

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 651 136**

51 Int. Cl.:

B22D 11/12	(2006.01)
B22D 11/128	(2006.01)
B22D 11/00	(2006.01)
B22D 11/20	(2006.01)
B22D 11/14	(2006.01)
B21B 1/46	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.05.2012 PCT/JP2012/003388**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13175536**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.05.2012 E 12877100 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 2857122**

54 Título: **Método para colar planchón de manera continua**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.01.2018

73 Titular/es:
NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:
YAMANAKA, AKIHIRO;
NAGAI, SHINJI;
MURAKAMI, TOSHIHIKO y
MIZUKAMI, HIDEO

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 651 136 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

Método para colar planchón de manera continua

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un método para colar un cordón de manera continua destinado a reducir la formación de cavidades de eje geométrico, la porosidad y las cavidades de encogimiento, que constituyen defectos internos, por laminación del cordón para su reducción mediante un par de rodillos, y en particular se refiere a un método de moldeo continuo que usa rodillos móviles.

Antecedentes de la técnica

- 10 Actualmente, un procedimiento típico de fabricación de acero es ejecutado de tal manera que un cordón colado mediante un proceso de colada continua es sometido a procesos tales como formación de bloques, palancones y palanquillas, y laminación para darle forma de producto final. Pero los productos de acero de gran tamaño y gran sección transversal, tales como productos de acero para una caldera o una boquilla de gran tamaño prevista como producto final, son fabricados en pequeños lotes y han de ser hechos de un acero colado con gran sección transversal. Por tal motivo, en el tiempo presente los aceros colados para productos de acero de gran tamaño no se fabrican mediante colada continua sino que son colados en forma de lingotes de gran tamaño vertiendo acero fundido en un molde y haciendo que se solidifique en él. En lo que sigue esta técnica será denominada "procedimiento de lingotes".

- 20 Colar lingotes de gran tamaño mediante un procedimiento de lingotes es mucho menos eficaz que mediante un proceso de colada continua, aun cuando sean fabricados en pequeños lotes. Por otra parte, la necesidad de alimentación mediante un alimentador previsto en una parte superior del lingote y la retención de acero fundido en bebederos, tubos de carga o similares hacen muy bajo el rendimiento productivo. La expresión "alimentación mediante un alimentador" usada en esta memoria se refiere a la alimentación de acero fundido en cantidad que corresponda al encogimiento por solidificación para evitar la formación de cavidades y grietas de encogimiento como consecuencia del encogimiento por solidificación del acero fundido durante un proceso de colada de lingotes.

- 25 Por otra parte, cuando un cordón de gran sección transversal es colado mediante un proceso de colada continua, las cavidades de eje geométrico, la porosidad, que es un defecto de formación de burbujas, y la segregación en la zona central de un cordón tienden a aumentar. La expresión "cavidades de eje geométrico" usada en esta memoria se refiere a defectos de formación de cavidades en una región central de un bloque de aleación cuando el bloque es colado. Además, cuando la colada concluye, una vez interrumpida la entrega de acero fundido al molde se detectan grandes cavidades de encogimiento, tales como las que pueden verse en un procedimiento de lingotes típico, como consecuencia del encogimiento por solidificación en una zona del menisco (superficie de acero fundido) del cordón del lado de aguas abajo en la dirección de la colada. Estos defectos internos o similares además de reducir el rendimiento productivo en algunos casos se mantienen en el producto final y pueden ser una causa importante de defectos.

- 30 Para formar un cordón de gran sección transversal y buena calidad interna el documento 1 de literatura de patente propone un método de colada semicontinua que usa un molde ensanchado progresivamente para formar lingotes de gran tamaño, tales como lingotes planos de grosor extra, difíciles de colar mediante máquinas de colada continua convencionales por su grosor. Dicho documento 1 de literatura de patente describe también que la calidad del lingote puede mejorarse de manera adicional por calentamiento del menisco en la superficie (parte superior) del lingote merced a medios eléctricos.

- 35 El documento 2 de literatura de patente describe que al colar de manera continua un cordón es posible reducir la formación de defectos internos tales como cavidades de eje geométrico y porosidad empleando una forma de cordón estrechada en la que la distancia entre las superficies laterales del cordón aumente gradualmente en dirección a una parte superior.

- 40 Es generalmente conocido que la colada continua de un cordón puede incluir un proceso de realización de laminación de reducción en la superficie del cordón durante la última etapa de solidificación con el fin de reducir defectos internos tales como porosidad y segregación. Por ejemplo, el documento 3 de literatura de patente describe un método de laminación de reducción de un cordón con un alma líquida.

- 45 Usar un molde estrechado o emplear una forma de cordón estrechada como las técnicas descritas en los documentos 1 y 2 de literatura de patente puede sustituir hasta cierto punto la función de alimentación mediante un alimentador, de acuerdo con la práctica convencional. Estos métodos requieren procesos de colada complicados y grandes inversiones en equipos, pero el efecto de inhibir cavidades de eje geométrico y porosidad no solo es limitado, sino que se reduce a medida que aumenta la sección transversal de cordón. Por otro lado, la técnica de calentar el menisco de la parte superior de un cordón no ofrece la ventaja de mejorar la calidad interna del cordón hasta su región central cuando el cordón tiene mucha longitud, requiere equipos costosos y es antieconómica desde el punto de vista de la energía. No es considerada, por tanto, una técnica muy eficaz.

5 En cambio, la técnica de aplastar la porosidad interna durante su etapa de formación merced a la realización de un proceso de laminación de reducción en la superficie del cordón mediante rodillos o similares (técnica de laminación de reducción secuencial), practicada en colada continua mediante una máquina de colada continua típica, es una técnica decisiva y muy eficaz. Pero cuando se usa la técnica de laminación de reducción secuencial para colar de manera continua un cordón de gran sección transversal, se presentan los dos problemas que siguen.

10 El primer problema consiste en que el aplastamiento de la porosidad formada en un cordón no se realiza en una etapa de la colada seleccionada al azar, sino en un momento óptimo. A modo de ejemplo, cuando la reducción del cordón haya de ser realizada durante la etapa de formación de la porosidad, el momento óptimo es considerado la última etapa de solidificación, entre el momento en que la fracción sólida en la región central es aproximadamente 0,5 y el momento de solidificación completa. Cuando la laminación de reducción se lleva a cabo una vez concluida la solidificación, el momento óptimo es considerado inmediatamente después de la solidificación, en el que la temperatura de la región central del cordón es todavía alta en medida suficiente. Por tanto, en un proceso de colada continua típico, dispositivos de laminación de reducción tales como rodillos de reducción son dispuestos usualmente
15 en una posición específica, por ejemplo, cerca de la salida de la máquina de colada continua.

20 Pero cuando un cordón con una gran sección transversal es colado, su laminación en condiciones óptimas para aplastar cavidades de eje geométrico y porosidad mediante dispositivos laminadores de reducción instalados cerca de la salida de la máquina de colada continua requiere extender la longitud de la máquina de colada continua con el fin de proporcionar tiempo para la solidificación completa del cordón. Ha de señalarse que la longitud desde el menisco en el molde a la posición del extremo del cráter del cordón se considera proporcional al cuadrado del grosor del cordón. A modo de referencia, colar un cordón con un grosor de 900 mm requeriría una máquina de colada continua nueve veces más larga que la requerida por un cordón con un grosor de 300 mm, con un coste de construcción considerable.

25 Por otro lado, cuando no resulta posible extender la longitud de la máquina de colada continua, un enfoque que puede ser considerado con el fin de proporcionar tiempo para la solidificación completa del cordón consiste en reducir la velocidad de la colada. En general, la velocidad de la colada (velocidad del cordón) en la posición del extremo del cráter es inversamente proporcional al cuadrado del grosor del cordón. A modo de ejemplo, si se usa como referencia la colada de un cordón de 300 mm de grosor con un régimen de 1 m/min, una colada de un cordón con un grosor de 900 mm requeriría un régimen de 0,11 m/min, que sería una velocidad muy baja. Tal colada de muy baja velocidad haría que no se caliente en medida suficiente el menisco en el molde y causaría la formación de una costra en el menisco, la formación de una superficie de colada ondulada debido al encogimiento de la capa exterior solidificada del menisco, etc., y provocaría por tanto un deterioro significativo de la calidad superficial del cordón. Con objeto de impedir este deterioro puede considerarse usar calentamiento mediante plasma y calor de efecto Joule para calentar el menisco, lo que requeriría grandes inversiones en equipos y sería antieconómico desde
30 el punto de vista de la energía, como ha sido descrito.

35 El segundo problema consiste en que en el caso de un cordón de gran sección transversal la fuerza de reducción no penetra en medida suficiente en la profundidad del cordón y por tanto puede no ser posible aplastar completamente cavidades de eje geométrico y porosidad.

40 El documento JP H08-206803 A describe que al mismo tiempo que una primera clase de acero es colado de manera continua, un bloque colado es sometido a un tratamiento de reducción por laminación ligera ejecutado de manera continua en una posición estacionaria de reducción por laminación ligera mediante rodillos de reducción de laminación ligera y, también, los rodillos de reducción de laminación ligera son situados en posición de desplazamiento ascendente en un sitio con grado apropiado de fase sólida del centro del bloque colado de acero de la primera clase, desplazado durante un tiempo de parada al inicio de la colada continua de la segunda clase de acero. En esta posición, junto con el inicio de la colada continua de la segunda clase de acero, se ejecuta el resto del tratamiento de reducción por laminación ligera del bloque colado de acero de la primera clase. De manera sucesiva es ejecutada después la reducción por laminación ligera del bloque colado de acero de la segunda clase en la posición de reducción por laminación ligera regular.

45 El documento EP 0 417 492 A2 describe un método y un aparato de colada continua vertical. Un cordón formado en un molde refrigerado mediante agua es hecho bajar verticalmente desde el molde sin ser curvado, y medios de reducción ligera posicionados justo antes del punto de solidificación completa del cordón aplican al cordón una reducción ligera capaz de compensar la contracción causada por solidificación, por la que se impide la formación de cavidades centrales y se reduce la segregación central. Los rodillos de extracción y reducción ligera están previstos en posición vertical variable a lo largo del cordón.

55 **Lista de citas**

Literatura de patente

Documento 1 de literatura de patente: Publicación de solicitud de patente japonesa nº S62-161445.

Documento 2 de literatura de patente: Publicación de solicitud de patente japonesa nº 2004-243352.

Documento 3 de literatura de patente: Publicación de solicitud de patente japonesa nº 2000-288705.

Compendio de la invención

Problema técnico

5 Como ha sido descrito en lo que antecede, las técnicas de métodos de colada continua convencionales para reducir cavidades de eje geométrico y porosidad en una zona central de un cordón de gran sección transversal y reducir cavidades de encogimiento y cavidades de eje geométrico en una parte superior del cordón presentan problemas de coste de equipos, energía y calidad superficial.

10 La presente invención ha sido desarrollada en vista de tales problemas de las técnicas convencionales. Es por tanto un objeto de la presente invención ofrecer un método de colada continua que reduzca las cavidades de eje geométrico y la porosidad en una región central de un cordón, y las cavidades de encogimiento y de eje geométrico en una parte superior del cordón independientemente del tamaño de su sección transversal, con un coste de equipos bajo y sin causar deterioro de la calidad superficial.

Solución de los problemas

15 Con el fin de resolver los problemas antedichos, los presentes inventores estudiaron métodos de laminación de un cordón de colada continua para su reducción. Encontraron que al usar rodillos móviles de laminación de un cordón para su reducción, es posible realizar dicha laminación de reducción en una posición óptima para aplastar cavidades de eje geométrico, porosidad y cavidades de encogimiento, independientemente del tamaño de la sección transversal del cordón. En este caso, no es necesario ajustar la longitud de una máquina de colada continua o la
20 velocidad de la colada, como requeriría el uso de rodillos fijos en una posición específica, y, por tanto, el coste de equipos es muy bajo.

La presente invención se basa en las conclusiones antedichas, establecidas de modo resumido en los puntos (1) a (3) que siguen en relación con métodos para colar de manera continua un cordón.

25 (1) Un método para colar de manera continua un cordón, caracterizado por que comprende: usar un par de rodillos configurados para, de manera intercambiable, guiar y soportar el cordón y laminar el cordón para su reducción, y para ser movidos en dirección vertical a lo largo del cordón debajo de un molde, de manera que mientras el cordón es extraído, el par de rodillos, mantenidos en condición de parada, guían y soportan el cordón, y una vez concluida la extracción del cordón, el par de rodillos son movidos en dirección vertical y laminan el cordón parado para su reducción.

30 (2) El método para colar de manera continua un cordón de acuerdo con el punto (1), caracterizado por que el movimiento de los rodillos mientras laminan el cordón para su reducción se realiza en dirección vertical ascendente.

(3) El método para colar de manera continua un cordón de acuerdo con los puntos (1) y (2), caracterizado por que la sección transversal del cordón es circular.

Efectos ventajosos de la invención

35 Merced al método para colar de manera continua un cordón de acuerdo con la presente invención es posible reducir de modo significativo las cavidades de eje geométrico, la porosidad y las cavidades de encogimiento independientemente del tamaño de la sección transversal del cordón, y también colar un cordón con alto rendimiento productivo usando una máquina de colada continua de bajo coste de equipamiento sin deterioro de la calidad superficial.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un diagrama de configuración de una máquina de colada continua a la que el método de la presente invención es aplicable, mostrada en vista frontal por la figura 1(a) y en vista lateral por la figura 1(b).

45 La Figura 2 es un diagrama que muestra un proceso de colada de acuerdo con el método de colada continua de la presente invención, en el que la figura 2(a) muestra un estado de inicio de colada, la figura 2(b) muestra un estado durante la extracción del cordón, la figura 2(c) muestra un estado en el que los rodillos móviles han sido movidos al límite inferior de la distancia en que pueden ser movidos una vez concluida la extracción, la figura 2(d) muestra un estado en el que los rodillos móviles son hechos subir mientras laminan el cordón para su reducción, y la figura 2(e) muestra un estado en que la laminación de reducción ha sido concluida.

50 La figura 3 es un gráfico que muestra la fracción de superficie que presenta defectos en función de la razón entre valor de reducción y diámetro de alma líquida del cordón (reducción/diámetro alma líquida), mostrando la figura 3(a) los resultados obtenidos en una región constante y la figura 3(b) los resultados obtenidos en una parte superior del cordón.

Descripción de realizaciones

La figura 1 es un diagrama de configuración de una máquina de colada continua a la que el método de la presente invención es aplicable, mostrada en vista frontal por la figura 1(a) y en vista lateral por la figura 1(b). La máquina de colada continua mostrada en la figura 1 es de tipo vertical y está configurada para colar un cordón en dirección vertical descendente. Esta máquina de colada continua incluye: un recipiente 1 que contiene acero fundido, y un molde 2 que recibe el acero fundido del recipiente 1 a través de una boquilla de entrada sumergida (no mostrada), y una unidad laminadora de reducción movable 4 que reduce un cordón 3 extraído del molde 2 en dirección descendente. El molde 2 está compuesto por un grupo de semimoldes. La unidad laminadora de reducción movable 4 incluye un par de rodillos 5 y un bastidor 6 que soporta los rodillos 5. El bastidor 6, formado de manera unitaria con los rodillos 5, puede ser movido verticalmente hacia arriba y hacia abajo a lo largo del cordón 3, debajo del molde 2.

Inmediatamente debajo del molde 2 hay dispuestos rodillos de soporte 7 (no mostrados en la figura 1), como muestra la figura 2 descrita en lo que sigue, que forman una región de soporte de una capa exterior solidificada 3a del cordón 3. En la máquina de colada continua se prefiere que la capa exterior solidificada 3a esté soportada, al menos inmediatamente debajo del molde 2, en una región que se extienda en una longitud que varíe entre aproximadamente la cuarta parte de la longitud del molde y aproximadamente la misma longitud del molde 2. La figura 2, descrita en lo que sigue, muestra una realización en la que la región de soporte tiene aproximadamente la misma longitud que el molde 2.

Los rodillos 5 están previstos para funcionar de manera intercambiable como rodillos de extracción que guían y soportan el cordón 3 o como rodillos de reducción que laminan el cordón 3 para su reducción. Los rodillos 5 son presionados hidráulicamente desde el lado posterior contra el cordón 3 para ser puestos en contacto con él. Además, los rodillos 5 están conectados con un gran reductor 9 de velocidad por medio de una unión universal 8 y cumplen la función de rodillos de accionamiento.

El bastidor 6 está soportado de manera movable en dirección vertical mediante árboles intermedios 10 de cuatro gatos de husillo de bolas dispuestos verticalmente, y también recibe fuerza de accionamiento para ser movido en dirección vertical ascendente o descendente merced al mecanismo de gato de los árboles intermedios 10.

Como los rodillos 5 constituyen una unidad con el bastidor 6 son movibles en dirección vertical ascendente o descendente a lo largo del cordón 3 y por tanto resulta posible cambiar la posición de laminación de reducción del cordón 3 y mover los rodillos mientras están realizando dicha laminación de reducción. El movimiento de los rodillos 5 puede activarse haciendo rotar los propios rodillos 5 en un estado en el que mantengan el cordón 3 entre ellos, y la dirección del movimiento puede ser cambiada al cambiar la dirección de rotación de los rodillos 5. Cuando los rodillos 5 no están en contacto con el cordón 3, pueden ser movidos mediante el mecanismo de gato de los árboles intermedios 10.

La Figura 2 es un diagrama que muestra un proceso de colada de acuerdo con el método de colada continua de la presente invención, en el que la figura 2(a) muestra un estado de inicio de colada, la figura 2(b) muestra un estado durante la extracción del cordón, la figura 2(c) muestra un estado en el que los rodillos movibles han sido movidos al límite inferior de la distancia en que pueden ser movidos una vez concluida la extracción, la figura 2(d) muestra un estado en el que los rodillos movibles son hechos subir mientras laminan el cordón para su reducción y la figura 2(e) muestra un estado en el que la laminación de reducción ha sido concluida.

El método de colada continua de la presente invención se describe con referencia a la figura 2. En primer lugar, la colada del cordón 3 se inicia como muestra la figura 2(a), y el cordón 3 es extraído de manera continua como muestra la figura 2(b). Durante este proceso, los rodillos 5 están dispuestos inmediatamente debajo del molde 2, o, como en este caso, inmediatamente debajo de los rodillos de soporte 7, y son usados como rodillos de extracción. Una vez extraído hasta el límite de la máquina de colada continua, el cordón 3 es hecho parar con el fin de concluir la extracción. Los rodillos 5 son desplazados entonces al extremo inferior de la distancia de movimiento, como muestra la figura 2(c). Después, son mantenidos en espera hasta que la temperatura de la región central del cordón 3 y el grosor de la capa exterior solidificada 3a alcancen condiciones óptimas de laminación de reducción.

Una vez que el estado del cordón 3 ha alcanzado condiciones óptimas de laminación de reducción, los rodillos 5 son apretados contra el cordón 3 en la medida necesaria para que la reducción del cordón 3 alcance un valor predeterminado, y los rodillos 5 son hechos rotar en la dirección opuesta a la dirección de extracción, por lo que los rodillos 5 reducen el cordón 3 mientras son hechos subir a lo largo del eje del cordón 3, como muestra la figura 2(d). Cuando la capa exterior solidificada 3a contiene acero líquido 3b en su interior, el acero líquido 3b es impulsado a la parte superior en dirección al menisco a medida que los rodillos 5 son hechos subir mientras laminan el cordón 3 para su reducción, como muestra la figura 2(e). La cantidad de acero fundido impulsado no es tan grande cuando la sección transversal del cordón es circular como en el caso de una sección transversal diferente, aunque depende del tamaño del alma líquida en el momento de la reducción del cordón. La cantidad de acero fundido impulsado, en todo caso, se encuentra aproximadamente dentro de los límites de la capacidad del molde 2. Obviamente, si se hacen subir los rodillos 5 mientras se realiza la reducción una vez solidificado el cordón 3 hasta el alma de manera completa no habrá impulsión de acero líquido.

Al usar la unidad laminadora de reducción movable 4 para reducir el cordón 3 del modo descrito resulta posible laminar todo el cordón 3 para su reducción y aplastar cavidades de eje geométrico y porosidad de manera eficaz, independientemente del tamaño de la sección transversal del cordón 3. La laminación del cordón 3 para su reducción puede ser realizada de manera continua o bien de manera intermitente solo en partes que tengan que ser reducidas.

Las condiciones de laminación del cordón 3 para su reducción pueden variarse al cambiar la velocidad con la que los rodillos 5 son hechos subir. Por ejemplo, si la velocidad de subida de los rodillos 5 y la velocidad de extracción del cordón 3 son iguales, todo el cordón 3 es sometido a las mismas condiciones de reducción. La razón se explica como sigue. Una vez iniciada la laminación de reducción al hacer subir los rodillos 5 la solidificación del acero líquido dentro del cordón 3 sigue haciendo disminuir gradualmente el alma líquida. Cuando la velocidad de subida de los rodillos 5 se iguala con la velocidad de extracción del cordón 3, el tiempo entre colada y reducción es constante en cualquier posición de reducción y por tanto el tamaño del alma líquida se mantiene sustancialmente constante en todas las posiciones de reducción. Debe señalarse que la velocidad con la que se hacen subir los rodillos 5 no tiene por qué ser necesariamente igual a la velocidad de extracción del cordón 3.

Cuando el objeto de inhibición es solo la formación de cavidades de encogimiento y cavidades de eje geométrico debajo del menisco, los rodillos 5 pueden ser hechos subir hasta una posición predeterminada cercana al extremo inferior del molde 2 sin laminar el cordón 3 para su reducción, y después, desde esa posición, los rodillos 5 pueden llevar a la práctica dicha laminación de reducción del cordón 3 mientras son hechos subir hasta una posición predeterminada superior. De manera recíproca, los rodillos 5 pueden ser hechos subir a la posición predeterminada superior de encima de la posición predeterminada cercana al extremo inferior del molde 2 sin laminar el cordón 3 para su reducción, y después, desde esa posición, los rodillos 5 pueden llevar a la práctica dicha laminación de reducción del cordón 3 mientras son hechos bajar a la posición predeterminada cercana al extremo inferior del molde 2.

Mediante las operaciones anteriores se concluye un proceso completo desde la extracción del cordón hasta su laminación de reducción al hacer subir los rodillos. Así pues, puede realizarse una colada subsiguiente por repetición del proceso mostrado en la figura 2 una vez extraído el cordón.

Como ha sido descrito en lo que antecede, el uso de rodillos móviles hace posible colar un cordón con buena calidad interior sin reemplazar la máquina de colada continua, independientemente del tamaño de sección transversal del cordón, con un coste de equipos bajo y sin deterioro de la calidad superficial. El procedimiento, por otro lado, al consistir en una colada continua permite colar cordones con rendimientos productivos más altos que los conseguidos mediante procedimientos de lingotes.

En lo que antecede ha sido descrito un procedimiento de colada continua que usa una máquina de colada continua de tipo vertical, pero las máquinas a las que la presente invención es aplicable no se limitan a las de tipo vertical. La presente invención puede ser aplicable también a otras formas de máquinas de colada continua, tales como las de tipo vertical con curvatura o las de tipo curvado en forma de arco, siempre que presenten una sección en la que la colada pueda ser realizada en dirección vertical descendente desde inmediatamente debajo del molde.

Esta colada es aplicada de modo preferido a un cordón con sección transversal circular. Cuando un cordón con esta sección transversal es laminado mediante un par de rodillos planos para su reducción, la capa exterior solidificada que excluye las partes que estén en contacto con el par de rodillos no se deforma mucho y, en consecuencia, la deformación de solo las partes que estén en contacto con el par de rodillos es suficiente para inhibir las cavidades de eje geométrico y la porosidad que se forman en una región central del cordón. Por tanto, es posible aplastar de modo eficaz cavidades de eje geométrico y porosidad con una fuerza de reacción menor a la laminación de reducción.

Por otro lado, cuando una unidad laminadora de reducción movable ha de ser incluida en una máquina de colada continua es muy difícil instalar rodillos de soporte de cordón y guías de rodillos que incluyen los rodillos de soporte previstas en máquinas de colada continua por interferir geoméricamente con la unidad laminadora de reducción movable. Si no hay instalados rodillos de soporte puede abombarse el cordón por la presión estática del acero líquido de su interior aplicada a la capa exterior solidificada. Pero cuando la sección transversal del cordón es circular, la probabilidad de abombamiento puede reducirse en cierta medida aun cuando la capa exterior solidificada esté sometida a la presión estática del acero fundido en ausencia de rodillos de soporte.

La laminación para reducir un cordón puede realizarse en un estado en el que siga existiendo alma líquida en el cordón o en un estado en el que el cordón esté completamente solidificado. En función de la calidad del acero al que se aplique la colada, puede producirse agrietamiento interno en el cordón cuando sea laminado para su reducción con alma líquida interior. En tal caso la reducción puede realizarse una vez que el cordón esté completamente solidificado. Las cavidades de eje geométrico y la porosidad que se producen con algunas calidades de acero no son relativamente grandes y, por tanto, en estos casos, su aplastamiento puede conseguirse de manera suficiente igualmente mediante laminación de reducción después de la solidificación completa.

Ejemplos

Para verificar los efectos ventajosos del método para colar de manera continua un cordón de la presente invención, se hicieron los ensayos de colada (un ensayo preliminar y un ensayo final) que siguen.

5 1. Ensayo preliminar

1-1. Condiciones de ensayo

Un cordón de pequeño tamaño, con un diámetro de 300 mm y una longitud de 1800 mm, fue colado, siendo seleccionado un acero con 13% de Cr, que tiene tendencia a presentar un alto grado de cavidades de eje geométrico y porosidad. Se usó una máquina de colada continua del tipo mostrado en la figura 1. No fueron dispuestos rodillos de soporte para soportar la capa exterior solidificada del cordón. La unidad laminadora de reducción móvil incluía rodillos con un diámetro de 450 mm de hasta 100 t de fuerza laminadora y un par de laminación máximo de 50 t·m. La velocidad de elevación de la unidad laminadora de reducción móvil se estableció en 0,8 m/min, y una vez concluida la colada del cordón en la longitud completa se llevó a la práctica la laminación de reducción de todo el cordón. La reducción del diámetro del cordón en la dirección de laminación fue de entre 20 a 70 mm. Ha de señalarse que la sección transversal del cordón fue aplanada como resultado de la laminación de reducción.

El diámetro del alma líquida en las posiciones de laminación de reducción fue de 70 mm o 110 mm. Estos valores fueron determinados por definición de la interfaz sólido-líquido mediante una isoterma correspondiente a una fracción sólida de 0,8. La posición de la interfaz en la que la fracción sólida era igual a 0,8 fue determinada mediante análisis de transmisión de calor variable y solidificación unidimensional de la sección transversal cilíndrica. Los resultados del cálculo fueron comparados con los resultados de la medición de la temperatura de la superficie del cordón, la medición de la temperatura en el interior del cordón mediante un termopar y la medición del diámetro de alma líquida por adición de un trazador tal como S, confirmando de esa manera la adecuada precisión del análisis.

1-2. Resultados del ensayo

Concluido el ensayo, cada cordón fue cortado de manera que la sección longitudinal por el centro del cordón quedó expuesta. Una vez rectificadas y pulidas las superficies cortadas se investigó la formación de cavidades de eje geométrico, porosidad y cavidades de encogimiento. Estos defectos tenían aspecto de huecos en la sección del cordón y su importancia se calculó como porcentaje de superficie con huecos (fracción con huecos) de toda la superficie de la sección transversal. La fracción con huecos fue dividida por la fracción con huecos de un cordón no sometido a laminación de reducción mediante rodillos colado separadamente del cordón laminado para su reducción (denominado en lo que sigue "cordón no sometido a laminación de reducción"), y el resultado fue definido como fracción de superficie con defectos y fue usado como índice del grado de formación de defectos. La superficie con huecos fue medida usando software de análisis de imágenes y fotografías multiuso, pero otros medios podrían ser usados para la medición.

La figura 3 es un gráfico que muestra la fracción de superficie que presenta defectos en función de la razón entre valor de reducción y diámetro de alma líquida del cordón (reducción/diámetro de alma líquida), mostrando la figura 3(a) los resultados obtenidos en una región constante y la figura 3(b) los resultados obtenidos en una parte superior del cordón. La parte superior del cordón se refiere a una región en la que hay formadas cavidades de eje geométrico y cavidades de encogimiento en el caso de un cordón no sometido a laminación de reducción, y en el caso de un cordón sometido a laminación de reducción se refiere a una región que corresponde a la región de un cordón no sometido a laminación de reducción en la que hay formadas cavidades de eje geométrico y cavidades de encogimiento. La región constante se refiere a una región distinta de la parte superior del cordón.

Como muestra la figura 3(a), se ha encontrado que el aumento de la razón entre valor de reducción y diámetro de alma líquida permite conseguir una reducción significativa de cavidades de eje geométrico y porosidad. En la figura 3(b) se observa que en la parte superior de un cordón la reducción de defectos es aún mayor que en una región constante.

2. Ensayo final

2-1. Estudio de condiciones de colada

A partir de los resultados del ensayo preliminar fueron estudiadas las condiciones de colada de un caso en el que la cantidad de acero fundido fue aumentada, a modo de ensayo final. Fue colado un cordón con un diámetro de 800 mm y una longitud de 10 m, siendo seleccionado un acero con 13% de Cr. La cantidad de acero fundido usado en la colada de este cordón fue de aproximadamente 40 t. Esto equivaldría a la cantidad requerida para colar cuatro lingotes mediante un procedimiento típico de lingotes (cantidad de acero fundido: 10 t). En coladas de lingotes típicas, la alimentación mediante un alimentador se usa para impedir la formación de cavidades de encogimiento y cavidades de eje geométrico en la parte superior del lingote. La alimentación requiere acero fundido en proporción del 10% de la masa del lingote por cada lingote, esto es, 4 t de acero fundido adicionales. Una vez colado el lingote,

una parte alimentada ha de ser separada por corte, lo que significa una pérdida en la que no incurren los procedimientos de colada continua.

5 La máquina de colada continua usada era del tipo mostrado en la figura 1. Se usó un molde de cobre enfriado por agua con un diámetro de 800 mm y una longitud de 800 mm. Inmediatamente debajo del molde estaban previstos rodillos de soporte, siendo 800 mm la longitud de la región de soporte. La unidad laminadora de reducción móvil incluía rodillos de 650 mm de diámetro. El enfriamiento del cordón se realizó mediante pulverización de agua con un caudal de 0,2 l por kg de acero. El cordón fue extraído con una velocidad de colada de 0,25 m/min, y la extracción fue interrumpida con una longitud de cordón de 10 m. Las demás condiciones del ensayo fueron iguales que las del ensayo preliminar descrito en lo que antecede.

10 De acuerdo con los análisis de transmisión de calor y solidificación realizados en las condiciones de colada continua antedichas, la temperatura superficial del cordón estimada cuando la extracción fue interrumpida era de aproximadamente 1220° C a 4 m del menisco del molde en la dirección de colada, y aproximadamente 980° C a 10 m. El diámetro de alma líquida en ese momento fue estimado en aproximadamente 620 mm a 4 m del menisco y 500 mm a 10 m, siendo usada la fracción sólida de 0,8 como referencia. A partir de los resultados del análisis, el valor de la reducción del cordón realizada mediante la unidad laminadora de reducción móvil fue establecido en 225 mm, y la velocidad de subida de dicha unidad laminadora de reducción móvil fue establecida en 0,25 m/min. La velocidad con la que se hicieron subir los rodillos fue la misma que la velocidad de extracción del cordón y por tanto las condiciones de laminación de reducción (el diámetro de alma líquida y la temperatura superficial del cordón en la posición sometida a laminación de reducción) fueron uniformes en todo el cordón.

15 En la posición que había de ser sometida a laminación de reducción el diámetro de alma líquida era aproximadamente 500 mm y la temperatura superficial 980° C cuando dicha laminación de reducción fue iniciada. Cuando el valor de reducción era 225 mm con respecto al diámetro de alma líquida de 500 mm, el valor de la razón entre grado de reducción y diámetro de alma líquida era igual a 0,45. Se estima a partir de la figura 3, que muestra los resultados del ensayo preliminar, que la fracción de superficie con defectos se reduce de manera significativa tanto en la región constante como en la parte superior del cordón, siendo respectivamente, 20% y 4,8%. El diámetro de los rodillos incluidos en la unidad laminadora de reducción móvil era 650 mm, y la resistencia a la deformación del acero con un 13% de Cr que fue colado, era 6 kgf/mm². De esta manera, suponiendo un ángulo de contacto entre rodillo y cordón de 32°, se requería una fuerza de laminación de 650 t.

30 2-2. Resultados del ensayo

Los cordones colados en las condiciones antedichas tenían menos cavidades de eje geométrico, porosidad y cavidades de encogimiento que los colados sin unidad laminadora de reducción móvil y presentaban por tanto buena calidad interna y superficial. Fueron conseguidos rendimientos productivos más altos que en el caso de la colada de lingotes de tamaño comparable realizada mediante el procedimiento de lingotes.

35 Aplicabilidad industrial

Mediante el método para colar de manera continua un cordón de acuerdo con la presente invención resulta posible reducir de manera significativa cavidades de eje geométrico, porosidad y cavidades de encogimiento independientemente del tamaño de la sección transversal del cordón, y, también, colar un cordón con rendimiento productivo alto usando una máquina de colada continua cuyo coste de equipos es bajo, sin deterioro de la calidad superficial.

Lista de números de referencia

- 1: recipiente de colada
- 2: molde
- 3: cordón
- 45 3a: capa exterior solidificada
- 3b: acero líquido
- 4: unidad laminadora de reducción móvil
- 5: par de rodillos
- 6: bastidor
- 50 7: rodillos de soporte
- 8: unión universal

9: gran reductor de velocidad

10: árbol intermedio

REIVINDICACIONES

1. Un método para colar de manera continua un cordón (3), caracterizado por que comprende:
- 5 usar un par de rodillos (5) configurados para cumplir de manera intercambiable la función de guía y soporte del cordón (3) y la función de laminación para la reducción del cordón (3), y para ser movidos en dirección vertical a lo largo del cordón (3) debajo de un molde (2)
- por el que, mientras el cordón (3) es extraído, el par de rodillos (5) son mantenidos en condición de parada y guían y soportan el cordón (3), y una vez concluida la extracción del cordón (3), el par de rodillos (5) son movidos en dirección vertical y de manera correspondiente laminan el cordón (3) parado para su reducción.
- 10 (2) El método para colar de manera continua un cordón (3) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que el movimiento de los rodillos (5) mientras laminan el cordón (3) para su reducción se realiza en dirección vertical ascendente.
- (3) El método para colar de manera continua un cordón (3) de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 2, caracterizado por que la sección transversal del cordón (3) es circular.
- 15 (4) El método para colar de manera continua un cordón (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, por el que la laminación del cordón (3) para su reducción se realiza de manera continua o bien de manera intermitente solo en partes que tengan que ser reducidas.
- (5) El método para colar de manera continua un cordón (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, por el que la velocidad de subida de los rodillos (5) se establece de manera que sea igual a la
- 20 velocidad de extracción del cordón (3).

FIG.1

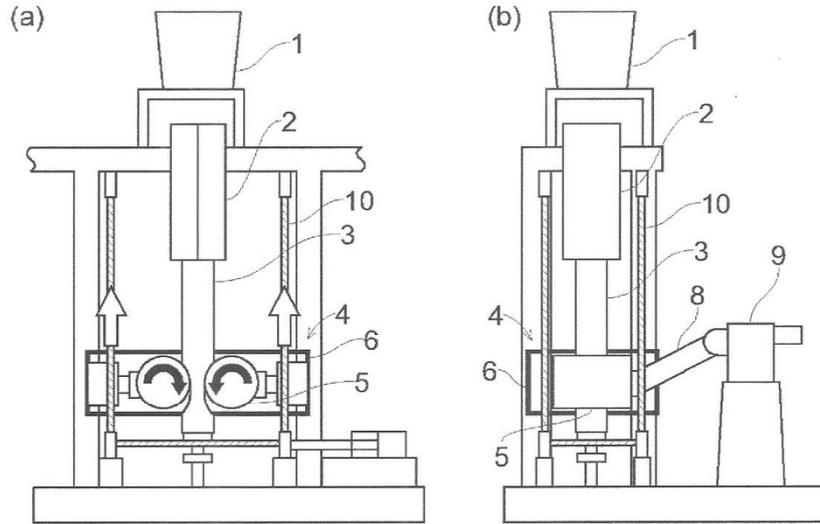


FIG.2

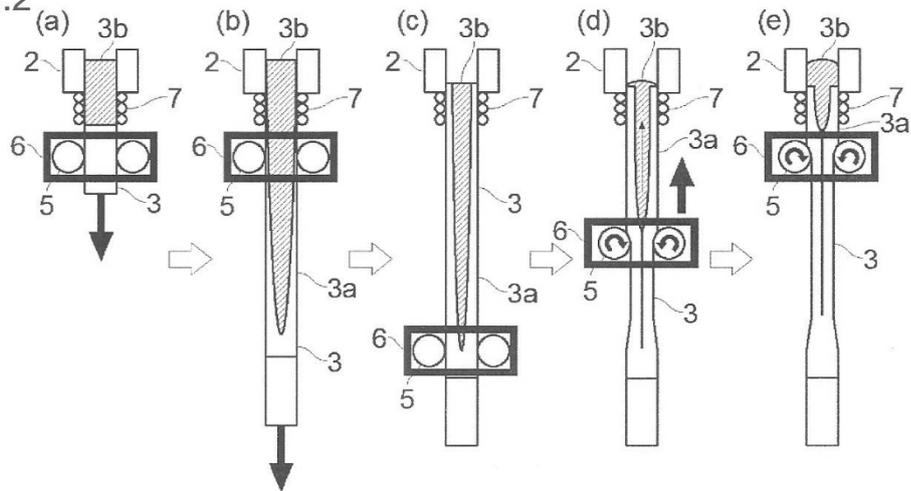
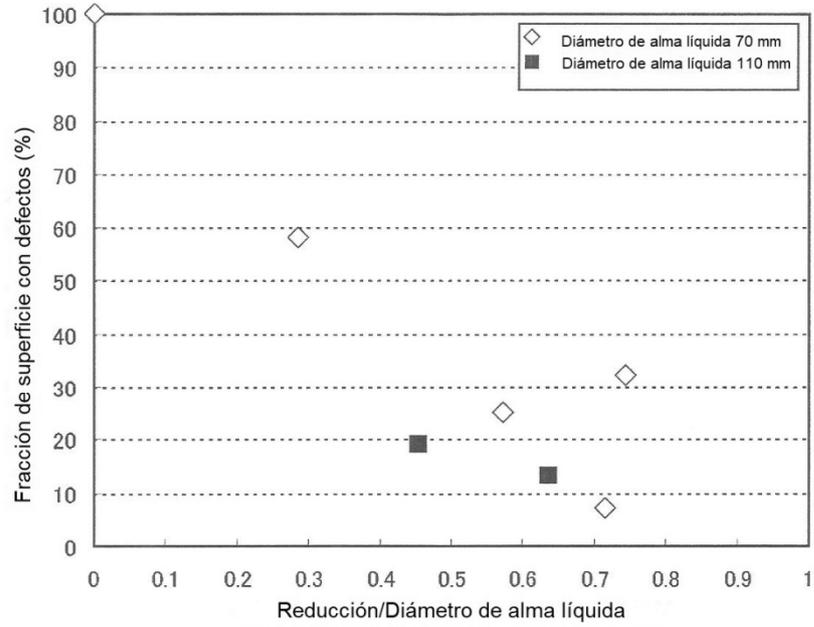


FIG.3
(a)



(b)

