

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 943**

51 Int. Cl.:

B22D 11/128 (2006.01)

B22D 11/12 (2006.01)

B22D 11/114 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.07.2008 PCT/JP2008/063049**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.02.2009 WO09019969**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.07.2008 E 08791358 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2174734**

54 Título: **Vibrador de martilleo en colada continua**

30 Prioridad:

08.08.2007 JP 2007207039

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

07.11.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

MURAKAMI, TOSHIHIKO;
YAMANAKA, AKIHIRO y
KOGA, NORIKAZU

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 688 943 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

Vibrador de martilleo en colada continua

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un equipo de vibración por impacto que impacta en el lado estrecho de un planchón de colada durante una colada continua, con el fin de evitar la aparición de una segregación central.

10 **Antecedentes de la invención**

La macrosegregación en forma de segregación central o segregación en forma de V se produce fácilmente en la región central y las proximidades de la misma en la dirección del espesor en un planchón de colada continua. La macrosegregación también se denomina a continuación defecto interno. La segregación central es un defecto interno que se produce cuando elementos de soluto, tales como C, S, P, Mn y similares (denominados a continuación elementos de segregación), que segregan fácilmente, aumentan su concentración en el extremo de cráter de un planchón de colada. La segregación en forma de V es un defecto interno que se produce cuando estos elementos de segregación aumentan su concentración en forma de V en la sección longitudinal de un planchón de colada en las proximidades del extremo de cráter de un planchón de colada.

Cuando los planchones en los que se produce tal macrosegregación se procesan en caliente para formar productos, tiende a producirse una disminución de la tenacidad y un agrietamiento inducido por hidrógeno. Además, cuando estos productos se someten a trabajo en frío para formar los productos finales, se produce fácilmente el agrietamiento.

El mecanismo de la formación de segregación en planchones de colada está pensado para operar de la siguiente manera. A medida que progresa la solidificación, se forman elementos de segregación entre los brazos de dendrita de los cristales columnares que componen la estructura de solidificación. El acero fundido que contiene estos elementos de segregación enriquecidos fluye hacia fuera entre los brazos de dendrita de los cristales columnares como resultado de la contracción por solidificación del planchón o como resultado de la expansión del planchón de colada. Esto se conoce como abombamiento. El acero fundido enriquecido fluye y se mueve hacia el punto de solidificación completa del extremo de cráter del planchón, y se solidifica para formar una zona enriquecida de elementos de segregación. Las zonas enriquecidas de los elementos de segregación formados de esta manera dan como resultado la segregación.

Tal segregación en planchones de colada se evita eficazmente impidiendo la migración del acero fundido con los elementos de segregación enriquecidos restantes entre los brazos de dendrita de los cristales columnares, y evitando que el acero fundido enriquecido se acumule localmente.

En consecuencia, en la referencia de patente 1 se desvela un método para disponer un martillo de aire entre unos rodillos dispuestos en el extremo ancho del planchón durante la colada continua, con el fin de transmitir una vibración por impacto de 10-100 veces/min a una amplitud de aproximadamente 2,0 mm o menos al planchón a medida que se mueve entre los rodillos.

Referencia de patente 1: solicitud de patente japonesa kokai número de publicación S51-128631

En la referencia de patente 2, el presente solicitante desvela un método de colada en el que las vibraciones se aplican a un planchón en una posición que tiene una sección transversal rectangular y que contiene un núcleo líquido, mientras que el planchón se está reduciendo por una pluralidad de rodillos de guía emparejados usados para la reducción. Este método proporciona un impacto continuo en al menos un sitio sobre la superficie del planchón de colada dentro de la región de reducción.

Referencia de patente 2: solicitud de patente japonesa kokai número de publicación 2003-334641

El método reivindicado en la referencia de patente 2 provoca el abombamiento del planchón en una posición que contiene un núcleo líquido y reduce este abombamiento del planchón con al menos un par de rodillos de reducción hasta que se ha completado la solidificación en la región central en la dirección del espesor. La referencia de patente 2 desvela, además, un método de colada, de tal manera que cuando se produce lo anterior, se aplica un impacto al planchón. De acuerdo con este método, al menos un sitio en la superficie de planchón se impacta continuamente dentro de una región en la dirección de la colada o dentro de la región de reducción en la dirección de la colada, después de que comience el abombamiento y antes de que comience la reducción.

El documento JP 2002-273554 desvela que cuando se moldea el planchón de colada que tiene una forma de sección transversal rectangular, la colada se realiza a la vez que se hace vibrar el planchón de colada golpeando continuamente la superficie de lado corto del planchón de colada que contiene la parte no solidificada con un dispositivo de vibración por golpeo.

El documento JP 2006-110620 desvela un método para la colada continua de acero en el que, cuando se moldea un planchón de colada que tiene una forma de sección transversal rectangular, el planchón de colada se moldea a la vez que se hace vibrar el planchón de colada aplicando golpes continuos contra al menos una parte de las superficies de lado corto del planchón de colada que incluyen una parte no solidificada.

5

Divulgación de la invención

Problema a resolver por la invención

10 Sin embargo, en el método desvelado en la referencia de patente 1, se producen los siguientes problemas graves cuando se intenta lograr una disminución significativa de la segregación central.

15 Se produce fácilmente un abombamiento del planchón entre los rodillos dispuestos en el lado ancho del planchón. Cuando se aplica una vibración por impacto en el lado ancho del planchón abultado, no puede aplicarse una vibración de gran amplitud a la región central en la dirección del espesor del planchón. Además, el martillo neumático debe disponerse entre los rodillos, lo que provoca una interferencia no deseada con la posición de pulverización para el enfriamiento secundario del planchón entre los rodillos. En consecuencia, no puede aplicarse un impacto continuo cuando se tiene como objetivo realizar un enfriamiento secundario óptimo. También es difícil que se propague la suficiente energía de impacto a través del planchón a una vibración por impacto de 10-100 veces/min.

20

El método de la referencia de patente 2 evita con eficacia la segregación en un planchón. Sin embargo, como resultado de la investigación posterior, los inventores han determinado que hay casos en los que la segregación no se reduce lo suficiente, dependiendo de la forma del planchón.

25

La razón de esto es que, cuando el impacto sobre un planchón se realiza desde el lado estrecho del planchón, si la anchura del planchón es grande, entonces las vibraciones por impacto no se propagan lo suficiente al interior del planchón en las proximidades de la región central en la dirección de la anchura. En tales casos, los cristales columnares no se rompen durante su crecimiento, lo que permite que crezcan los cristales columnares y se haga imposible formar una estructura cristalina fina. Además, el impacto no se propaga lo suficiente a los cristales equiaxiales formados en las proximidades del extremo de cráter del planchón en la región central en la dirección de la anchura, por lo que se produce fácilmente una solidificación prematura de los cristales equiaxiales.

30

Por cierto, en las condiciones de ensayo ofrecidas en los párrafos 0039-0041 de la referencia de patente 2 [amplitud de impacto de $\pm 3,0$ mm; frecuencia de impacto de 120 veces/min (2 Hz); y dimensiones de bloque de 200 mm x 100 mm x 400 mm (62,4 kg cuando se convierte en peso)], la energía de impacto es de 7,8 J cuando la velocidad de impacto es de 0,5 m/s.

35

El problema a resolver por la presente invención es que en el caso de la técnica anterior, cuando el impacto se transmite desde el lado estrecho del planchón durante la colada continua, hay casos en los que es imposible evitar eficazmente la aparición de la segregación, tal como la segregación central y la segregación en forma de V cuando la anchura del planchón se hace grande.

40

Medios para resolver este problema

45

La presente invención proporciona una máquina de colada continua para la colada continua de un metal en la que se instala un equipo para la reducción suave continua por rodillos de arrastre durante la colada continua de un planchón que tiene una sección transversal rectangular cuando la fracción sólida en el centro de la dirección del espesor f_s está al menos en un intervalo de 0,1-0,9, y la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada, estando el equipo destinado a impactar continuamente en los dos lados opuestos de un lado estrecho del planchón en la dirección de la anchura del planchón en al menos un sitio donde una fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s está dentro de un intervalo de 0,1-0,9 a una frecuencia de vibración por impacto de 4-12 Hz, y una energía de impacto de 30-150 J, comprendiendo el equipo:

50

un bloque para impactar en un lado estrecho del planchón;

un dispositivo de impacto para transmitir el impacto periódico generado al bloque; y

un dispositivo de control de posición para ajustar la distancia entre el bloque y el lado estrecho del planchón,

55

teniendo el dispositivo de control de posición una estructura que permite el ajuste de un hueco entre un extremo delantero del bloque y el lado estrecho del planchón en una posición de retroceso del bloque en función del resultado de la detección de una posición de empuje del bloque en el lado estrecho del planchón, o una estructura para ajustar un hueco entre el planchón y el extremo delantero del bloque empujando una guía contra el planchón, caracterizado por que

60

el bloque tiene una estructura que le permite impactar de manera uniforme en al menos el lado estrecho del planchón como una sola unidad usando una placa de impacto dispuesta entre dos conjuntos de rodillos de arrastre emparejados dispuestos adyacentes entre sí en una zona de reducción suave formada por un conjunto

65

de rodillos de arrastre emparejados en una pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre emparejados.

La fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s puede obtenerse a partir de la temperatura de liquidus T_L , la temperatura de solidus T_S y la temperatura en el centro de espesor de planchón T , usando la fórmula $f_s = (T_L - T) / (T_L - T_S)$. Cuando la temperatura en el centro de espesor de planchón T es mayor o igual que la temperatura de liquidus T_L del acero fundido, entonces $f_s = 0$, y cuando la temperatura en el centro de espesor de planchón T es menor que la temperatura de solidus T_S del acero fundido, entonces $f_s = 1,0$. La temperatura en el centro de espesor de planchón T puede obtenerse mediante un cálculo simple de transferencia de calor en estado no estacionario en la dirección del espesor del planchón. Este cálculo tiene en cuenta la velocidad de colada, el enfriamiento de superficie de planchón y las propiedades físicas del tipo de acero usado en la colada.

Efectos ventajosos de la invención

De acuerdo con la presente invención, la aparición de la segregación, tal como la segregación central y la segregación en forma de V, se evita eficazmente incluso cuando se moldea un planchón con una gran anchura de planchón, dando como resultado un planchón de colada con buena calidad interna.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de rodillos de arrastre emparejados con dispositivos de impacto unidos según se ve desde la dirección del lado estrecho del planchón.

La figura 2 ilustra las posiciones relativas de un bloque de un dispositivo de impacto y un planchón, donde la figura 2(a) ilustra una posición de espera del dispositivo de impacto, la figura 2(b) ilustra un estado donde el bloque se empuja contra el lado estrecho de un planchón, y la figura 2(c) ilustra un estado donde el bloque ha retrocedido una cantidad predeterminada usando la posición de (b) como punto de partida.

La figura 3 ilustra las posiciones relativas de un bloque de otro dispositivo de impacto y un planchón, donde la figura 3(a) ilustra una posición de espera del dispositivo de impacto, la figura 3(b) ilustra un estado donde se hace que una guía de empuje haga contacto con el lado estrecho de un planchón, y la figura 3(c) ilustra un estado mientras se aplica la fuerza de impacto.

La figura 4 es una gráfica que ilustra la relación entre la longitud del planchón en la dirección de la colada y el espesor de núcleo líquido en una región donde la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor es de 0,1-0,9 para el acero con alto contenido de carbono.

La figura 5 es una gráfica que ilustra la relación entre la longitud en la dirección de la colada y el espesor de núcleo líquido en una región donde la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor es de 0,1-0,9 para acero con contenido de carbono medio.

La figura 6 es una representación que muestra los resultados experimentales.

Breve descripción de los números de referencia

1	Planchón de colada
2a, 2b	Rodillos de arrastre
3	Bloque
3a	Placa de impacto
6	Dispositivo de impacto
7	Dispositivo de control de posición
8	Guía de empuje

Realizaciones preferidas

Al impactar en un planchón desde el lado estrecho del planchón durante una colada continua, si el planchón tiene una anchura grande, hay casos en los que la aparición de la segregación, tal como la segregación central y la segregación en forma de V, no puede evitarse eficazmente. La presente invención supera este problema por medio de una estructura de bloque que está habilitada para impactar uniformemente, de manera continua, al menos en el lado estrecho del planchón como una sola unidad entre dos conjuntos de rodillos de arrastre emparejados adyacentes entre sí.

Ejemplos

Las realizaciones preferidas para implementar la presente invención se describen en detalle a continuación, junto con el proceso que conduce a la formación de la invención.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando el impacto en un planchón se realiza desde el lado estrecho del planchón, si la anchura del planchón es grande, entonces las vibraciones por impacto no se propagan lo suficiente al interior del planchón en las proximidades de la región central, como se ve en la dirección de la anchura. En tales casos, los cristales columnares no se rompen durante su crecimiento. Esto permite que los cristales columnares crezcan, y hace imposible formar una estructura cristalina fina y evita que se logre un efecto de disminución de segregación suficiente. Además, el impacto no alcanza suficientemente los cristales equiaxiales formados en las proximidades del extremo de cráter del planchón en la región central en la dirección de la anchura. Por lo tanto, se produce fácilmente una solidificación prematura de los cristales equiaxiales y no se logra un efecto de disminución de segregación suficiente.

En consecuencia, los inventores han realizado experimentos repetidos en la aplicación de impactos desde los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón que contiene un núcleo líquido, con el fin de evitar la aparición de una segregación central o una segregación en forma de V. Usando estos experimentos, los inventores han investigado cómo aplicar impactos desde el lado estrecho del planchón de manera que las vibraciones por impacto se propaguen lo suficiente hacia el interior del planchón en las proximidades de la región central en la dirección de la anchura del planchón.

Como resultado, los inventores han descubierto que existen frecuencias de impacto y energías de impacto que producen un efecto de vibración por impacto cuando la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s en un intervalo de 0,1-0,9. Además, los inventores han descubierto que aplicar un impacto dentro de casi todo este intervalo es muy eficaz para disminuir la segregación.

Los inventores también han desvelado un método para la colada continua de acero en el que se realiza una reducción suave cuando los planchones de colada tienen una sección transversal rectangular, con la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s dentro de un intervalo de 0,1-0,9 (solicitud de patente japonesa n.º 2006-53057). Al realizar una reducción suave, este método aplica un impacto continuo en la dirección de la anchura del planchón al menos en un sitio donde la fracción sólida f_s está dentro de este intervalo.

Cuando se implementa este método, la reducción suave se realiza de manera continua con una relación de reducción en la dirección del espesor del planchón de menos del 1 % por metro en la dirección de la longitud de la colada. Además, los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón se impactan continuamente en la dirección de la anchura del planchón a una frecuencia de vibración por impacto de 4-12 Hz y a una energía de impacto de 30-150 J.

En la solicitud de patente japonesa n.º 2006-53057 se desvela un equipo para implementar el método anterior. Este equipo es un equipo de vibración por impacto que tiene una estructura que le permite impactar uniformemente como una sola unidad en toda la superficie del lado estrecho del planchón en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón, respectivamente, en al menos un segmento entre los segmentos formados por una pluralidad de rodillos de guía.

Dependiendo de las características de la máquina de colada continua, hay casos en los que la reducción suave en la colada continua de acero no se realiza en segmentos formados por una pluralidad de rodillos de guía, sino más bien, por un conjunto de rodillos de arrastre.

Cuando los inventores realizaron ensayos de impacto sobre un conjunto de rodillos de arrastre en el método de colada continua de acero desvelado en la solicitud de patente japonesa n.º 2006-53057, fueron capaces de obtener efectos satisfactorios similares a cuando el impacto se aplicó a los segmentos descritos anteriormente.

Cuando se aplica un impacto a un conjunto de rodillos de arrastre, la estructura es más simple que cuando se aplica el impacto a los segmentos, como se muestra en la tabla 1 a continuación. Esta estructura también proporciona ventajas en que es fácil garantizar un espacio de instalación y es fácil realizar el mantenimiento del equipo.

TABLA 1

	Reducción de rodillos de arrastre	Reducción de segmentos
Mecanismo	Reducción de rodillos única	Reducción uniforme de rodillos múltiple
Estructura	No es necesario considerar la rigidez del bastidor de reducción (simple)	Debe considerarse la rigidez del bastidor de reducción (complejo)
Control	El control incluye contrafuerzas de flexión y enderezamiento	Control de contrafuerzas de reducción
Posición de transmisión de impacto	Última mitad de la longitud de la máquina	Centro de la última mitad de la longitud de la máquina
Espacio de instalación	Es fácil garantizar el espacio (fácil realizar el mantenimiento)	Es difícil garantizar el espacio (difícil realizar el mantenimiento)

El equipo de vibración por impacto para la colada continua de la presente invención se basa en los hallazgos anteriores. Este equipo realiza continuamente una reducción suave durante la colada continua de un planchón que tiene una sección transversal rectangular, de manera que la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s es de al menos 0,1-0,9 y la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada. El equipo impacta continuamente en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón en la dirección de la anchura del planchón en al menos un sitio donde la fracción sólida en el centro del planchón en la dirección del espesor f_s está dentro de un intervalo de 0,1-0,9 a una frecuencia de vibración por impacto de 4-12 Hz y una energía de impacto de 30-150 J.

Este equipo comprende:

un bloque que impacta en un lado estrecho de un planchón de colada;
 un dispositivo de impacto que genera un impacto periódico y transmite el impacto al bloque; y
 un dispositivo de control de posición para ajustar la distancia entre el bloque y el lado estrecho del planchón, en el que el bloque tiene una estructura que le permite impactar uniformemente, como una sola unidad, en el lado estrecho del planchón colocado entre al menos dos conjuntos de rodillos de arrastre emparejados dispuestos adyacentes entre sí en una zona de reducción suave formada por rodillos de arrastre emparejados en una pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre, y
 en el que el dispositivo de control de posición ajusta un hueco entre un extremo delantero del bloque y el lado estrecho del planchón en una posición de retroceso del bloque, después de detectar la posición de empuje del bloque en el lado estrecho del planchón, o realiza el control de posición mientras se empuja una guía que ajusta el hueco entre el planchón y el extremo delantero del bloque.

El equipo de vibración por impacto para la colada continua de un planchón de la presente invención incluye un planchón de colada 1, que se solidifica y moldea en un molde y se dispone en el lado descendente en la dirección de la colada, y un bloque 3 que está dispuesto entre una pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b, como se muestra en la figura 1.

En la figura 1, el número de referencia 3 representa un bloque que impacta en el lado estrecho del planchón de colada 1. Este bloque 3 tiene una estructura que posee una placa de impacto 3a dispuesta entre al menos dos conjuntos adyacentes de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b en la pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b. Esta estructura hace posible impactar uniforme y continuamente al menos en el lado estrecho del planchón 1 como una sola unidad en una posición entre dos conjuntos de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b dispuestos adyacentes entre sí. Desde el punto de vista de la durabilidad y la resistencia al calor, es deseable que se moldee este bloque 3.

La solidificación prematura de cristales equiaxiales o similares se produce en las posiciones donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de la colada 1 es 0,1 o superior. Sin embargo, la solidificación prematura puede volver a producirse si el impacto no detiene por completo la solidificación prematura. Por lo tanto, es deseable implementar minuciosamente un impacto continuo en un intervalo donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada 1 sea 0,4 o superior, y es deseable impactar en toda la longitud entre la pluralidad de pares de los pares de rodillos de arrastre 2a, 2b.

Además, la fracción sólida que varía entre 0,1 y 0,9 en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada está dentro de un intervalo relativamente amplio, y la posición descrita anteriormente cambia constantemente durante la operación de colada real, como se describe a continuación. Por lo tanto, hay casos en los que es suficiente el impacto entre dos conjuntos adyacentes de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b. También hay casos en los que se necesita un impacto entre tres conjuntos adyacentes de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b, como se muestra en la figura 1. Sin embargo, los costes de instalación serían excesivos si se requiriera que el equipo operara en todo el intervalo de la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada y que impactara sobre un área extensa. En consecuencia, el impacto se implementa entre tres conjuntos adyacentes de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b, por ejemplo, que se considera que es un intervalo que logrará el efecto de vibración por impacto.

En otras palabras, es crucial transmitir la vibración a través de un amplio intervalo de localizaciones en la dirección de la colada del planchón de colada 1 y, si es posible, es deseable que la longitud del bloque 3 en la dirección de la colada sea una longitud que permita el impacto sobre la región completa de la pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b. Sin embargo, en la práctica, los rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b se instalan y se retiran de la máquina de colada continua, por lo que deben ser lo más largos posible para permitir el impacto sin interferir con los diversos elementos de la máquina de colada continua.

Los rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b tienen una estructura que hace posible ajustar la cantidad de reducción y también eliminar la reducción suave a través del uso de un cilindro hidráulico 5, que habitualmente está unido a un bastidor superior 4.

El número de referencia 6 representa un dispositivo de impacto al que el bloque 3 se une en el extremo delantero. El dispositivo de impacto 6 genera un impacto periódico y transmite este impacto al bloque 3. Un cilindro de aire, por ejemplo, puede usarse con este fin. Este dispositivo de impacto 6 está dispuesto, por ejemplo, en dos lugares en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón 1 que contiene un núcleo líquido.

El número de referencia 7 representa un dispositivo de control de posición, que empuja el bloque 3 desde la posición de espera, mostrada en la figura 2(a), al lado estrecho del planchón 1 [véase la figura 2(b)]. Después de detectar la posición de empuje, el dispositivo de control de posición ajusta el hueco L (amplitud de impacto: aproximadamente 8 mm) entre la superficie de extremo delantero del bloque 3 y el lado estrecho del planchón 1, en la posición de retroceso del bloque 3 [véase la figura 2(c)].

El dispositivo de control de posición 7 no se limita a la estructura mostrada en la figura 2, y también puede tener la estructura mostrada en la figura 3. El dispositivo de control de posición 7 de la figura 3 ajusta el hueco L (amplitud de impacto: aproximadamente 8 mm) entre la superficie de extremo delantero del bloque 3 y el lado estrecho del planchón 1 haciendo que una guía de empuje 8 se mueva desde la posición de espera mostrada en la figura 3(a) a una posición donde hace contacto con el lado estrecho del planchón 1 [véase la figura 3(b)]. Mientras se realiza el impacto, como se muestra en la figura 3(c), este dispositivo de control de posición 7 crea un estado en el que la guía de empuje 8 se empuja contra el lado estrecho del planchón 1. Las condiciones para instalar la guía de empuje 8 se establecen de antemano, de manera que el hueco L entre el bloque 3 y el planchón de colada 1 tiene una longitud predeterminada.

En realidad, es necesario usar el lado estrecho del planchón 1 durante la colada como un estándar mientras se realiza el ajuste de posición, ya que el hueco L entre el bloque 3 y el lado estrecho del planchón de colada 1 depende de la anchura del planchón 1 que se está moldeando. Este hueco L afecta a la carrera del dispositivo de impacto 6. Si la carrera es insuficiente, entonces no puede garantizarse la velocidad de impacto durante el impacto y no puede producirse suficiente energía de impacto. Por lo tanto, cuando comienza el impacto, las posiciones relativas del bloque 3 y el lado estrecho del planchón 1 se ajustan en lo que se denomina posicionamiento.

Al usar el equipo de vibración por impacto de la presente invención, cuando la colada continua del planchón 1 tiene una sección transversal rectangular, se realiza de manera continua una reducción suave, de modo que la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s es al menos de 0,1-0,9, y la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada, y el equipo impacta continuamente en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón 1 en la dirección de la anchura del planchón en al menos un sitio donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está dentro de un intervalo de 0,1-0,9 con una frecuencia de vibración por impacto de 4-12 Hz y una energía de impacto de 30-150 J.

La siguiente es una explicación de la razón por la que la presente invención impacta continuamente en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón 1 en la dirección de la anchura del planchón en al menos un sitio donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está dentro de un intervalo de 0,1-0,9.

La razón es que, puesto que la solidificación prematura de cristales equiaxiales o similares se produce en las posiciones del planchón de colada 1 donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada 1 es 0,1 o superior, los cristales equiaxiales no se forman lo suficiente en las posiciones donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada es menor de 0,1, y el efecto de impacto sobre el planchón de colada 1 es pequeño. Otra razón es que si la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor del planchón de colada 1 supera 0,9, entonces el acero fundido líquido ya no vibra ni fluye fácilmente, por lo que la solidificación prematura de los cristales equiaxiales o los vacíos formados por solidificación prematura se vuelve difícil de romper al impactar en el planchón de colada 1.

La figura 4 es una gráfica que ilustra la longitud en la dirección de la colada y el espesor del núcleo líquido en una región donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor es 0,1-0,9 en el caso de acero con alto contenido de carbono con un espesor de 300 mm ($C = 0,40$ % en masa) cuando la colada continua se realiza en condiciones de colada donde la velocidad de colada es de 0,75 m/min, y la intensidad de enfriamiento específica en el enfriamiento secundario es de 0,8 L/kg.

Como se muestra en la figura 4, la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s en el intervalo de 0,1-0,9 mencionado en la presente invención forma una región larga en la dirección de la colada. Las flechas de doble punta mostradas en dos lugares en la figura 4 ilustran ejemplos de placas de impacto para transferir el impacto al planchón que están dispuestas en las posiciones respectivas, tomándose la distancia desde el lado de salida del molde.

El ejemplo de la placa de impacto de la figura 4 ilustra el impacto continuo en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón 1 en la dirección de la anchura del planchón, cuando la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está en el intervalo de 0,4-0,8.

La figura 5 es una gráfica que ilustra la longitud del planchón 1 medida en la dirección de la colada y el espesor del núcleo líquido en una región donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s es 0,1-0,9 en el caso

del acero con contenido de carbono medio con un espesor de 250 mm ($C = 0,06$ % en masa) cuando la colada continua se realiza en condiciones donde la velocidad de colada es de 1,0 m/min, y la intensidad de enfriamiento específica en el enfriamiento secundario es de 0,8 L/kg.

5 Las flechas de doble punta mostradas en los dos lugares en la figura 5 ilustran ejemplos de placas de impacto para transferir el impacto al planchón que están dispuestas en una posición a la distancia de estos dos lugares desde el lado de salida del molde. El ejemplo de la placa de impacto de la figura 5 ilustra el impacto continuo en los dos lados opuestos del lado estrecho del planchón 1 en la dirección de la anchura del planchón cuando la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está en el intervalo de 0,25-1,0, que también incluye el intervalo 0,25-0,9.

10 En la presente invención, se realiza continuamente una reducción suave en el planchón de colada, de manera que la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está en el intervalo 0,1-0,9 y de manera que la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada. La razón de esto es que cuando los inventores tomaron en consideración la cantidad de contracción por solidificación y la cantidad de contracción por calor al calcular el hueco entre rodillos (la cantidad del hueco entre rodillos que se aprieta en la dirección de la colada) de los rodillos de arrastre emparejados 2a, 2b, el intervalo eficaz para disminuir la segregación central es tal que la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro de aproximadamente el 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada.

20 Es decir, si la reducción se realiza con la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón superando considerablemente el 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada y en un intervalo de fracción sólida bajo, entonces la tensión en la interfaz de sólido-líquido aumenta mucho y se produce fácilmente un agrietamiento interno. Cuando la reducción suave se realiza de manera continua, el agrietamiento interno comienza a rebajarse, sin embargo, es suficiente si la reducción se realiza al menos en un nivel en el que se compensa la cantidad de contracción por solidificación. En este caso, la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón 1 está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada.

30 Además, en la presente invención, el lado estrecho del planchón se somete a un impacto continuo, en lugar del lado ancho del planchón. El planchón experimenta fácilmente un abombamiento entre los rodillos en el lado ancho, y si la vibración por impacto se aplica a un lado ancho abombado, entonces se promueve la fluctuación en el nivel superficial del acero fundido en el molde en el lado ascendente. Además, es imposible aplicar una vibración de gran amplitud al centro de espesor de planchón, ya que el planchón 1 está abombado. Además, la provisión de los medios de transmisión de impacto provoca el inconveniente de la interferencia con la posición de pulverización para el enfriamiento secundario del planchón entre los rodillos, lo que hace imposible aplicar un impacto de manera continua.

40 Por el contrario, si la vibración por impacto se aplica al lado estrecho del planchón, no se producirá un gran cambio en el volumen en comparación con el lado ancho, incluso si se produce un desencajamiento debido al impacto. Por lo tanto, no surgen los problemas descritos anteriormente, como ocurre en el caso cuando la vibración por impacto se aplica al lado ancho. Además, se producen pocos problemas de instalación cuando se configuran los medios de transmisión de impacto.

45 Por ejemplo, si la anchura del planchón se establece en 2.300 mm y la anchura del bloque 3 se establece en 200 mm, y si la vibración por impacto va a aplicarse al lado ancho del planchón, entonces el sitio donde puede aplicarse la vibración por impacto es 200 mm en la dirección de la colada. Por el contrario, si la vibración por impacto va a aplicarse al lado estrecho del planchón, el sitio donde puede aplicarse la vibración por impacto es del orden de 2.300 mm en la dirección de la colada, por ejemplo, siempre que la longitud de la placa de impacto se mantenga lo suficiente. Por lo tanto, si la vibración por impacto se aplica al lado estrecho del planchón, entonces el cambio de volumen es del orden de 1/11,5.

50 Además, en la presente invención, la razón por la que la frecuencia de vibración por impacto se establece en 4-12 Hz durante el impacto es que si la frecuencia de vibración por impacto es menos de 4 Hz, entonces la energía de impacto no se transmite lo suficiente al núcleo líquido del planchón, por lo que hay un efecto de disminución de segregación central.

55 Las frecuencias más altas son deseables desde el punto de vista de transmitir la energía de impacto, pero si se usa un sistema de cilindro de aire como un medio para transmitir la energía de impacto, entonces, se desarrollan turbulencias en la forma de onda de vibración a medida que aumenta la frecuencia de impacto. Además, cuando el planchón 1 sufre un impacto, se logran efectos suficientes si se aplica un impacto de hasta 12 Hz, dependiendo de las características de deformación del planchón 1. Además, si el operador tiene la intención de aumentar la frecuencia de impacto, debe elevarse la presión de suministro de aire, lo que presenta problemas con respecto al efecto de la presión de suministro de aire en el equipo periférico debido al impacto. Por lo tanto, el límite superior del intervalo dentro del que puede disminuirse la segregación central se establece en 12 Hz.

65 En la presente invención, la energía de impacto se establece en 30 J-150 J. Esto se debe a que si se aplica una energía de impacto superior a 150 J, entonces puede dañarse el equipo periférico instalado en la máquina de colada

continua. Si la energía de impacto se aplica por encima del nivel necesario, entonces puede verse comprometida la durabilidad del propio dispositivo de impacto 6.

5 Por otro lado, si la energía de impacto es menos de 30 J, entonces la vibración por impacto no se propaga lo suficiente desde el lado estrecho del planchón 1 al interior del planchón en las proximidades del centro en la dirección de la anchura del planchón.

10 La energía de impacto E (J) puede obtenerse a partir de la ecuación $E = 0,5 \times M \times V^2$, donde M (kg) es el peso del bloque 3, y V (m/s) es la velocidad de impacto del bloque 3 que se mueve hacia el planchón 1. Por lo tanto, la energía de impacto puede cambiarse o cambiando el peso del bloque 3 o cambiando la velocidad de impacto del bloque 3 que se mueve hacia el planchón 1. Sin embargo, la frecuencia de impacto es de especial importancia ya que la solidificación prematura no puede evitarse por completo, especialmente cuando hay una fracción sólida alta en la etapa final de solidificación, incluso si se aplica una energía de impacto alta varias veces por minuto.

15 El intervalo de la frecuencia de vibración por impacto establecido para la presente invención no cambia con desbastes o planchones de diferentes anchuras de planchón. Sin embargo, cambia la energía de impacto óptima, ya que pueden diferir los volúmenes de líquido contenidos por los desbastes y planchones.

20 Cuando se realiza una reducción suave durante la colada continua usando el equipo de vibración por impacto de la presente invención, en un intervalo desde el lado ascendente hasta el lado descendente en una posición donde se impacta la superficie del planchón 1, es deseable que la relación de reducción sea de 0,5-2,5 mm por metro de longitud en la dirección de la colada, donde la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s del planchón 1 es 0,1-0,9.

25 En consecuencia, en la presente invención, cuando el planchón 1 se somete a una reducción suave, las vibraciones debidas al impacto pueden propagarse lo suficiente al interior del planchón 1, aplicando al planchón 1 una vibración por impacto que cumpla las condiciones de impacto óptimas, haciendo de este modo posible lograr un efecto de disminución de segregación aún mayor.

30 **Ejemplos de trabajo**

A continuación se presenta una explicación de los resultados de los experimentos realizados para poner a prueba la presente invención.

35 Un dispositivo de impacto tal como el mostrado en la figura 1 se instaló en dos pares de rodillos de arrastre en la dirección de la colada. El acero con alto contenido de carbono con una composición mostrada en la tabla 2 a continuación se moldeó en forma de desbastes o planchones. El tamaño fue de 250-310 mm de espesor y 425 mm o 2.300 mm de anchura. La velocidad de colada se estableció en 0,70 m/min o 0,75 m/min.

40 TABLA 2

	[C]	[Si]	[Mn]	[P]	[S]	Residuo
Acero con alto contenido de carbono	0,26-1,00	0,02-2,00	0,10-3,00	0,08 o menos	0,02 o menos	Fe e impurezas
(Unidad: % en masa)						

45 Con la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor establecida en 0,1-0,9 durante la reducción suave, se sometió a los planchones a una reducción suave en una relación de 1,0 mm por metro de longitud en la dirección de la colada. Las condiciones uniformes se establecieron de tal manera que la intensidad de enfriamiento específica fue de 0,8 L/kg en un enfriamiento secundario.

50 Al usar un dispositivo de impacto de tipo cilindro de aire, dos sitios en ambos lados del lado estrecho de un planchón en una posición que contiene un núcleo líquido se impactaron de manera continua a una frecuencia de 4 Hz o 6 Hz (240 veces/min o 360 veces/min) de manera que la amplitud de las vibraciones en la superficie de impacto fue de ± 3 mm.

55 Las condiciones de impacto se establecieron de tal manera que el peso del bloque fue de 450 kg y la velocidad de impacto fue de aproximadamente 0,47 m/s o 0,71 m/s (la energía de impacto fue de 50 J o 114 J). La forma de la superficie del bloque unida al extremo delantero del dispositivo de impacto que entra en contacto con el desbaste o el planchón tenía una anchura en la dirección del espesor del planchón de aproximadamente 200 mm, y una longitud en la dirección de la colada de alrededor de 1.100 mm.

En los ensayos de colada, se retiraron muestras de planchón, y las piezas de ensayo se tomaron a partir de estas muestras en las posiciones correspondientes al espesor de una sección transversal y correspondientes al centro en

la dirección de la anchura, del orden de 10 mm en la dirección del espesor, incluido el centro en la dirección del espesor, 200 mm en la dirección de la anchura y 15 mm en la dirección de la colada.

- 5 Usando estas piezas de ensayo, se analizó la concentración de carbono retirando virutas de 26 sitios en las posiciones correspondientes al centro en la dirección del espesor del planchón, con una cuchilla de perforación de 2 mm de diámetro con un paso de 7 mm. La concentración de carbono resultante (% en masa) se dividió por la concentración de carbono del acero fundido en la cuchara, dando como resultado la relación C/C0, y se obtuvieron los valores máximos para esta relación (relación máxima de segregación de centro).
- 10 Las condiciones de ensayo se ofrecen en la tabla 3 a continuación. Este ensayo se realizó en: un ejemplo de la invención (acero con alto contenido de carbono C) al que se aplicó vibración por impacto entre los rodillos de arrastre usando el equipo de vibración por impacto de la presente invención; un ejemplo comparativo (acero con alto contenido de carbono B) al que se aplicó vibración por impacto en un segmento, usando el equipo de vibración por impacto desvelado en la solicitud de patente japonesa n.º 2006-53057; y un ejemplo comparativo (acero con alto contenido de carbono A) producido sin aplicar vibración por impacto.
- 15

TABLA 3

Pieza de ensayo	Vibración por impacto	Velocidad de colada	Condiciones de vibración por impacto			Dimensiones de planchón
			Fración sólida	Frecuencia de vibración por impacto	Energía de impacto	
Ejemplo comparativo (acero con alto contenido de carbono A)	Ninguna	0,7 m/min	0,1-0,9	-	-	310 x 425 mm
Ejemplo comparativo (acero con alto contenido de carbono B)	Vibración por impacto en segmento	0,7 m/min	0,4-0,9	4 Hz	50 J	310 x 425 mm
Ejemplo comparativo (acero con alto contenido de carbono C)	Vibración por impacto entre rodillos de arrastre	0,75 m/min	0,4-0,8	6 Hz	114 J	300 x 2.300 mm

- 20 Los resultados del ensayo se muestran en la figura 6. En los ensayos donde se aplicó vibración por impacto, no se descubrieron diferencias significativas en el tamaño de la segregación central máxima en ninguna de las muestras, y la relación de segregación central máxima fue un favorable 1,15 o menos en todos los casos. Por otro lado, en los ensayos donde no se aplicó vibración por impacto, hubo casos en los que la relación de segregación central máxima fue superior a 1,15, ya que aumentó la anchura del planchón. Al evaluar los resultados del ensayo, una relación de segregación central máxima de 1,15 o menos se consideró buena, y los resultados que superaron ese valor se consideraron pobres.
- 25

La presente invención no se limita a los ejemplos anteriores, y las realizaciones pueden, por supuesto, modificarse adecuadamente, siempre que estén dentro del alcance de las ideas técnicas mencionadas en las reivindicaciones.

- 30 Por ejemplo, en la descripción anterior, se usó un cilindro de aire como el dispositivo de impacto 6. Sin embargo, podría usarse cualquier método, siempre que sea capaz de impulsar el bloque 3. Los ejemplos incluyen un cilindro hidráulico, un método que usa una leva inclinada, o un método que usa un resorte.

Aplicabilidad industrial

- 35 La presente invención puede aplicarse no solo a los planchones de acero con alto contenido de carbono como se ha descrito en los ejemplos, sino también a la colada continua de otros tipos de acero, tales como los planchones de acero con contenido de carbono medio y los planchones de acero con bajo contenido de carbono.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina de colada continua para la colada continua de un metal en la que se instala un equipo para la reducción suave continua mediante unos rodillos de arrastre (2a, 2b) durante la colada continua de un planchón (1) que tiene una sección transversal rectangular cuando la fracción sólida en el centro en la dirección del espesor f_s está al menos en un intervalo de 0,1-0,9, y la relación de reducción en la dirección del espesor del planchón está dentro del 1 % por metro de longitud en la dirección de la colada, estando el equipo destinado a impactar continuamente en los dos lados opuestos de un lado estrecho del planchón (1) en la dirección de la anchura del planchón en al menos un sitio donde una fracción sólida en el centro del planchón (1) en la dirección del espesor f_s está dentro de un intervalo de 0,1-0,9 a una frecuencia de vibración por impacto de 4-12 Hz y una energía de impacto de 30-150 J, comprendiendo el equipo:
- un bloque (3) para impactar en un lado estrecho del planchón (1);
 - un dispositivo de impacto (6) para transmitir el impacto periódico generado al bloque (3); y
 - un dispositivo de control de posición (7) para ajustar la distancia entre el bloque (3) y el lado estrecho del planchón (1),
- teniendo el dispositivo de control de posición (7) una estructura que permite el ajuste de un hueco entre un extremo delantero del bloque (3) y el lado estrecho del planchón (1) en una posición de retroceso del bloque (3) en función del resultado de la detección de una posición de empuje del bloque (3) en el lado estrecho del planchón (1), o una estructura para ajustar un hueco (L) entre el planchón (1) y el extremo delantero del bloque (3) empujando una guía (8) contra el planchón (1), **caracterizado por que**
- el bloque (3) tiene una estructura que le permite impactar uniformemente en al menos el lado estrecho del planchón (1) como una sola unidad usando una placa de impacto (3a) dispuesta entre dos conjuntos de rodillos de arrastre emparejados (2a, 2b) dispuestos adyacentes entre sí en una zona de reducción suave formada por un conjunto de rodillos de arrastre emparejados (2a, 2b) en una pluralidad de conjuntos de rodillos de arrastre emparejados (2a, 2b).

Fig.1

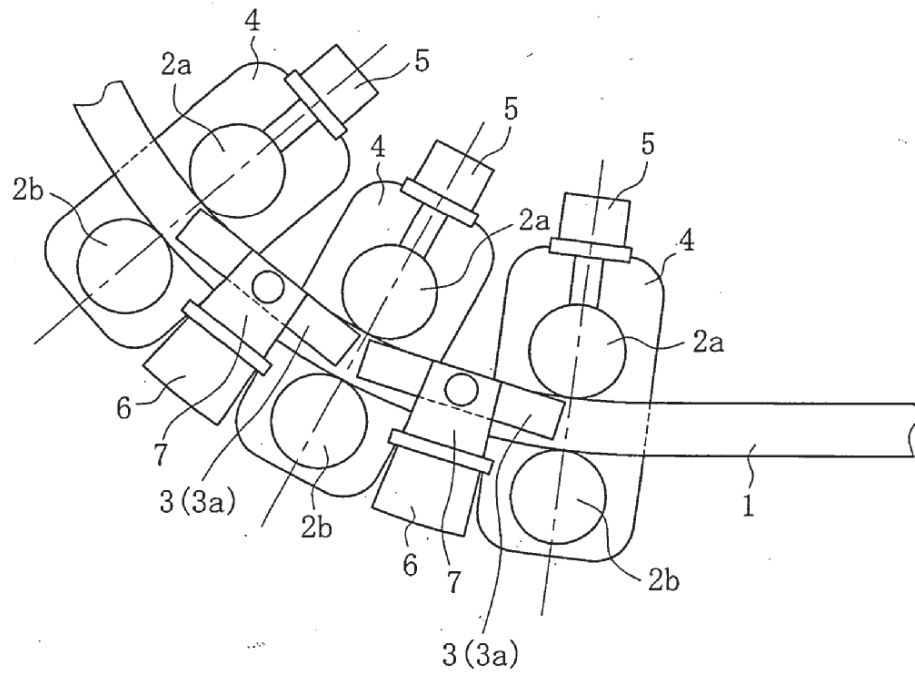


Fig.2

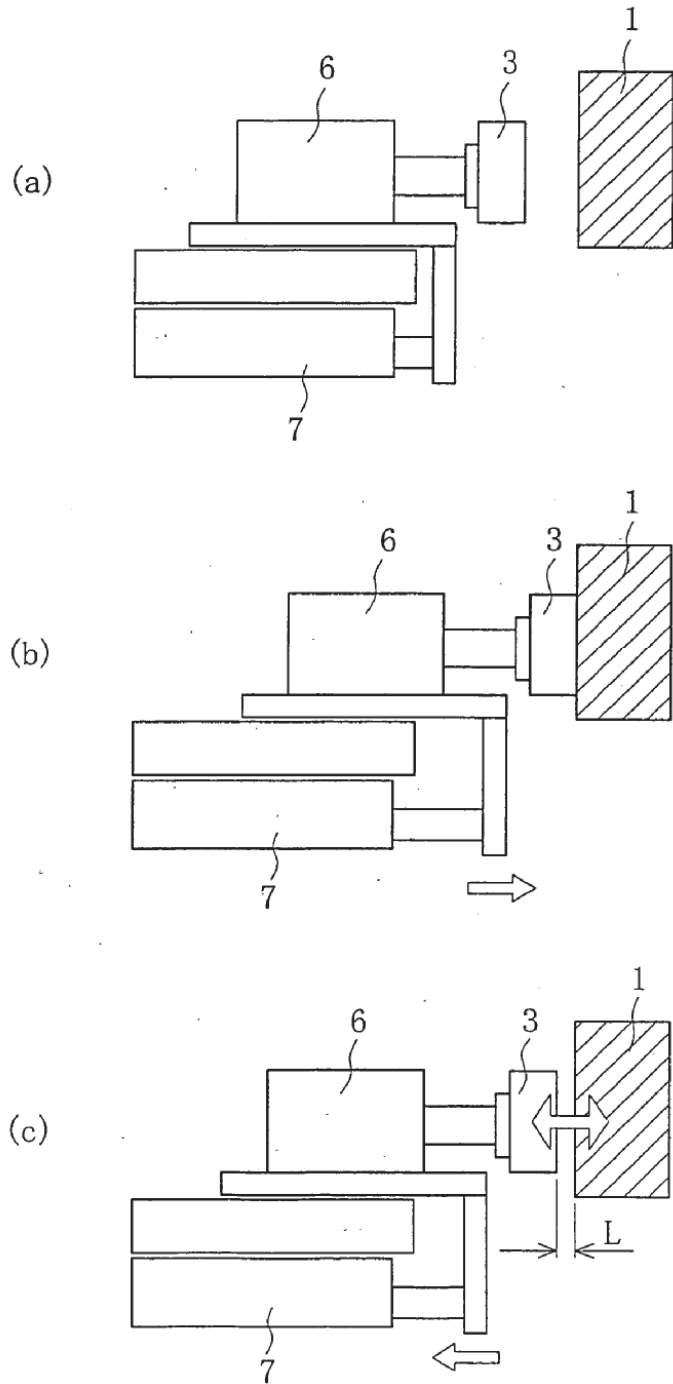


Fig.3

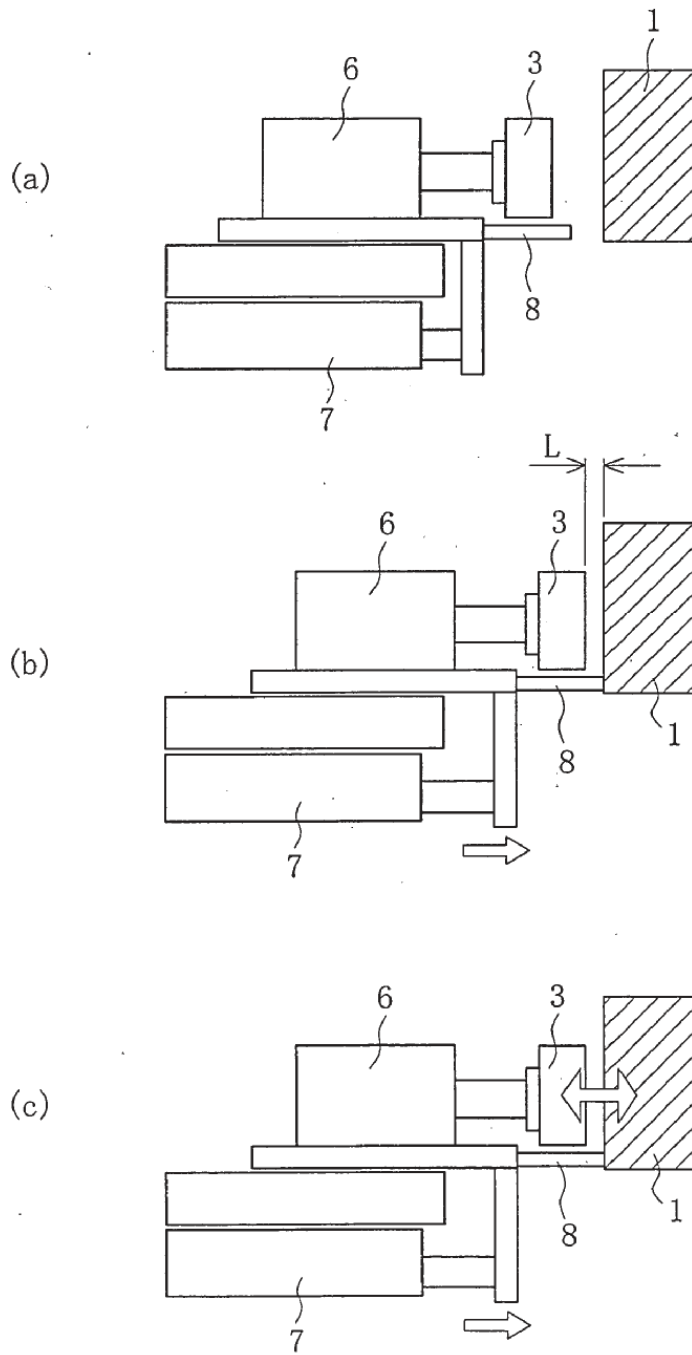


Fig.4

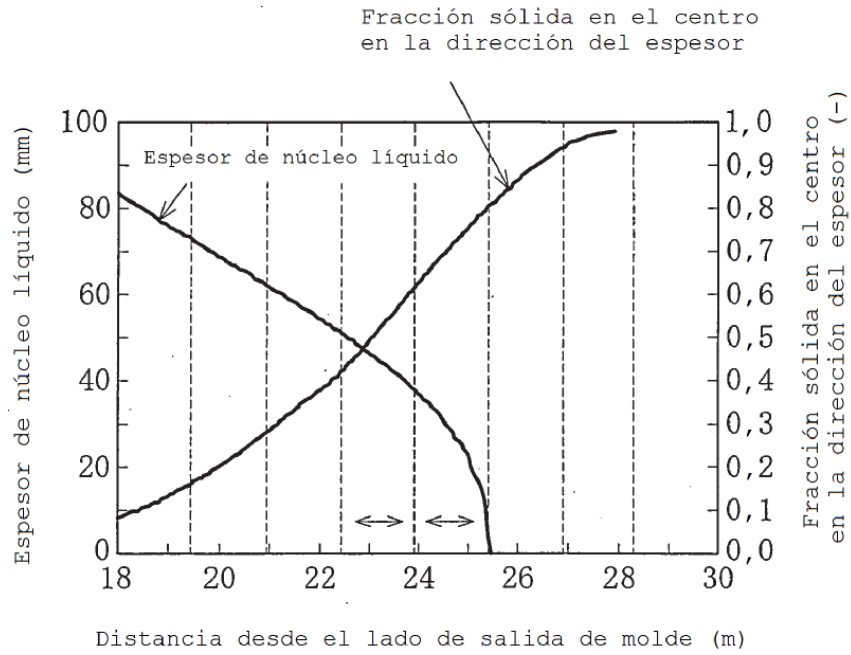


Fig.5

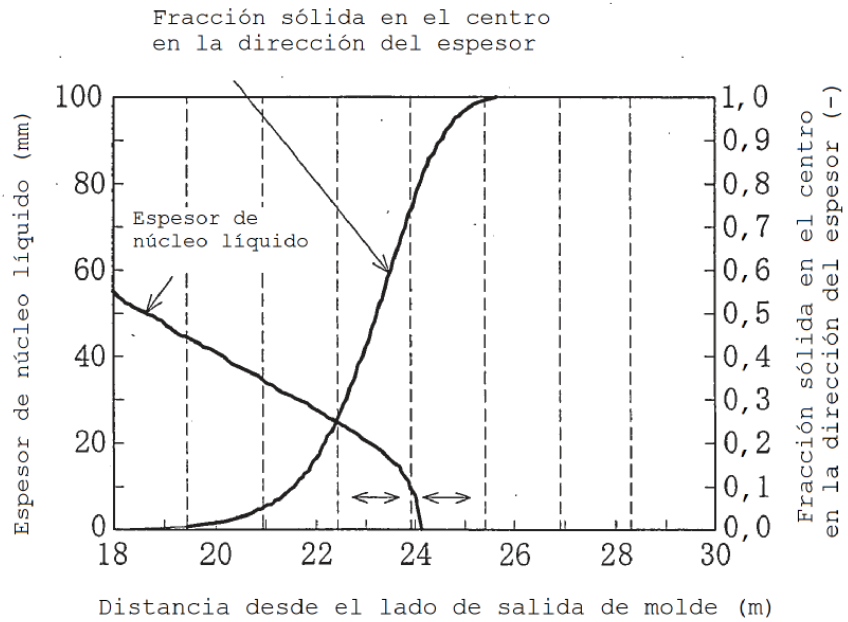


Fig.6

