

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 045**

51 Int. Cl.:

**B22D 11/041** (2006.01)

**B22D 11/10** (2006.01)

**B22D 11/11** (2006.01)

**B22D 11/115** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.11.2011 PCT/JP2011/075868**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.05.2013 WO13069121**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.11.2011 E 11875560 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.10.2018 EP 2754513**

54 Título: **Aparato de colada continua para acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.12.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**TOH TAKEHIKO;  
NAKASHIMA JUNJI;  
MARUKI YASUO;  
YAMASAKI NORIMASA;  
TSUNENARI KEIJI y  
UMETSU KENJI**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 695 045 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

Aparato de colada continua para acero

La presente invención está relacionada con un aparato de colada continua para acero, el cual suministra acero al interior de una lingotera para fabricar una pieza colada.

5 En colada continua para acero, para mejorar las propiedades superficiales de una pieza colada, hasta la fecha, se utiliza un dispositivo de agitación electromagnético que tiene una bobina electromagnética proporcionada en las cercanías de la porción superior de una lingotera para agitar de forma electromagnética acero fundido dentro de la lingotera.

10 Para la agitación electromagnética, por ejemplo, los dispositivos de agitación electromagnéticos están situados a lo largo de un par de paredes laterales largas incluidas en la lingotera. Además, cuando el acero fundido se descarga desde una boquilla de entrada sumergida al interior de la lingotera, se suministra corriente a los dispositivos de agitación electromagnéticos para aplicar un impulso a la parte superior del acero fundido dentro de la lingotera. El acero fundido es agitado en un plano horizontal por el impulso de tal manera que se forma un flujo giratorio del acero fundido. Mediante el flujo giratorio, se suprime el atrapamiento de inclusiones, burbujas, y similares en las cercanías  
15 de un menisco en la porción superior en la lingotera por una cáscara solidificada formada sobre las superficies laterales de la lingotera.

20 Sin embargo, dado que la boquilla de entrada sumergida está sumergida en la lingotera, las regiones entre las paredes laterales largas y la boquilla de entrada sumergida son más estrechas que las otras regiones. Por lo tanto, en las regiones entre las paredes laterales largas y la boquilla de entrada sumergida, en comparación con las otras regiones, es difícil que el acero fundido fluya.

Además, es probable que inclusiones y similares se adhieran a y se depositen sobre la periferia de la boquilla de entrada sumergida en la lingotera. Pueden existir casos en los que la materia adherida depositada de esta manera tenga un espesor de varias decenas de milímetros. Por lo tanto, las regiones entre las paredes laterales largas y la boquilla de entrada sumergida son más estrechas que las otras regiones. En este caso, el canal de flujo para el flujo giratorio se estrecha parcialmente, y por lo tanto es difícil que el acero fundido fluya en las regiones entre las  
25 paredes laterales largas y la boquilla de entrada sumergida.

Aquí, simultáneamente con el uso de dispositivos de agitación electromagnéticos descritos anteriormente, en lugar de una lingotera de forma plana que tiene una superficie interna plana en un horno, en el documento JP 2008-183597A se propone la utilización de una así llamada lingotera de forma irregular en la cual, como se ilustra en la  
30 Figura 7, superficies 104 y 105 en paredes laterales largas 101 y 102, las cuales están situadas enfrente de una boquilla de entrada sumergida 103, están curvadas de forma convexa hacia dispositivos de agitación electromagnéticos 106 y 107, respectivamente. Además, en la Figura 7, entre las paredes laterales largas 101 y 102 y los dispositivos de agitación electromagnéticos 106 y 107 están situadas placas posteriores 108 y 109 hechas de acero inoxidable, en las cuales se proporcionan canales de flujo de agua de refrigeración (no ilustrados) utilizados  
35 para enfriar las paredes laterales largas 101 y 102.

De acuerdo con la lingotera de forma irregular, dado que las superficies 104 y 105 en las paredes laterales largas 101 y 102, las cuales están situadas enfrente de la boquilla de entrada sumergida 103, están curvadas de forma convexa hacia los dispositivos de agitación electromagnéticos 106 y 107, respectivamente, las distancias horizontales más cortas entre la boquilla de entrada sumergida 103 y las paredes laterales largas 101 y 102 son mayores que las de la lingotera paralela de acuerdo con la técnica relacionada. Por lo tanto, los canales de flujo de los flujos giratorios 110 y 111 se pueden garantizar ampliamente hasta ese punto, y de esta manera el acero fundido fluye fácilmente.

El documento EP 2 361 703 A describe un dispositivo de colada continua para acero en el cual el dispositivo incluye una lingotera para colar un acero fundido, una boquilla de entrada sumergida, un dispositivo de agitación electromagnético, y un dispositivo de freno electromagnético, y una porción curvada que está curvada hacia el dispositivo de agitación electromagnético está conformada al menos en una posición en la que la porción curvada está situada enfrente de la boquilla de entrada sumergida, en cada una de las paredes laterales largas, y la distancia horizontal entre una parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida en vista en planta es mayor o igual que 35 mm y menor que 50 mm.

El documento JP H09-512484 describe una lingotera continua de metal mejorada que incorpora un miembro de inserto de cartucho desmontable que tiene una placa frontal de cobre de espesor uniforme y una placa de respaldo de acero unidas entre sí de una manera tal que permita la expansión tridimensional de la placa de cobre con respecto a la placa de acero para minimizar las tensiones térmicas ejercidas sobre la placa de cobre y el diferencial de temperatura a lo largo de la superficie de la placa de cobre.

45 Sin embargo, en la técnica descrita anteriormente de acuerdo con la técnica relacionada, para curvar de forma convexa las superficies 104 y 105 en las paredes laterales largas 101 y 102, las cuales están situadas enfrente de la boquilla de entrada sumergida 103, se cortan las porciones centrales de las paredes laterales largas 101 y 102

hechas de cobre. Por lo tanto, los espesores de las paredes laterales largas 101 y 102 son extremadamente pequeños en las partes de las superficies curvadas 104 y 105. En general, el campo electromagnético creado por los dispositivos de agitación electromagnéticos 106 y 107 es un campo magnético de corriente alterna, y por lo tanto el campo magnético se atenúa en conductores. Por lo tanto, en las partes de las superficies curvadas 104 y 105, el campo magnético se atenúa menos que en las otras partes lineales, y por lo tanto la fuerza electromagnética aumenta. Por consiguiente, la velocidad de flujo del flujo de agitación en las regiones entre las superficies curvadas 104 y 105 y la boquilla de entrada sumergida 103 se vuelve mayor que la existente en otras regiones. Como resultado de esto, la velocidad de flujo de los flujos de agitación 110 y 111 se vuelve parcialmente no uniforme, se genera una perturbación de flujo o una zona estancada en regiones 112 y 113 en los lados de aguas abajo de los flujos de agitación 110 y 111 en las paredes laterales largas 101 y 102, y existe un problema en que es probable que inclusiones, burbujas, y similares sean atrapadas por una cáscara solidificada. Por lo tanto, no se puede obtener mejora de calidad del acero hasta un grado esperado.

Los inventores además han realizado análisis, y han descubierto que el atrapamiento de inclusiones por la cáscara solidificada de las paredes laterales largas 101 y 102 no se podía suprimir sólo conformando las superficies curvadas 104 y 105 que permiten que los flujos de agitación 110 y 111 fluyan fácilmente. Es decir, se demostró que cuando se incrementa la distancia horizontal entre las superficies curvadas 104 y 105 y la boquilla 103 de entrada sumergida, se puede suprimir el atrapamiento de burbujas. Sin embargo, en las partes de las superficies curvadas 104 y 105, la fuerza electromagnética también se hace más fuerte, y las velocidades de flujo de los flujos de agitación que fluyen en las regiones entre las superficies curvadas 104 y 105 y la boquilla 103 de entrada sumergida se vuelven mayores que las de los flujos de agitación que fluyen en otras regiones. Por lo tanto, se genera una perturbación de flujo o una zona estancada en las regiones 112 y 113 en los lados de aguas abajo de los flujos de agitación 110 y 111, y por lo tanto no se resuelve un problema en el cual es probable que inclusiones sean atrapadas por la cáscara solidificada.

La presente invención se ha hecho considerando los puntos anteriores, y un objeto de la misma, incluso en una lingotera de forma irregular en un aparato de colada continua para acero, es permitir que la velocidad de flujo de acero fundido en la porción superior en la lingotera sea uniforme y permitir que una distancia horizontal entre una superficie curvada de forma cóncava en la lingotera y una boquilla de entrada sumergida sea apropiada, mejorando de este modo la calidad de una pieza colada obtenida por colada.

[Medios para Resolver el Problema]

El objeto anterior se puede conseguir mediante los rasgos definidos en las reivindicaciones.

De acuerdo con la presente invención, es más preferible que la distancia horizontal más corta sea de 50 mm a 75 mm en el intervalo desde la porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético hasta una posición 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético cuando se observa a lo largo de la dirección vertical.

De acuerdo con la presente invención, cada una de las paredes laterales largas tiene la porción curvada que está curvada de forma convexa hacia el dispositivo de agitación electromagnético al menos en una posición que está situada enfrente de la boquilla de entrada sumergida, y cada una de las paredes laterales largas incluyendo la porción curvada tiene un espesor uniforme. Por lo tanto, la fuerza electromagnética generada por el dispositivo de agitación electromagnético es uniforme a lo largo de la porción curvada y de las otras partes. Como resultado de esto, la velocidad de flujo del flujo de agitación se vuelve uniforme. Es decir, la distribución de intensidad de la fuerza electromagnética cuando cada una de las paredes laterales largas se ve en vista en planta es la misma en la porción curvada y las partes diferentes a la porción curvada. Por lo tanto, a diferencia de la técnica relacionada, se puede impedir que la fuerza electromagnética se haga parcialmente más fuerte en un punto correspondiente a la porción curvada.

Por lo tanto, se puede suprimir la generación de una perturbación de flujo o de una zona estancada como en la técnica relacionada, y se puede suprimir el fácil atrapamiento de burbujas por la cáscara solidificada.

Además, dado que la distancia horizontal más corta entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida está configurada para que sea de 30 mm a 80 mm en un intervalo desde la posición de la porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético hasta una posición 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético cuando se observa en la dirección de la altura del aparato de colada continua, se puede garantizar un flujo suave y uniforme del acero fundido incluso en la región entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida.

Es decir, de acuerdo con el conocimiento obtenido recientemente por los inventores, cuando la distancia horizontal más corta entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida es menor que 30 mm, es difícil que el acero fundido fluya en las regiones curvadas, y es probable que burbujas y similares existentes en el acero fundido sean atrapadas por la cáscara solidificada. En cambio, cuando la distancia horizontal más corta supera los 80 mm, es difícil garantizar un flujo uniforme del acero fundido en la región curvada, y en una región en la que la velocidad de flujo del acero fundido es baja, es probable que inclusiones existentes en el acero fundido sean

atrapadas por la cáscara solidificada.

En la presente invención, en base al conocimiento, la distancia horizontal más corta entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida se configura a de 30 mm a 80 mm. Por lo tanto, en la región curvada entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida, se garantiza un flujo suave y uniforme del flujo de agitación del acero fundido, y se puede impedir que burbujas existentes en el acero fundido sean atrapadas por la cáscara solidificada.

Además, el intervalo en la dirección de la altura en el cual la distancia horizontal más corta entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida se configura a de 30 mm a 80 mm, ya que éste es un intervalo desde la porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético hasta una posición 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético. Esto es debido a que, aunque una parte del acero fundido que es agitado directamente por la fuerza electromagnética generada por el dispositivo de agitación electromagnético es una parte desde la porción final inferior hasta la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético, en una operación práctica, la superficie de un menisco está situada en una posición más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético. Además, típicamente, en el caso en que la superficie del menisco está situada en una posición más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético, la altura está en una posición aproximadamente 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético. Por lo tanto, el intervalo en la dirección de la altura en el cual la distancia horizontal más corta entre la parte superior de la porción curvada y la boquilla de entrada sumergida se configura para que sea de 30 mm a 80 mm es desde la porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético hasta la posición 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético.

Además, a un espesor uniforme de la pared lateral larga se le hace referencia como un espesor en el cual un cambio en un grado de penetración de un campo electromagnético en el acero fundido debido a un cambio de espesor excluyendo partes en las que están conformados orificios para pernos, surcos para agua de refrigeración, y similares es menor que el 10% lo cual es un error dentro de un rango aceptable. Esto se describirá más adelante en esta memoria. En un caso en el que un campo magnético que tiene una densidad de flujo magnético predeterminado se aplica al interior de la lingotera desde el exterior de la pared lateral larga, la intensidad de campo magnético inducida dentro de la lingotera tiene una pérdida que depende del valor del espesor de la pared lateral larga. Es decir, cuando se modifica el espesor de la pared lateral larga, se modifica la profundidad de penetración del campo magnético en el interior de la lingotera. Cuando la pared lateral larga es gruesa, es difícil que el campo magnético penetre. Por lo tanto, la intensidad de campo magnético en la lingotera se modifica con la magnitud de la pérdida. Sin embargo, se hace que el espesor de la pared lateral larga sea uniforme de manera que el cambio es menor que el 10% cuando se observa en la dirección horizontal a lo largo de la superficie de pared de la pared lateral larga.

Además, el intervalo en la dirección de la altura del espesor uniforme de la pared lateral larga puede ser un intervalo desde la porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético hasta una posición 50 mm más alta que la porción final superior del dispositivo de agitación electromagnético como se describe en el efecto del dispositivo de agitación electromagnético.

Además, "el espesor uniforme de la pared lateral larga" se describirá de forma suplementaria con más detalle. Cuando la pared lateral larga situada a lo largo de la dirección vertical se ve en vista en planta, la relación relativa entre el espesor de la parte de la porción curvada y el espesor de la parte adyacente excluyendo la porción curvada es particularmente importante. Es decir, "cada una de las paredes laterales largas que incluyen la porción curvada tiene un espesor uniforme" descrita en lo anterior (1) significa que, en un caso en el que el espesor de la parte de la porción curvada es  $t_1$  y el espesor de la parte adyacente excluyendo la porción curvada es  $t_2$ ,  $t_1$  está dentro de  $\pm 10\%$  de  $t_2$  ( $0,9 \times t_2 \leq t_1 \leq 1,1 \times t_2$ ). Además, lo más preferible es que  $t_1 = t_2$ .

Además, como se ha descrito en lo anterior (2), en el aparato de colada continua para acero, el así llamado dispositivo de freno electromagnético también se puede utilizar junto con el dispositivo de agitación electromagnético. Es decir, se puede incluir además un dispositivo de freno electromagnético que está situado debajo del dispositivo de agitación electromagnético y el cual aplica el campo magnético de corriente continua que tiene una distribución de densidad de flujo magnético que es uniforme en la dirección de la anchura de la lingotera a lo largo de las paredes laterales largas de la lingotera, en la dirección del espesor de la lingotera a lo largo de las paredes laterales cortas de la lingotera.

En este caso, el ascenso de burbujas e inclusiones en el acero fundido descargado desde la boquilla de entrada sumergida se acelera, y burbujas e inclusiones en el acero fundido están suspendidas y se puede impedir que se queden en una pieza colada que se cuele y que provoquen una degradación de la calidad. Por lo tanto, la calidad de la pieza colada se puede mejorar aún más.

Además, la "densidad de flujo magnético uniforme" descrita en lo anterior (2) se describirá de forma suplementaria. En un caso en el que la lingotera se ve en vista en planta y la distribución de densidad de flujo magnético se ve entonces en la dirección de la anchura de la lingotera a lo largo de las paredes laterales largas, la densidad de flujo magnético uniforme significa que una variación en la densidad de flujo magnético en las dimensiones de longitud de

las partes de bobina de los dispositivos de freno electromagnético está dentro de  $\pm 30\%$  de la media de las mismas.

Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la presente invención, la cantidad de burbujas y similares en la pieza colada que se cuele se puede reducir y de esta forma se puede mejorar la calidad de la pieza colada.

La invención se describe en detalle en conjunto con los dibujos, en los cuales:

- 5 La Figura 1 es una vista en planta esquemática que ilustra una configuración esquemática de una parte en las cercanías de una lingotera de un aparato de colada continua de acuerdo con una realización de la presente invención,
- La Figura 2 es una vista en sección longitudinal cuando el aparato de colada continua se ve en una sección transversal tomada a lo largo de la línea A-A en la Figura 1,
- 10 La Figura 3 es una vista en sección longitudinal cuando el aparato de colada continua se ve en una sección transversal tomada a lo largo de la línea B-B en la Figura 1,
- La Figura 4 es una vista en perspectiva de una pared lateral larga del aparato de colada continua,
- La Figura 5 es un diagrama correspondiente a la Figura 3 y es una vista en sección longitudinal para mostrar tamaños en la periferia de la lingotera del aparato de colada continua,
- 15 La Figura 6 es un diagrama que ilustra un ejemplo modificado del aparato de colada continua y es una vista en sección longitudinal correspondiente a la Figura 2 en un caso en que se incluye una porción curvada que tiene una forma diferente, y
- La Figura 7 es una vista en planta esquemática para ilustrar una configuración esquemática de partes en las cercanías de una lingotera de un aparato de colada continua de acuerdo con la técnica relacionada.
- 20 En lo que sigue, se describirá una realización de la presente invención. La Figura 1 es una vista explicativa que muestra de manera esquemática la configuración de las cercanías de una lingotera de un aparato 1 de colada continua para acero de acuerdo con esta realización en vista en planta, la Figura 2 es una vista explicativa que muestra de manera esquemática la sección transversal del mismo en vista frontal, y la Figura 3 es una vista explicativa que muestra de manera esquemática una sección transversal del mismo en vista lateral.
- 25 El aparato 1 de colada continua incluye una lingotera 2 la cual es, por ejemplo, substancialmente rectangular en vista en planta como se ilustra en la Figura 1. La lingotera 2 incluye un par de paredes laterales largas 3a y 3b y un par de paredes laterales cortas 4a y 4b. Las paredes laterales largas 3a y 3b y todas las paredes laterales cortas 4a y 4b están configuradas todas ellas de láminas de cobre, y en los exteriores de las mismas, están situadas placas posteriores 5a, 5b, 6a, y 6b hechas de acero inoxidable austenítico, las cuales son cuerpos no magnéticos y refuerzan las paredes laterales largas 3a y 3b y las paredes laterales cortas 4a y 4b. Es decir, la placa posterior 5a está situada en el exterior de la pared lateral larga 3a, la placa posterior 5b está situada en el exterior de la pared lateral larga 3b, la placa posterior 6a está situada en el exterior de la pared lateral corta 4a, y la placa posterior 6b está situada en el exterior de la pared lateral corta 4b.
- 30 Además, en los exteriores de las placas posteriores 5a y 5b, están situados dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b que incluyen respectivamente bobinas electromagnéticas. Además, inmediatamente debajo de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b, están situados dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b. Es decir, el dispositivo de agitación electromagnético 7a y el dispositivo de freno electromagnético 8a están situados en el exterior de la placa posterior 5a, y el dispositivo de freno electromagnético 8a está situado inmediatamente debajo del dispositivo de agitación electromagnético 7a. Además, el dispositivo de agitación electromagnético 7b y el dispositivo de freno electromagnético 8b están situados en el exterior de la placa posterior 5b, y el dispositivo de freno electromagnético 8b está situado inmediatamente debajo del dispositivo de agitación electromagnético 7b.
- 35 En esta realización, la longitud (espesor de colada) cuando las paredes 4a y 4b laterales cortas se ven en vista en planta es, por ejemplo, aproximadamente de 50 mm a 300 mm. Esta longitud se determina dependiendo de una anchura deseada de la pieza colada, y es aproximadamente de 50 mm a 80 mm en un caso de una pieza colada de anchura delgada, es aproximadamente de 80 mm a 1500 mm en el caso de una pieza colada de anchura intermedia, y es aproximadamente de 150 mm a 300 mm en el caso de una pieza colada de anchura típica. Además, a una dirección horizontal (la dirección X en las Figuras 1 a 3) a lo largo de las paredes laterales largas 3a y 3b se le denomina dirección de la anchura de la lingotera, y a una dirección horizontal (la dirección Y en las Figuras 1 y 3) a lo largo de las paredes 4a y 4b laterales cortas se le denomina dirección del espesor de la lingotera.
- 45 En las porciones centrales de las superficies internas cuando las paredes laterales largas 3a y 3b se ven en vista en planta, están conformadas respectivamente porciones curvadas 11a y 11b que están curvadas de forma convexa hacia los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b. Las porciones curvadas 11a y 11b están conformadas en posiciones situadas enfrente de una boquilla de entrada sumergida 21 proporcionada en la lingotera 2 la cual se
- 50

describirá más adelante. En relación con la distribución de espesor de las paredes laterales largas 3a y 3b a lo largo de la dirección de extensión de la misma cuando las paredes laterales largas 3a y 3b se ven en vista en planta, las partes correspondientes a las porciones curvadas 11a y 11b se moldean de modo que no sean diferentes a las partes rectas a ambos lados adyacentes de las mismas sino para que tengan un espesor uniforme en la dirección horizontal. De manera específica, las porciones curvadas 11a y 11b se conforman en las paredes laterales largas 3a y 3b mediante, por ejemplo, conformado por presión.

Más específicamente, la porción curvada 11a está conformada para que incluya una superficie 11a1 interna que está curvada de manera que la superficie de pared interna de la pared lateral larga 3a está separada de la boquilla de entrada sumergida 21, y una superficie 11a2 externa que está curvada de manera que la superficie de pared externa de la pared lateral larga 3a está separada de la boquilla de entrada sumergida 21. De manera similar, la porción curvada 11b está conformada para que incluya una superficie interna 11b1 que está curvada de manera que la superficie de pared interna de la pared lateral larga 3b está separada de la boquilla de entrada sumergida 21, y una superficie externa 11b2 que está curvada de manera que la superficie de pared externa de la pared lateral larga 3b está separada de la boquilla de entrada sumergida 21.

Dado que las paredes laterales largas 3a y 3b tienen un espesor uniforme en todas las posiciones incluyendo las porciones curvadas 11a y 11b, cada una de las superficies externas de las paredes laterales largas 3a y 3b está curvada de forma convexa hacia los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b en las superficies externas 11a2 y 11b2 incluidas en las porciones curvadas 11a y 11b.

Además, el espesor uniforme de las paredes laterales largas 3a y 3b se describirá de forma suplementaria. Cuando las paredes laterales largas 3a y 3b se ven en vista en planta, en un caso en que el espesor en las porciones curvadas 11a y 11b es  $t_1$  y el espesor en ambas partes adyacentes a las porciones curvadas 11a y 11b es  $t_2$ , el espesor uniforme significa que  $t_1$  está dentro de  $\pm 10\%$  de  $t_2$  ( $0,9 \times t_2 \leq t_1 \leq 1,1 \times t_2$ ). Además, lo más preferible es que  $t_1 = t_2$ .

Las placas posteriores 5a y 5b tienen partes en las cuales las superficies internas centrales de las mismas tienen formas que están curvadas de forma convexa hacia los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b para que se ajusten a las formas curvadas de las superficies externas 11a2 y 11b2 de las porciones curvadas 11a y 11b de las paredes laterales largas 3a y 3b. Sin embargo, las superficies externas de las placas posteriores 5a y 5b, es decir, las superficies de las mismas que están situadas enfrente de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b están moldeadas para que sean planas (superficies planas).

Típicamente, en este tipo de placa posterior, un canal de flujo de agua de refrigeración utilizado para enfriar la pared lateral larga hecho de cobre está conformado en ella. Sin embargo, para conformar los canales de flujo en las placas posteriores 5a y 5b, por ejemplo, se conforman canales de flujo con forma de surco en las superficies (las superficies internas) de las placas posteriores 5a y 5b en las caras que hacen contacto con las paredes laterales largas 3a y 3b, conformando de ese modo fácilmente el canal de flujo de agua de refrigeración. Es decir, ensamblando las placas posteriores 5a y 5b que tienen los canales de flujo con forma de surco conformados en las superficies internas de manera que las superficies internas hacen contacto estrecho con y se solapan con las superficies externas de las paredes laterales largas 3a y 3b, se pueden conformar fácilmente los canales de flujo con forma de surco.

Las porciones curvadas 11a y 11b están conformadas para que estén situadas enfrente de la boquilla de entrada sumergida 21 desde las posiciones finales superiores de las paredes laterales largas 3a y 3b en una dirección hacia abajo como se ilustra en las Figuras 2 y 3. Cada una de las posiciones finales inferiores de las porciones curvadas 11a y 11b puede estar conformada para que esté a la misma altura que la posición final inferior de la boquilla de entrada sumergida 21 o para que quede más baja que la posición final inferior de la boquilla de entrada sumergida 21. En espacios (huecos) entre las porciones curvadas 11a y 11b y la boquilla de entrada sumergida 21, están conformadas respectivamente regiones curvadas 9a y 9b como se ilustra en la Figura 1.

Las porciones curvadas 11a y 11b tienen formas en las cuales las partes curvadas desaparecen gradualmente hacia sus extremos inferiores (es decir, las depresiones que conforman las porciones curvadas 11a y 11b disminuyen gradualmente de profundidad y desaparecen). En esta realización, como se ilustra en la Figura 4, por ejemplo, en la superficie interna de la pared lateral larga 3a, la línea de separación entre la porción curvada 11a y la otra parte plana es una línea recta (una línea recta SL horizontal a lo largo de la dirección X en la Figura 4) paralela a la dirección de la longitud de la pared lateral larga 3a en la parte final inferior de la porción curvada 11a y es una línea recta (una línea recta VL en la dirección de la extensión a lo largo de la dirección Z en la Figura 4) paralela a la dirección de la altura de la pared lateral larga 3a en ambas partes de borde laterales de la porción curvada 11a.

Como se ilustra en la Figura 5, en un caso en el que las porciones curvadas 11a y 11b se ven en una sección transversal a lo largo de la dirección del espesor de lámina de las mismas, las distancias L horizontales más cortas entre las partes superiores de las curvas (los puntos más hundidos) y las superficies periféricas de la boquilla de entrada sumergida 21 tienen formas cónicas en las cuales las depresiones disminuyen gradualmente de profundidad y desaparecen hacia los extremos inferiores de las porciones curvadas 11a y 11b, y de esta manera las longitudes de las mismas en la dirección de la altura varían. En esta realización, en un intervalo desde la posición de la porción final inferior de cada uno de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b hasta una posición 50 mm más

alta que la porción final superior de cada uno de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b, la distancia horizontal más corta se configura para que sea de 30 mm a 80 mm. Además, la distancia horizontal más corta L es preferiblemente de 50 mm a 75 mm.

5 Esto es, esto se describirá con referencia a la Figura 5. Las distancias horizontales más cortas L entre las partes superiores de las curvas de las porciones curvadas 11a y 11b y las superficies periféricas de la boquilla de entrada sumergida 21 se configuran para que sean de 30 mm a 80 mm en un intervalo H desde las posiciones de las porciones finales inferiores de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b hasta alturas 50 mm más altas que las porciones finales superiores de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b. La longitud de h en la Figura 5 es 50 mm.

10 Las profundidades D de las depresiones que conforman las porciones curvadas 11a y 11b para garantizar de 30 mm a 80 mm como las distancias horizontales más cortas L entre las partes superiores de las curvas de las porciones curvadas 11a y 11b y las superficies periféricas de la boquilla de entrada sumergida 21 dependen de los espesores de las paredes laterales largas 3a y 3b. Sin embargo, en consideración de las resistencias de las placas posteriores 5a y 5b y reduciendo el espesor total debido a la fuerza electromagnética que se debilita cuando los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b se alejan en posición del acero fundido, las profundidades D de las depresiones se pueden configurar de forma apropiada. Como límite superior de la profundidad D de la depresión, 50 mm o menos, y preferiblemente 40 mm o menos, son ejemplos ejemplares. Como límite inferior de la profundidad D de la depresión, 5 mm o mayor y preferiblemente 10 mm o mayor son ejemplos ejemplares. La profundidad D es preferiblemente de 10 mm a 40 mm.

20 En relación con la boquilla de entrada sumergida 21 anteriormente mencionada, como se ilustra en la Figura 3, durante la colada, la porción inferior de la misma está sumergida en el acero fundido M dentro de la lingotera 2. Además, en la Figura 3, para mostrar claramente la estructura dentro del aparato 1 de colada continua, se omite el sombreado del acero fundido M. En las cercanías del extremo inferior de la superficie lateral de la boquilla de entrada sumergida 21, están conformados en dos puntos orificios 22 de descarga que descargan el acero fundido en dirección oblicua hacia abajo en la lingotera 2. Los orificios 22 de descarga están conformados en posiciones que respectivamente están situadas enfrente de las paredes laterales cortas 4a y 4b de la lingotera 2. Un flujo 23 de descarga descargado desde cada uno de los orificios 22 de descarga incluye burbujas de gas Ar que se sopla para limpiar las boquillas, inclusiones de alúmina o con base de escoria, y similares. Las burbujas e inclusiones ascienden hasta las cercanías de un menisco 24. Además, sobre el menisco 24, un polvo 25 fundido que tiene óxidos fundidos es suministrado por un mecanismo de suministro (no ilustrado).

Sobre la superficie interna de la lingotera 2, como se ilustra en la Figura 3, se forma una cáscara 26 solidificada en la cual el acero fundido M se enfría y solidifica.

35 Cada uno de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b tiene la bobina electromagnética, y recibe una alimentación de corriente alterna suministrada desde una fuente de energía (no ilustrada) y genera una fuerza electromagnética, aplicando de ese modo un impulso al acero fundido M en la porción superior de la lingotera 2. Además, el acero fundido M al cual se aplica el impulso gira horizontalmente alrededor de la boquilla de entrada sumergida 21 en la lingotera 2 y genera un flujo de agitación que agita el acero fundido M. Mediante el flujo de agitación, se impide que las inclusiones, las burbujas, y similares en las cercanías del menisco 24 en la porción superior de la lingotera 2 sean atrapadas por la cáscara 26 solidificada formada sobre las superficies laterales de la lingotera 2.

45 Los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b que están situados respectivamente por debajo de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b y que incluyen electroimanes y similares pueden aplicar un campo magnético de corriente continua que tiene una distribución de densidad de flujo magnético substancialmente uniforme en la dirección de la anchura de la lingotera (la dirección X en las Figuras 1 y 2) a lo largo de las paredes laterales largas 3a y 3b de la lingotera 2 hacia los flujos 23 de descarga del acero fundido M inmediatamente después de ser respectivamente descargados desde los orificios 22 de descarga en la dirección del espesor de la lingotera (la dirección Y en las Figuras 1 y 2) a lo largo de las paredes laterales cortas 4a y 4b de la lingotera 2. Mediante el campo magnético de corriente continua y los flujos 23 de descarga del acero fundido M respectivamente descargados desde los orificios 22 de descarga, se genera una corriente inducida en la dirección de la anchura de la lingotera (la dirección X en las Figuras 1 y 2), y mediante la corriente inducida y el campo magnético de corriente continua, se forman en las cercanías de los flujos 23 de descarga contraflujos que fluyen en las direcciones contrarias a los flujos 23 de descarga. Mediante los contraflujos, se suprime la infiltración profunda de las burbujas y porciones incluidas en el acero fundido M en los flujos 23 de descarga, y se acelera el ascenso de las burbujas y porciones incluidas, suprimiendo de ese modo el atrapamiento de las burbujas y porciones incluidas por la cáscara 26 solidificada.

60 Además, la "densidad de flujo magnético uniforme" se describirá de forma suplementaria. En un caso en el que la lingotera 2 se ve en vista en planta y la distribución de densidad de flujo magnético se ve entonces en la dirección de la anchura de la lingotera a lo largo de las paredes laterales largas 3a y 3b, la densidad de flujo magnético uniforme significa que una variación de la densidad de flujo magnético en las dimensiones de longitud de las partes de bobina de los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b está dentro del  $\pm 30\%$  de la media de la misma.

El aparato 1 de colada continua de acuerdo con esta realización está configurado como se ha descrito anteriormente. A continuación, se describirá un método de colada continua del acero fundido M utilizando el aparato 1 de colada continua.

5 En primer lugar, mientras se sopla gas Ar en el interior de la boquilla de entrada sumergida 21, el acero fundido M se descarga al interior de la lingotera 2 desde cada uno de los orificios 22 de descarga de la boquilla de entrada sumergida 21. El acero fundido M se descarga en dirección oblicua hacia abajo de tal manera que se conforman los flujos 23 de descarga dirigidos desde los orificios 22 de descarga hacia las paredes laterales cortas 4a y 4b de la lingotera 2. Los flujos 23 de descarga incluyen las burbujas de gas Ar y las otras inclusiones, y están suspendidos en el acero fundido M dentro de la lingotera 2 y ascienden por la flotabilidad debida a una diferencia en la gravedad  
10 específica entre las burbujas e inclusiones, y el acero fundido M.

Además, los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b se pueden accionar al mismo tiempo que se descarga el acero fundido M desde la boquilla de entrada sumergida 21. En el caso de utilizar los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b, se forman en el acero fundido M contraflujos en la dirección opuesta a los flujos de los flujos 23 de descarga. Como resultado de esto, como se ha descrito anteriormente, se suprime la infiltración profunda de las burbujas y de las otras inclusiones en el interior del acero fundido M en los flujos 23 de descarga y se suprime la difusión hacia la periferia de la boquilla de entrada sumergida 21. Además, las burbujas y las otras inclusiones en los flujos 23 de descarga se elevan hasta las cercanías del menisco 24 desde las cercanías de la boquilla de entrada sumergida 21 por los contraflujos.

Además, al mismo tiempo durante el accionamiento de los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b, se accionan los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b. Por lo tanto, como se ha descrito anteriormente, el flujo de agitación se forma en el acero fundido M en las cercanías del menisco 24 dentro de la lingotera 2 debido a la agitación electromagnética provocada por la fuerza electromagnética. Además, las burbujas de gas Ar y similares que ascienden hasta las cercanías del menisco 24 montadas sobre los contraflujos descritos anteriormente son hechas girar por el flujo de agitación y se incorporan en el interior, por ejemplo, del polvo fundido 25 que tiene los óxidos fundidos sin ser atrapadas por la cáscara 26 solidificada de la lingotera 2 para ser eliminadas.

Dado que las porciones curvadas 11a y 11b están conformadas respectivamente en las posiciones centrales de las porciones superiores de las paredes laterales largas 3a y 3b de la lingotera 2, las regiones curvadas 9a y 9b están conformadas entre las porciones curvadas 11a y 11b y la boquilla de entrada sumergida 21. En este momento, dado que las paredes laterales largas 3a y 3b también incluyen las porciones curvadas 11a y 11b y tienen el espesor uniforme, la densidad de flujo magnético de la fuerza electromagnética aplicada al acero fundido M por los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b está en el mismo grado tanto en (1) el acero fundido M que fluye en las regiones curvadas 9a y 9b como en (2) el acero fundido M que fluye linealmente en posiciones diferentes a las regiones curvadas 9a y 9b. Por lo tanto, el flujo de agitación que tiene una velocidad de flujo uniforme se puede conformar a lo largo de la dirección de flujo del acero fundido M. Por consiguiente, se impide que aparezca una perturbación de flujo o una zona estancada en regiones (las regiones 112 y 113 en la técnica relacionada descrita con referencia a la Figura 7) en los lados de aguas abajo del flujo de agitación en las paredes laterales largas 3a y 3b. Por lo tanto, es posible suprimir el atrapamiento de burbujas y similares por la cáscara solidificada debido a la aparición de la zona estancada.

Además, aunque las paredes laterales largas 3a y 3b que incluyen las porciones curvadas 11a y 11b tienen un espesor uniforme en cada posición, los espesores de las placas posteriores 5a y 5b en las partes correspondientes a las porciones curvadas 11a y 11b son delgados, y por lo tanto la densidad de flujo magnético se vuelve no uniforme hasta ese punto. Sin embargo, dado que el campo electromagnético durante la agitación electromagnética es generalmente un campo magnético de corriente alterna, el campo electromagnético se atenúa en conductores, y la atenuación particularmente se vuelve intensiva cuando se incrementa la conductividad eléctrica. Además, dado que este tipo de placas posteriores 5a y 5b se fabrica de acero inoxidable austenítico no magnético, la conductividad eléctrica de las mismas es mucho menor que la de las paredes laterales largas 3a y 3b hechas de cobre. Por lo tanto, aunque los espesores de las placas posteriores 5a y 5b son parcialmente delgados, el efecto de los mismos casi nunca está presente, y la densidad de flujo magnético uniforme se puede obtener incluso en el acero fundido M que fluye en las regiones curvadas 9a y 9b.

Los inventores realmente habían medido y examinado en realidad la densidad de flujo magnético utilizando un gausímetro y habían encontrado lo siguiente. Esto es, en un caso en que el aparato 1 de colada continua se observaba a lo largo de la dirección de la altura, se midió la densidad de flujo magnético en la posición central de la altura del dispositivo de agitación electromagnética 7a y en un punto de 10 mm hacia la boquilla de entrada sumergida 21 desde la parte superior de la curva de la porción curvada 11a de la cual la profundidad D de la depresión era 30 mm utilizando el gausímetro, y se confirmó que la densidad del flujo magnético variaba por 10% o menos incluso en comparación con la densidad del flujo magnético de las partes lineales diferentes a la porción curvada 11a de la pared lateral larga 3a. Es decir, se midió la densidad del flujo magnético a la misma altura del aparato 1 de colada continua en una pluralidad de puntos, y se compararon los valores entre sí. Se confirmó que el valor de medida en el punto correspondiente a la porción curvada 11a y los valores de medida en las partes planas a ambos lados de la porción curvada 11a tenían una diferencia de sólo aproximadamente el 10%.



Para referencia, en un caso en el que la porción curvada que tenía una profundidad D de la depresión de 30 mm se conformó cortando sólo una superficie cóncava curvada de la pared lateral larga como en la técnica relacionada y el espesor de la porción curvada se redujo, se confirmó que la densidad de flujo magnético de la misma se incrementó por aproximadamente el 40% con respecto a la densidad de flujo magnético de la parte lineal de la pared lateral larga. Es decir, de manera similar a la estructura de la técnica relacionada ilustrada en la Figura 7, la superficie cóncava curvada similar a la del ejemplo descrito anteriormente se conformó sólo en la superficie interna mientras que la superficie externa de la pared lateral larga era plana, y se midió la densidad de flujo magnético para realizar la misma evaluación. Como resultado de esto, se confirmó que el valor de medida en el punto correspondiente a la porción curvada era aproximadamente un 40% mayor que los valores de medida en las partes planas a ambos lados de la porción curvada. Por lo tanto, el efecto de esta realización pudo ser confirmado por el punto anterior.

Esto se describirá con referencia la Figura 5. En esta realización, las distancias horizontales más cortas L entre las partes superiores de las curvas de las porciones curvadas 11a y 11 y la boquilla de entrada sumergida 21 se configuran a de 30 mm a 80 mm en el intervalo H desde las porciones finales inferiores de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b hasta las posiciones 50 mm más altas que las porciones finales superiores de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b. En esta configuración, la velocidad de flujo del flujo de agitación que fluye en las regiones curvadas 9a y 9b es uniforme, y se puede garantizar un flujo suave y constante del acero fundido M. Por lo tanto, es posible agitar suficientemente el acero fundido M en la lingotera 2, y el atrapamiento de las burbujas y similares por la cáscara 26 solidificada se puede suprimir por el punto anterior.

Además, en esta realización, dado que también se utilizan los dispositivos de freno electromagnético 8a y 8b, el ascenso de las inclusiones tales como burbujas en el acero fundido M se acelera y se suprime la difusión de las mismas hacia la periferia. Por lo tanto, el atrapamiento de las burbujas y similares por la cáscara 26 solidificada se puede suprimir aún más.

Además, en esta realización, como se ilustra en las Figuras 2 y 4, las formas de las porciones curvadas 11a y 11b son formas en las cuales la frontera entre la porción curvada 11a y la parte plana de la periferia de la misma es una línea recta (la línea recta SL a lo largo de la dirección X en las Figuras 2 y 4) paralela a la dirección de la longitud de la pared lateral larga 3a en la parte final inferior de la porción curvada 11a y es una línea recta (la línea recta VL a lo largo de la dirección Z en las Figuras 2 y 4) paralela a la dirección de la altura de la pared lateral larga 3a en ambas partes laterales de la porción curvada 11a. Sin embargo, también se pueden emplear otras formas como las formas de las porciones curvadas 11a y 11b. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 6, se puede emplear una porción curvada 11c que tenga una forma denominada de campana invertida en la cual se hace que la línea de separación entre la porción curvada y las otras partes planas converja en un único punto en el extremo más inferior cuando va hacia el extremo inferior y desaparece. Es decir, como se ilustra en la Figura 6, se puede emplear la porción curvada 11c que tiene una línea de separación con una forma semi-elíptica que se va estrechando hacia la porción inferior en una vista opuesta de la pared lateral larga 3a.

[Ejemplo 1]

En lo que sigue, se describirá un efecto de eliminación de burbujas de gas Ar e inclusiones incluidas en acero fundido en un caso en el que se utiliza un aparato de colada continua para acero de acuerdo con Ejemplos de la presente invención. Cuando se realizaron los Ejemplos, se utilizó como aparato de colada continua para acero el aparato 1 de colada continua ilustrado en las Figuras 1 a 3.

En la posición de formación del menisco 24 en la lingotera 2 que tenía una anchura de 1200 mm, una altura de 900 mm, y un espesor de 250 mm, los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b que tenían una altura de 200 mm y un impulso de 100 mmFe se configuraron de manera que las posiciones finales superiores de los mismos tuvieran la misma altura que la posición del menisco, y se utilizaron los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b que estaban situados para aplicar la densidad de flujo magnético máxima en una posición que tenía una profundidad de 500 mm hacia abajo desde el menisco 24. Además, la boquilla de entrada sumergida 21 que tenía un diámetro exterior máximo de 190 mm y un diámetro interior de 100 mm se insertó en una porción sumergida de acero fundido en una posición que tenía una profundidad de 400 mm hacia abajo desde el menisco 24 a lo largo de la dirección vertical para realizar la colada.

El aparato 1 de colada continua de este ejemplo incluía porciones verticales que tenían radios de curvatura de 7,5 m y de 2,5 m. Utilizando la máquina 1 de colada continua se coló un acero desoxidado con aluminio de bajo contenido en carbono a una velocidad de colada de 2 m/min. Los orificios 22 de descarga de la boquilla de entrada sumergida 21 estaban situados enfrente de las superficies internas de las paredes laterales cortas 4a y 4b en el espacio de la lingotera 2 y tenían un ángulo de descarga  $\theta$  (véase la Figura 2) de 30 grados en la dirección hacia abajo, y como boquilla de entrada sumergida 21 se utilizó una boquilla de dos orificios que tenía un diámetro de orificio de 70 mm.

Los espesores de las paredes laterales largas 3a y 3b eran constantes en 30 mm, y una lingotera típica que tenía láminas de cobre laterales largas paralelas y las partes centrales de las láminas de cobre laterales largas se sometieron a conformado por presión, y las placas posteriores 5a y 5b se cortaron para que tuvieran profundidades D de la depresión de 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, y 55 mm en la posición del menisco 24. Esto es, cuando se produjeron las paredes laterales largas 3a y 3b, se prepararon láminas de cobre rectangulares con un espesor uniforme de 30

mm, se realizó conformado por presión en las porciones centrales de los extremos superiores de las láminas de cobre y, por consiguiente, se produjeron siete tipos de paredes laterales largas 3a y 3b con profundidades de depresión D de 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, y 55 mm en la posición de la altura del menisco 24. Además, una profundidad D de la depresión de 0 mm significa una lingotera que tiene una pared lateral larga sin depresiones.

- 5 Por otro lado, se produjeron siete tipos de placas posteriores 5a y 5b en los cuales las formas de las porciones cóncavas curvadas (las profundidades de las curvas) eran diferentes para ajustarse a las formas (las profundidades de las curvas) de las porciones curvadas 11a y 11b de los siete tipos de paredes laterales largas 3a y 3b. Además, el espesor de cada una de las placas posteriores 5a y 5b era 80 mm, pero la parte en la que se conformó la porción cóncava curvada era más delgada.
- 10 Las porciones curvadas 11a y 11b en las paredes laterales largas 3a y 3b se conformaron para que tuvieran una longitud de 400 mm desde el centro de la anchura de la lingotera en la dirección de la anchura de la colada hacia cada uno de los dos lados y, como se ilustra en la Figura 2, la frontera entre la porción curvada 11a (11b) y la otra parte plana era, ya que la porción curvada 11a (11b) va hacia el extremo inferior, una línea recta paralela a la dirección de la longitud (la dirección X en la Figura 2) de la pared lateral larga 3a en la parte final inferior de la porción curvada 11a (11b) y era una línea recta paralela a la dirección de la altura (la dirección Z en la Figura 2) de la pared lateral larga 3a en las dos partes laterales de la porción curvada 11a, conformando de ese modo una forma rectangular. Las paredes laterales largas 3a y 3b que tenían las porciones curvadas 11a y 11b se utilizaron como una parte de la lingotera.

- 20 Las burbujas y defectos de inclusión de una pieza colada se evaluaron observando una parte que tenía una profundidad de 50 mm desde la capa superficial de pieza colada de la pieza colada y contando como índices el número de burbujas e inclusiones que tenían un diámetro de 100  $\mu\text{m}$  o mayor. El índice del número de burbujas de gas Ar en la Tabla 1 representa la proporción del número de burbujas de gas Ar en cada condición con respecto al número de burbujas de gas Ar que se estableció que era 1 en un caso en el que las distancias L (véase la Figura 5) entre las porciones curvadas 11a y 11b y la boquilla de entrada sumergida 21 eran 25 mm y la profundidad D de la depresión era 0 mm, es decir, las porciones curvadas 11a y 11b no estaban conformadas en las paredes laterales largas 3a y 3b.

- 30 Además, de manera similar, el índice del número de inclusiones representa la proporción del número de inclusiones en cada condición con respecto al número de inclusiones que se estableció que era 1 en un caso en el que las distancias L entre las porciones curvadas 11a y 11b y la boquilla de entrada sumergida 21 eran 25 mm y la profundidad D de la depresión era 0 mm, es decir, las porciones curvadas 11a y 11b estaban conformadas en las paredes laterales largas 3a y 3b. Además, las distancias L entre las porciones curvadas y la boquilla de entrada sumergida en la Tabla 1 muestran dimensiones en las posiciones finales inferiores de los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b. Además, la profundidad D de la depresión muestra dimensiones en la posición de la altura en la que está presente el menisco 24.

- 35 Además, para comprobar los efectos de los Ejemplos de la presente invención, en primer lugar, en la Tabla 1 se muestra un resultado de accionar sólo los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b sin accionar los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b.

[Tabla 1]

Distancia entre porción curvada y boquilla de entrada sumergida L (mm)	Profundidad de la depresión de la porción curvada D (mm)	Índice del número de burbujas de gas Ar	Índice del número de inclusiones de porción paralela de la lingotera
25	0	1	1
25	5	1	1
30	5	0,6	1
40	10	0,4	1
50	20	0,2	1
60	30	0,2	1,1
70	40	0,2	1,2
80	50	0,2	1,3
85	55	0,2	2,0

## ES 2 695 045 T3

De acuerdo con el resultado mostrado en la Tabla 1, en un caso en el que la distancia L era 25 mm, incluso cuando estaban conformadas las porciones curvadas 11a y 11b con una profundidad D de la depresión de 5 mm, de forma similar al caso en el que la profundidad D de la depresión era 0 mm, tanto el índice del número de burbujas de gas Ar como el índice del número de inclusiones fueron 1, y se encontró que el número de burbujas de gas Ar y de inclusiones no se podía reducir.

Sin embargo, a una distancia L de 30 mm, aunque la profundidad D de la depresión era de 5 mm y pequeña, el índice del número de burbujas de gas Ar se redujo hasta 0,6.

Además, a una distancia L de 80 mm, el índice del número de burbujas de gas Ar fue 0,2, lo cual es un nivel bajo. Es más, el índice del número de inclusiones fue 1,3, lo cual es también un nivel bajo. Sin embargo, se vio que a una distancia L de 85 mm, el índice del número de inclusiones se incrementó rápidamente hasta 2,0.

[Ejemplo 2]

A continuación, bajo las mismas condiciones que las del Ejemplo 1, los dispositivos de agitación electromagnéticos 7a y 7b también se utilizaron mientras se accionaban los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b, y el resultado se muestra en la Tabla 2.

[Tabla 2]

Distancia entre porción curvada y boquilla de entrada sumergida L (mm)	Profundidad de la depresión de la porción curvada D (mm)	Índice del número de burbujas de gas Ar	Índice del número de inclusiones de porción paralela de la lingotera
25	0	1	1
25	5	1	1
30	5	0,5	1
40	10	0,3	1
50	20	0,1	1
60	30	0,1	1
70	40	0,1	1,1
80	50	0,1	1,2
85	55	0,1	1,8

De acuerdo con el resultado mostrado en la Tabla 2, se mostró la misma tendencia que en el caso en el que los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b no fueron accionados. Es decir, en un caso en el que la distancia L era 25 mm, incluso cuando estaban conformadas las porciones curvadas 11a y 11b que tenían una profundidad D de la depresión de 5 mm, tanto el índice del número de burbujas de gas Ar como el índice del número de inclusiones fueron 1, y no hubo ningún cambio con respecto al caso en el que la profundidad D de la depresión era 0 mm. Por lo tanto, no se pudo reducir el número de burbujas de gas Ar y de inclusiones.

Por otro lado, a una distancia L de 30 mm, incluso cuando la profundidad D de la depresión era 5 mm, el índice del número de burbujas de gas Ar se redujo a la mitad hasta 0,5.

Además, a una distancia L de 80 mm, el índice del número de burbujas de gas Ar fue 0,1 y se redujo aún más en comparación con el 0,2 mostrado en la Tabla 1. Por lo tanto, se pudo confirmar que en el caso en el que también se utilizaron los dispositivos de freno electromagnéticos 8a y 8b, hubo un efecto de eliminación de burbujas de gas Ar. Sin embargo, a una distancia L de 85 mm, se vio que el efecto de eliminación de burbujas de gas Ar era todavía alto, y el índice del número de inclusiones se incrementó rápidamente hasta 1,8.

[Aplicabilidad Industrial]

La presente invención es efectiva en suministrar acero fundido al interior de una lingotera y producir una pieza colada.

Los signos de referencia utilizados en la descripción y en los dibujos se enumeran a continuación:

- 1: APARATO DE COLADA CONTINUA
- 2: LINGOTERA
- 3a, 3b: PARED LATERAL LARGA
- 5 4a, 4b; PARED LATERAL CORTA
- 5a, 5b, 6a, 6b: PLACA POSTERIOR
- 7a, 7b: DISPOSITIVO DE AGITACIÓN ELECTROMAGNÉTICO
- 8a, 8b: DISPOSITIVO DE FRENO ELECTROMAGNÉTICO
- 9a, 9b: REGIÓN CURVADA
- 10 11a, 11b, 11c: PORCIÓN CURVADA
- 21: BOQUILLA DE ENTRADA SUMERGIDA
- 22: ORIFICIO DE DESCARGA
- 23: FLUJO DE DESCARGA
- 24: MENISCO
- 15 25: POLVO FUNDIDO
- 26: CÁSCARA SOLIDIFICADA
- M: ACERO FUNDIDO

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (1) de colada continua para acero que comprende:

una lingotera (2) para colar un acero fundido, la cual incluye un par de paredes laterales largas (3a, 3b) y un par de paredes laterales cortas (4a, 4b);

5 una boquilla de entrada sumergida (21) que descarga el acero fundido al interior de la lingotera (2) y que está adaptada para que se sople gas Ar en su interior;

un dispositivo de agitación electromagnético (7a, 7b) que está situado a lo largo de una superficie externa de cada una de las paredes laterales largas (3a, 3b) y que agita una parte superior del acero fundido dentro de la lingotera (2); y

10 un par de placas posteriores (5a, 5b) situadas a lo largo de la superficie externa de cada una de las paredes laterales largas (3a, 3b),

en donde una porción curvada (11a, 11b) que está curvada de forma convexa hacia el dispositivo de agitación electromagnético (7a, 7b) en vista en planta está conformada al menos en una posición en la que la porción curvada (11a, 11b) está situada enfrente de la boquilla de entrada sumergida (21) en cada una de las paredes (3a, 3b) laterales largas, y cada una de las paredes laterales largas (3a, 3b) que incluye la porción curvada (11a, 11b) tiene un espesor uniforme,

en donde el aparato (1) de colada continua está adaptado para conformar un menisco (24) del acero fundido en un intervalo H desde una porción final inferior del dispositivo de agitación electromagnético (7a, 7b) hasta una posición 50 mm más alta que una porción final superior del dispositivo de agitación electromagnética (7a, 7b) cuando se observa a lo largo de una dirección vertical, y

una distancia horizontal más corta L entre una parte superior que es la posición más hundida cuando una superficie interna de la porción curvada (11a, 11b) se ve en vista en planta y una superficie periférica exterior de la boquilla de entrada sumergida (21) es de 30 mm a 80 mm en el intervalo H,

25 en donde una profundidad D de la depresión (mm) de la porción curvada (11a, 11b) en la posición del menisco (24) es de 5 a 50 mm,

y

en donde canales de flujo en forma de surco están conformados en superficies internas de las placas posteriores (5a, 5b).

2. El aparato (1) de colada continua para acero de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:

30 un dispositivo de freno electromagnético (8a, 8b) situado debajo del dispositivo de agitación electromagnético (7a, 7b),

en donde el dispositivo de freno electromagnético (8a, 8b) aplica un campo magnético de corriente continua que tiene una distribución de densidad de flujo magnético que es uniforme en una dirección de la anchura de la lingotera a lo largo de cada una de las paredes laterales largas (3a, 3b) en vista en planta, en una dirección del espesor de la lingotera a lo largo de cada una de las paredes laterales cortas (4a, 4b).

35

FIG. 1

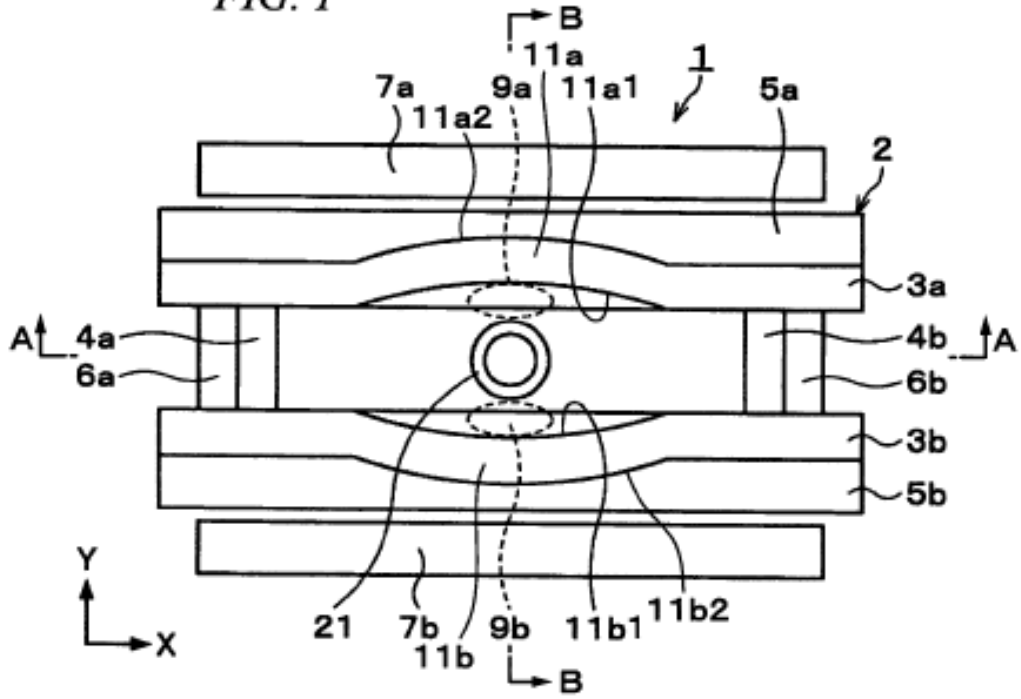


FIG. 2

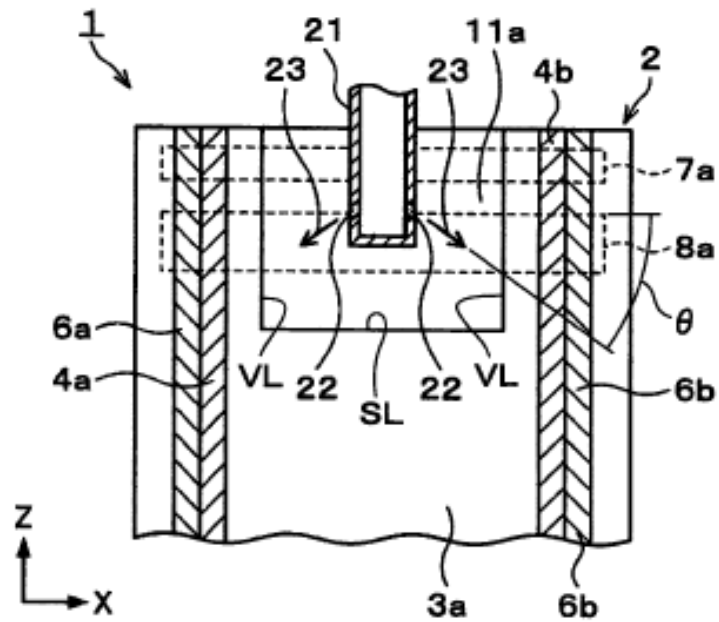


FIG. 3

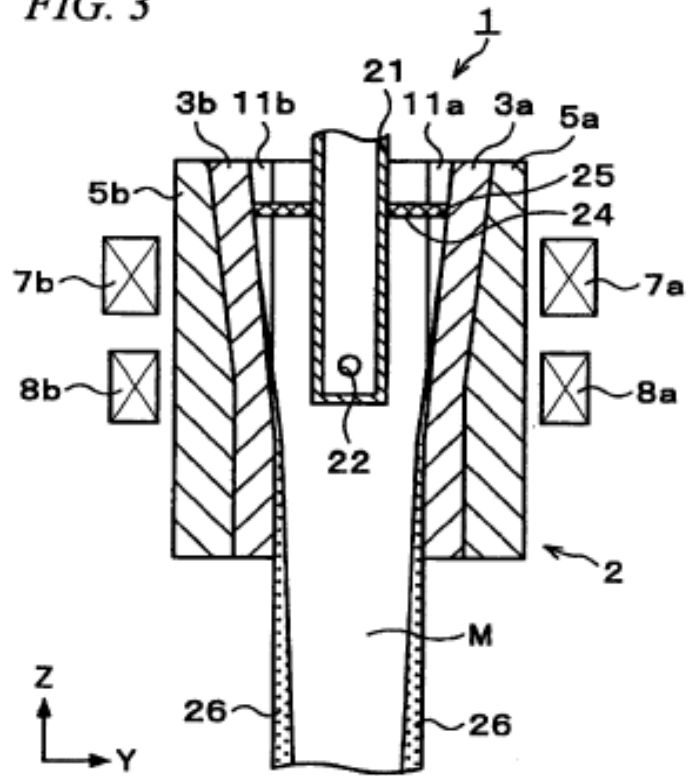


FIG. 4

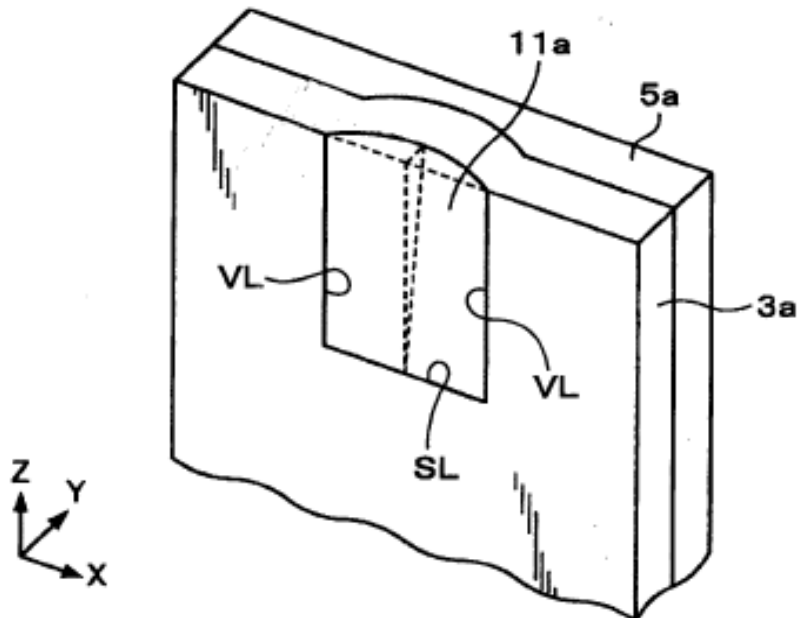


FIG. 5

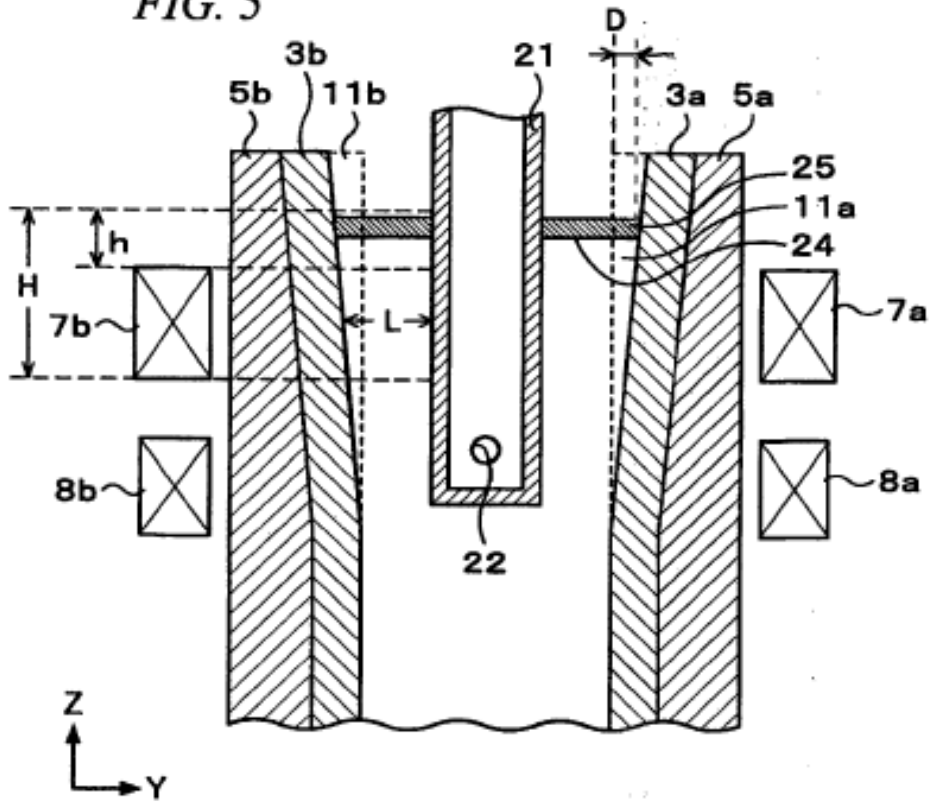


FIG. 6

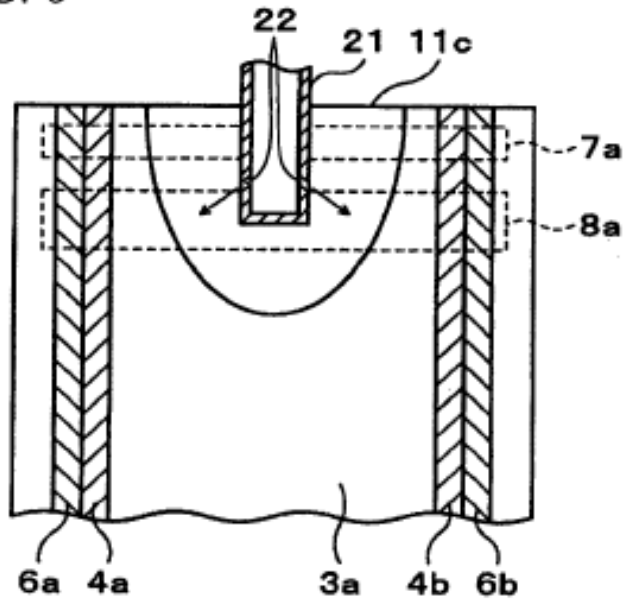




FIG. 7

