juntas fluidas, cuya utilización ha sido propuesta por otra parte en este mismo aspecto técnico de la colada continua horizontal. El metal en fusión circula directamente desde el conducto refractario hacia la lingotera formando un menisco, de tal modo que la iniciación de la solidificación del metal en la lingotera no puede de ningún modo acarrear un deterioro en el extremo del conducto refractario. Los dispositivos para la aplicación de este método únicamente presentan la particularidad de que el conducto refractario no entra materialmente en contacto con la lingotera.

10. Cuenta habida de la disposición virtualmente vertical del menisco, se demuestra que la presión virtualmente uniforme del fluido se opone a una presión forrostática cuyo valor aumenta linealmente sobre la altura de la interfase fluido-metal líquido. Se deriva de ello cierta falta de estabilidad de la geometría del menisco, inestabilidad que únicamente puede ser atenuada de forma parcial por la existencia de tensiones superficiales. Debido a dicha falta de estabilidad, el metal en fusión puede llegar a penetrar en algunos momentos en el espacio situado entre el extremo del conducto refractario y la pared adyacente de la lingotera y solidificarse en tal punto, lo cual hace intervenir el proceso de desgarramientos anteriormente indicado y puede, además ocasionar una perforación al nivel de la junta fluida, la cual deja así de poder funcionar en condiciones satisfactorias.

25. El invento preconizado tiene por objeto mejorar la estabilidad de la geometría de una interfase fluido-metal en fusión que se forma en una zona situada entre el extremo de un conducto refractario de eje sustancialmente horizontal y la pared interna de una lingotera de colada continua dispuesta en

30.



las cercanías de dicho extremo y según el mismo eje.

5. A tal respecto, el invento preconicado tiene por objeto un método de colada continua de un metal en fusión, según el cual se hace circular el metal desde un recipiente hacia una lingotera enfriada, virtualmente horizontal y abierta por sus dos extremos por mediación de un conducto refractario que desemboca en una pared lateral del recipiente y cuyo extremo situado frente a un extremo de la lingotera constituye una tobera de pronunciada divergencia en el sentido de la circulación del metal, con extracción de forma continua del producto formado en dicha lingotera, caracterizándose el método preconicado por el hecho de que se genera en el seno del metal situado en dicho conducto refractario un conjunto de fuerzas electromagnéticas que imprimen en la periferia de la vena de metal líquido una aceleración que posee una componente dirigida en el sentido de la circulación del metal, a cambio de lo cual se favorece la formación de un menisco líquido, de configuración estable en la región de dicha tobera.
- 10.
- 15.

20. El invento preconicado tiene también por objeto un dispositivo que comprende un recipiente refractario que se encuentra en comunicación por medio de un conducto refractario que desemboca en una pared lateral de dicho recipiente, con una lingotera enfriada virtualmente horizontal y abierta por ambos extremos, constituyendo el extremo de dicho conducto refractario adyacente a uno de los extremos de la lingotera una tobera de divergencia pronunciada, dispositivo caracterizado por el hecho de estar formado por un inductor electromagnético dispuesto en las cercanías de dicha tobera, inductor que produce un campo magnético que da origen, en la zona periférica de la vena de metal líquido, a fuerzas electromagnéticas que tie-
- 25.
- 30.



nen una componente orientada según el sentido de circulación de dicha vena, que pasa del recipiente a la lingotera.

5. Cabe comprender, que a título de medio principal para obtener el efecto perseguido, se ha hecho una modificación de las condiciones de circulación del metal en una zona localizada de forma adecuada y que presenta un brusco incremento de sección, incremento obtenido por la tobera de gran divergencia a la cual ya nos hemos referido anteriormente. Esta modificación de las condiciones de circulación consiste en conferir a 10. la masa de metal líquido que se encuentra situada en la periferia de la vena de metal en dicha zona, una energía cinética suficientemente grande en relación con las fuerzas de gravedad para que la dirección general de circulación de la vena de metal líquido no sufra modificación sustancial a la perpendicular de dicha tobera. En otros términos, el método según el in- 15. vento preconizado tiende a operar una inyección de metal en fusión en la lingotera. El término de inyección utilizado debe ser interpretado a título de ilustración del fenómeno y en realidad, conveniente únicamente para las zonas periféricas de la 20. vena de metal líquido, así como figura explicado más adelante con mayor detalle. En todo cuanto sigue, parece conveniente denominar "menisco" la superficie externa de la vena líquida situada entre el extremo anterior del conducto refractario y la pared interna de la lingotera en la zona de contacto del metal con dicha pared. 25.

La energía cinética del metal líquido confiere cierta rigidez a la zona periférica de la vena de metal en la zona de dicha tobera. No obstante, la estabilidad geométrica del menisco podrá obtenerse con tanta mayor seguridad, cuanto más 30. semejantes sean las condiciones de presión que reinan por am-



5. bas partes de la perifería de la vena de metal líquido. Para tal efecto, el método preconizado según el invento puede llevar, a título de disposición complementaria, la inyección de un fluido en el espacio anular existente entre la perifería de la vena de metal líquido en la zona de la tobera, la pared divergente de dicha tobera y la pared interna de la lingotera. El fluido es inyectado con una presión equivalente, por lo menos, y de preferencia ligeramente superior, a la presión ferrostática máxima en dicha zona.
10. De conformidad con una disposición ventajosa del método según el invento preconizado, se hace pasar el metal líquido por un conducto refractario cuya sección aumenta de forma progresiva en el sentido de la circulación y se generan, en el seno del metal líquido, fuerzas de origen electromagnético
15. que imprimen en la perifería de la vena de metal líquido una aceleración dirigida paralelamente a las paredes de dicho conducto refractario. Semejante disposición permite obtener, en la zona de la tobera, una vena de metal de forma divergente y facilitar de este modo el paso del metal desde el conducto refractario hasta la lingotera, de tal modo que la estabilidad geométrica del menisco queda sí mejorada sustancialmente.
20. La invención preconizada podrá ser mejor comprendida y las ventajas que de la misma se derivan habrán de resaltar con mayor claridad por la lectura de la descripción que figura a continuación, dada con referencia a la figura única del diseño adjunto, que representa un modo de realización de un dispositivo con miras a la aplicación del método según el invento preconizado.
25. En la figura se ha representado una instalación de colada continua formada por un recipiente de material refrac-
- 30.



tario 1, alimentado de forma continua, por ejemplo, por medio de una boquilla sumergida 2, con objeto de mantener en dicho recipiente un nivel virtualmente constante del metal en fusión. Un conducto 3 de material refractario va dispuesto en una pared lateral del recipiente 1 y en las cercanías de dicho recipiente, conducto 3 que permite establecer la comunicación del recipiente con una lingotera de sección circular de cobre 4 virtualmente horizontal, abierta por ambos extremos y enfriada de forma convencional por circulación de agua. El conducto refractario 3 está cimentado en posición en un orificio de la pared del recipiente 1 y mantenido además por las placas 5 y 6, que van enchavetadas sobre la corza metálica del recipiente. La lingotera toma apoyo solidariamente sobre un soporte 7 que puede desplazarse longitudinalmente bajo la acción de un cilindro hidráulico 8 con objeto de poder aplicar uno de los extremos de la lingotera sobre el extremo adyacente del conducto refractario. La instalación consta, además, de un conjunto de rodillos de extracción y de rodillos de mantenimiento dispuestos a continuación de la lingotera. Unicamente se ha representado un par único de rodillos de extracción 9, con objeto de no sobrecargar el diseño.

Figura a continuación la descripción detallada del conducto refractario 3. El conducto 3 establece un paso 10 para el metal en fusión, presentando dicho paso una zona preliminar de sección cilíndrica y una segunda zona de sección progresivamente creciente que desemboca en la lingotera, siendo inferior la mayor sección de dicho paso a la sección de la lingotera y de forma idéntica a la propia sección de la lingotera. De ello se deriva un incremento de sección brusco en el plano de contacto de los extremos respectivos correspondientes del



conducto refractario y de la lingotera, constituyendo dicho incremento brusco de sección lo que convendrá denominar en todo cuanto sigue "tobera fuertemente divergente" y que lleva la referencia 11. No obstante, cabe comprender que el extremo del conducto refractario puede constar de un incremento brusco de sección geométrica diferente de la descrita al referirse al método de ejecución particular representado en la figura, pero sin por ello dejar de constituir una tobera fuertemente divergente. El extremo interno del conducto puede, por ejemplo, quedar biselado o redondeado. La parte del conducto 3 que corresponde a la zona de sección progresivamente creciente del paso 10 está constituida por un órgano superpuesto 12 que constituye una bomba electromagnética. Para ello, el órgano 12 consta principalmente de una pared fina de material refractario 13 que forma la pared de dicha zona de sección progresivamente creciente y un inductor de motor lineal 14 dispuesto en torno a dicha pared. Así como puede apreciarse, el extremo del órgano 12 adyacente a la lingotera forma lo que anteriormente hemos denominado una tobera fuertemente divergente. Este extremo, sobre el cual queda apoyada la lingotera presenta en su periferia una ranura anular 15 que forma, conjuntamente con la pared de extremo de la lingotera, un espacio confinado anular 16 puesto en comunicación con el interior de la lingotera por una pluralidad de ranuras 17 y en comunicación, además, con una fuente de fluido a presión no representada, por medio de una canalización 18. El inductor del motor lineal 14 es de composición semejante a los inductores de tipo conocido utilizados para el bombeo electromagnético de los metales, con una ligera diferencia en cambio, es decir, que en lugar de tomar una forma cilíndrica, así como ocurre generalmente para los dispositi



vos de bombeo, dicho inductor presenta una forma cónica. Dado que el principio de funcionamiento y la composición de las bombas electromagnéticas son perfectamente conocidos, cabe recordar sencillamente que este género de bombas constan de una pluralidad de espiras dispuestas según orientaciones perpendiculares a la dirección de bombeo y respectivamente en comunicación con las fases sucesivas de una fuente de corriente eléctrica polifásica con objeto de generar un campo magnético que induce en el metal líquido corriente de Foucault, que dan a su vez origen, en presencia del campo, a fuerzas electromagnéticas dirigidas según el sentido de barrido de las líneas del campo, fuerzas que provocan el efecto de bombeo deseado. En el caso que nos ocupa, el inductor del motor lineal que constituye una bomba electromagnético consta de espiras sucesivas de sección creciente 19 dispuestas en muescas anulares 20 practicadas en una armadura 21 de forma general troncocónica. Las espiras pueden quedar conectadas con las fases sucesivas de una fuente de corriente trifásica de frecuencia adaptada al efecto de bombeo electromagnético que se trata de obtener. El extremo del elemento refractario 12 que forma la tobera 11 puede estar formado por un elemento superpuesto 22 mecanizado en un material refractario como, por ejemplo, el nitruro de silicio. Este elemento 22 constituye una junta del tipo propuesto en la técnica anterior. No obstante, su misión queda limitada esencialmente a los periodos de puesta en marcha y parada de las operaciones de colada, así como figura explicado más adelante con mayor detalle.

El modo de funcionamiento de la instalación que acaba de ser descrita anteriormente, es el siguiente. Al principio de una operación de colada, se introduce una barra en la lin-



gotera, barra que tiene virtualmente la misma sección que el producto que se desea obtener y que lleva en su extremo los medios de anclaje adecuados. Este extremo es puesto en contacto con la tobera 11 y se procede al llenado del recipiente de metal en fusión. El metal penetra en el paso 10 y viene a bañar los medios de anclaje al solidificarse contra el extremo de la barra. La barra es puesta en movimiento acto seguido, en el sentido de la extracción y retirada progresivamente de la lingotera. Un producto solidificado por su periferia se forma entonces en la lingotera, bañando la junta 22 en el metal líquido durante los primeros instantes de la puesta en movimiento de la barra. Cabe apreciar que el conjunto de las operaciones que acaban de ser descritas constituye un procedimiento convencional de puesta en marcha de una instalación de colada continua horizontal.

Simultáneamente a la puesta en movimiento de la barra, se alimenta el inductor con objeto de crear un efecto de bombeo en el sentido de extracción del producto en curso de formación en la lingotera. El campo magnético deslizante creado por el inductor es atenuado sustancialmente por el metal en fusión, de tal modo que las zonas de la vena de metal líquido que circulan en el paso 10 quedan tanto más alcanzadas por los efectos electromagnéticos cuanto más cerca se encuentran de la pared interna que define dicho paso. Consecuentemente, las fuerzas electromagnéticas inducidas dan lugar a una aceleración de las masas situadas principalmente en la periferia de la vena de metal líquido. El otros términos, se sustituye el perfil de velocidad sustancialmente uniforme en una sección indeterminada del paso 10 por un perfil no uniforme, siendo más importante la velocidad en la parte periférica



de la vena que la velocidad en la parte central de la vena. Las masas metálicas aceleradas en la parte de sección del paso 10 poseen, consecuentemente, una energía cinética sustancial cuando alcanzan el plano de la tobera 11, de tal modo que la orientación del vector velocidad únicamente sufre un cambio reducido a la perpendicular de la tobera, debido al efecto ejercido por las fuerzas de gravedad. Por consiguiente, la vena de metal pasa de forma progresiva del paso 10 a la lingotera 4. Cuenta habida de la pronunciada divergencia de la tobera 10, se forma un espacio anular 23 exento de metal entre la pared interna de la lingotera, la pared divergente de la tobera y la periferia de la vena de metal líquido. Este espacio permite garantizar que la primera solidificación del metal se produzca en la lingotera. Consecutivamente, durante la operación de colada, el elemento superpuesto 22 no ejerce la función de una junta y no queda así sometida a las sollicitaciones correspondientes.

A pesar de que las condiciones de circulación de la vena sean relativamente estables en la zona del menisco adyacente al espacio 23, y ello con tanto mayor motivo si se tiene en cuenta que las fuerzas vivas de las masas periféricas de la vena son elevadas entre las fuerzas de gravedad, resulta ventajoso crear en dicho espacio condiciones de presión que sean, por lo menos, equivalentes a las condiciones reinantes en el interior de la vena. En el caso que nos ocupa se inyecta un gas neutro por medio del conducto 18, con una presión equivalente, como mínimo, a la presión ferrostática máxima reinante en dicha zona. El gas penetra en el espacio anular 16 y se escapa por las ranuras 17 hacia el espacio 23, en donde se establecen, consecutivamente, las condiciones de presión anteriormente men



cionada. El gas inyectado desempeña también un papel de protección del metal en fusión contra la oxidación. Además, puede procederse a la inyección simultánea de gas y de partículas lubricantes destinadas a conseguir la lubricación de la lingotera.

5.

Al finalizar una operación de colada, las condiciones de circulación en la zona de la tobera pasan de nuevo a ser las mismas que existen en la práctica anterior, ya que el elemento 22 habrá desempeñado durante algunos instantes una función de órgano de junta.

10.

El método según el invento preconizado encuentra aplicación para la colada continua horizontal de toda clase de metales y aleaciones, y en particular de las aleaciones cuyo punto de fusión es sumamente elevado, como así ocurre con el acero.

15.

Este método permite obtener, durante la mayor parte de la operación de colada, las condiciones iniciales de solidificación regulares en la lingotera, garantizando así una calidad de superficie regular del producto colado y, principalmente, un desarrollo satisfactorio de la operación de colada propiamente dicha.

20.

N O T A

Descrita suficientemente la naturaleza del invento así como la manera de realizarlo en la práctica, debe hacerse constar que las disposiciones anteriormente citadas son susceptibles de modificaciones de detalle en cuanto no alteren su principio fundamental. También se hace constar que el invento corresponde a una solicitud de patente presentada en Francia

30.



con el nº 73. 42 268 de 28 de Noviembre de 1.973, acogiéndose por lo tanto a los beneficios que conceden los Convenios Internacionales en vigor, siendo lo que constituye la esencia del referido invento y por lo que se solicita Patente de Invención por 20 años en España sobre: METODO Y DISPOSITIVO PARA LA COLADA CONTINUA HORIZONTAL DE METALES; caracterizándose por lo siguiente:

5.

10.

15.

20.

25.

30.

1.- Método y dispositivo para la colada continua horizontal de metales en fusión, según el cual se hace colar el metal contenido en un recipiente hacia una lingotera enfriada, sustancialmente horizontal y abierta por sus dos extremos, por mediación de un conducto refractario que desemboca en una pared lateral del recipiente y cuyo extremo, situado frente a un extremo de la lingotera, constituye una tobera de pronunciada divergencia en el sentido de la circulación del metal y se extrae de forma continua el producto formado en dicha lingotera, método caracterizado porque se genera en el seno del metal situado en el conducto refractario, un conjunto de fuerzas electromagnéticas que imprimen en la periferia de la vena de metal líquido, una aceleración, que tiene una componente dirigida en el sentido de la circulación, con lo cual se forma de un menisco líquido de configuración estable en la zona de dicha tobera.

2.- Método según la reivindicación 1, caracterizado porque se hace pasar el metal líquido por un conducto refractario cuya sección aumenta de forma progresiva en el sentido de la circulación, y por la creación en el seno del metal líquido, de fuerzas electromagnéticas que provocan en la periferia de la vena de metal líquido una aceleración dirigida paralelamente a las paredes de dicho conducto refractario.



3.- Método según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque se inyecta un fluido en la zona del menisco, quedando mantenido el fluido a una presión que es equivalente, por lo menos, a la presión ferrostática máxima en la zona.

5. 4.- Dispositivo de colada continua para la aplicación del método según las reivindicaciones 1 a 3, del tipo que consta de un recipiente refractario en comunicación, por medio de un conducto refractario que desemboca en una pared lateral del recipiente, con una lingotera enfriada sustancialmente horizontal y abierta por sus dos extremos, constituyendo el extremo del conducto refractario adyacente a uno de los extremos de la lingotera, una tobera fuertemente divergente, caracterizado porque se dota de un inductor electromagnético dispuesto en las cercanías de la tobera, creando el inductor un campo magnético que da origen en la zona periférica de la vena de metal líquido a fuerzas electromagnéticas que tienen una componente orientada según la dirección de la circulación de la vena, desde el recipiente hacia la lingotera.

10. 15. 20. 5.- Dispositivo según la reivindicación 4, caracterizado porque el conductor refractario presenta, por lo menos sobre una parte de su longitud, una sección creciente progresivamente en el sentido de la circulación del metal líquido del conducto hacia la lingotera, encontrándose la sección mayor del conducto refractario en el plano de la tobera.

25. 30. 6.- Dispositivo según la reivindicación 5, caracterizado porque se dota de un inductor electromagnético que presenta la forma de un estator de motor lineal anular, dispuesto en torno al conducto refractario y que lleva una pluralidad de espiras conductoras de diámetro progresivamente creciente y dispuestas perpendicularmente al eje del conducto y respec-

30.



- 16 -

tivamente conectadas con las fases sucesivas de una fuente de corriente eléctrica polifásica, con lo que se crea un campo magnético deslizante que se desplace paralelamente a la pared interna del conductor refractario.

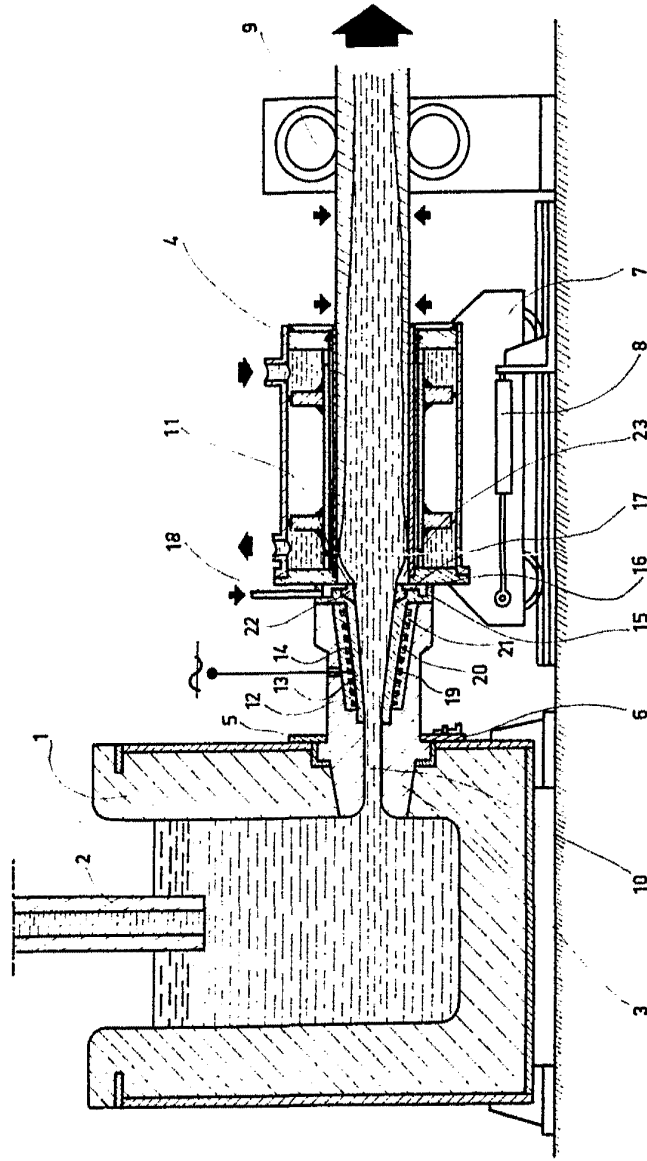
5. 7.- Método y dispositivo para la colada continua horizontal de metales, tal y como queda sustancialmente descrito en la presente Memoria y en el dibujo adjunto.

Esta Memoria consta de dieciseis hojas escritas a máquina por una sola cara.

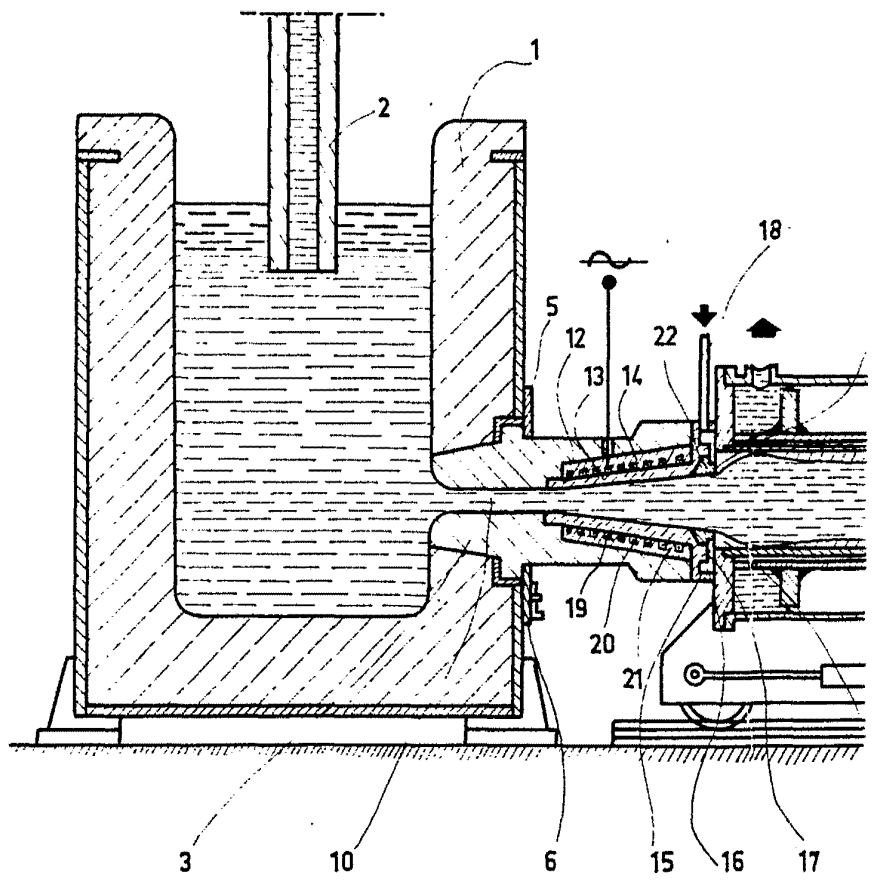
Madrid, 28 NOV. 1974

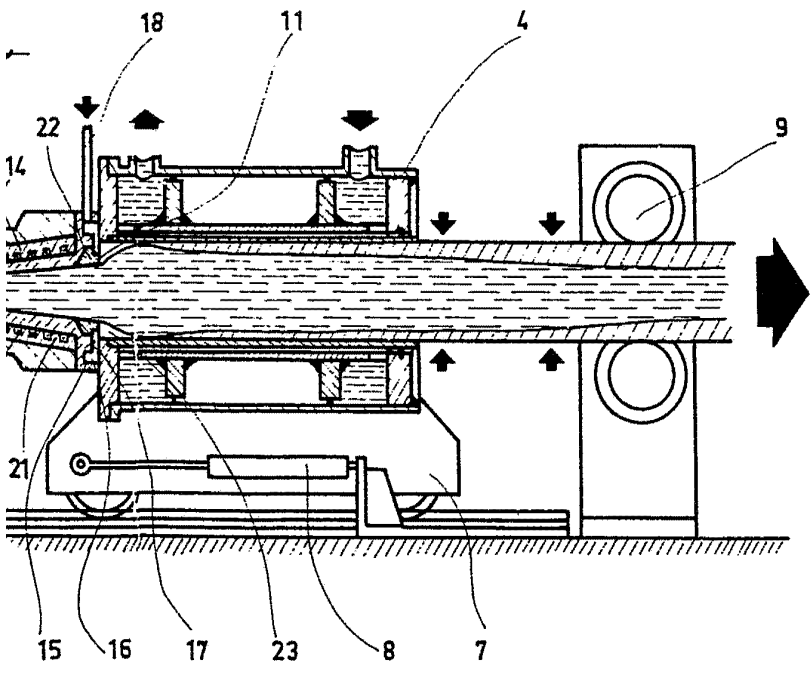
INSTITUT DE RECHERCHES DE LA
SIDERURGIE FRANCAISE.

J. Gueta Fernández
p. p. Francisco L. Gueta Fernández



REVUE 25 NOV 1971
[Signature]





MADE IN CUBA
30 NOV 1974
[Handwritten signature]