



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 266 125**

51 Int. Cl.:  
**C21B 13/10** (2006.01)  
**F27B 9/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Número de solicitud europea: **01310014 .4**  
86 Fecha de presentación : **29.11.2001**  
87 Número de publicación de la solicitud: **1213362**  
87 Fecha de publicación de la solicitud: **12.06.2002**

54 Título: **Horno de solera rotativa para producir metal reducido y método para producir metal reducido.**

30 Prioridad: **07.12.2000 JP 2000-372876**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.03.2007**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.03.2007**

73 Titular/es: **KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO**  
**3-18 Wakinohama-cho, 1-chome**  
**Chuo-ku, Kobe-shi, Hyogo-ken 651-0072, JP**

72 Inventor/es: **Harada, Takao y**  
**Tanaka, Hidetoshi**

74 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Horno de solera rotativa para producir metal reducido y método para producir metal reducido.

5 La presente invención se refiere a un horno de solera rotativa para producir metal reducido mediante calentamiento y reducción de materiales conteniendo carbono compuestos de al menos material conteniendo óxido metálico y material de reducción carbonoso, y en particular, a una estructura de una solera.

10 Recientemente, dado que se producen activamente productos de acero usando un horno de arco eléctrico, la demanda de hierro reducido está aumentando gradualmente debido a los problemas del suministro de chatarra como la materia prima principal de los productos de acero o la demanda de producir acero de alta calidad en el horno de arco eléctrico.

15 Como uno de los procesos para producir hierro reducido, se conoce un método en el que se mezclan mena fina y material de carbón, tal como carbón en polvo o coque, para formar un material aglomerado tal como pelet, que se carga en un horno de solera rotativa y calienta hasta una alta temperatura para reducir óxido de hierro presente en el mineral de hierro con el fin de obtener hierro metálico sólido.

20 Además, dicho método de reducción se puede usar no sólo para producción de hierro metálico, sino también para reducción de metal no ferroso tal como Ni y Cr.

Se produce hierro reducido en el horno de solera rotativa por ejemplo de la siguiente manera (consúltese la figura 5).

25 (1) Se mezclan óxido de hierro en polvo y material carbonoso en polvo y peletizan para formar pelets verdes.

(2) Los pelets verdes se calientan hasta una zona de temperatura en que los componentes volátiles combustibles generados de los pelets no se pueden quemar para quitar la humedad contenida con el fin de obtener pelets secos (más adelante se denominarán simplemente pelets).

30 (3) Los pelets 7 se suministran al horno de solera rotativa 17 usando una unidad de carga adecuada 13 para formar una capa de pelets en la solera rotativa 1.

35 (4) El pelet convertido en capa se calienta por calor radiante para reducción por la combustión de un quemador 17c instalado en la parte superior del interior del horno con el fin de producir hierro reducido mediante metalización.

(5) Dicho hierro reducido se enfría a una temperatura que permite el manejo mecánico por rociado directo de gas al hierro reducido por un enfriador 18 o enfriamiento indirecto usando una camisa de agua de refrigeración, y posteriormente se descarga del horno por una unidad de descarga 12 para obtener productos de hierro reducido.

40 La figura 6 es una vista en sección del horno de solera rotativa para ilustrar dicho proceso (4). La solera rotativa 1 tiene varias ruedas 19 unidas a su parte inferior de manera que puedan hacerse girarse a una velocidad constante en una pista circular 20 por una unidad de accionamiento (no mostrada). Mientras tanto, una campana 21 para cubrir la parte superior de la solera rotativa consta de un techo 22 y una pared lateral 2 y fijada a la tierra. Por lo tanto, hay que proteger el gas dentro del horno y el aire atmosférico permitiendo al mismo tiempo que la solera rotativa 1 gire libremente alrededor de la campana 21, y se instalan medios de sellado de agua 4 en general entre la solera rotativa 1 y la pared lateral 2. Los medios de sellado de agua 4, como se representa en la figura 6, incluyen una caja circular metálica llamada canal de sellado lleno de agua e instalada integralmente en el extremo inferior de ambas paredes laterales 2, y una faldilla circular metálica situada hacia abajo 4a instalada integralmente en la solera 1 debajo de ambos extremos laterales 1a de la solera rotativa 1, en la que los extremos delanteros de la faldilla 4a se sumergen en agua 4b en los canales de sellado 4 sin contactar con los canales de sellado 4.

55 Dado que la solera 1 se calienta por calor radiante hasta una alta temperatura desde la parte superior por el quemador 17c instalado en la campana 22 cuando los pelets 7 se cargan en su parte superior, se adopta una estructura en la que un refractario aislante sin forma 5 se pone en capas en el lado superficial inferior de la solera y un refractario termorresistente sin forma se pone en capas en el lado superficial superior de la solera.

60 Además, dado que el calentamiento y el enfriamiento se repiten en un corto período de tiempo (durante 10 a 20 minutos) cerca de la superficie superior de la solera 1 para cargar los pelets 7, la calidad general del refractario se puede dañar por desconchado y análogos. Además, debido a los varios factores tales como laminación, abrasión o impacto de caída al suministrar los pelets 7 a la superficie superior de la solera 1, el fino generado de los pelets 7 se mezcla en el horno 17 conjuntamente con los pelets 7 y reduce a polvo de hierro para formar una capa de material acumulado en la superficie superior de la solera 1. Por lo tanto, cerca de la superficie superior de la solera 1 se forma frecuentemente por un material de solera que tiene óxido de hierro como el ingrediente principal para evitar el problema de desconchado y quitar fácilmente la capa de material acumulado.

65 Además, como se representa en la figura 6, con el fin de evitar que los pelets 7 caigan al canal de sellado 4, los pelets 7 no se cargan cerca de las puntas de los extremos laterales de la solera 1a. Por lo tanto, mientras la superficie superior

de refractario 1u de los extremos laterales de la solera 1a está expuesta directamente a calor radiante del interior del horno tal como el quemador caliente 17c, el interior del techo 22 de la campana 21 y el interior de la pared lateral 2 y su temperatura aumenta expandiéndose en gran medida, las paredes laterales de refractario 1s de los extremos laterales de la solera 1a no están expuestos directamente a calor radiante y por ello no se expanden. Por lo tanto, se produce gran cantidad de esfuerzo producido por distorsión por calor en el borde 1e (12) (más adelante se denominará borde de solera refractario) de los extremos laterales de la solera 1a, que tiende a tener desconchado conjuntamente con baja resistencia debido a combustión insuficiente. Cuando el borde de solera 1e (12) tiene desconchado, los fragmentos rotos caen al canal de sellado 4 y los pelets 7 cargados cerca del borde de solera 1e tienden a caer también al canal de sellado 4. Esto no sólo disminuye el rendimiento de los productos de hierro reducido, sino que también puede parar la rotación de la solera 1 dado que se produce un depósito en forma de suspensión en la parte inferior del canal de sellado 4 y el extremo delantero de la faldilla 4a se soterra en el depósito.

Por consiguiente, un objeto de la presente invención es proporcionar una estructura de solera, por la que no se daña un refractario en extremos laterales de la solera, y no caen materiales conteniendo carbono (tal como pelets conteniendo carbono) a los medios de sellado de agua (canal de sellado). Además, otro objeto de la invención es proporcionar un método para mejorar el rendimiento de metal reducido.

Como medios para resolver dichos problemas, la invención según la reivindicación 1 se refiere a un horno de solera rotativa para producir metal reducido mediante de calentamiento y reducción de materiales conteniendo carbono compuestos de material conteniendo óxido metálico y material de reducción carbonoso, incluyendo: una solera para cargar dichos materiales conteniendo carbono; y una campana para cubrir la solera completa desde arriba, donde las partes superiores de ambos extremos laterales de dicha solera se cubren con el extremo inferior de pared lateral de la campana; y se ha dispuesto medios de enfriamiento en el extremo inferior de la pared lateral. En este caso, al estar al mismo tiempo cubiertos con el extremo inferior de pared lateral de dicha campana, los lados superiores de ambos extremos laterales de dicha superficie superior de solera se pueden cubrir con una porción del extremo inferior de pared lateral.

El extremo inferior de pared lateral de la campana cubre los extremos laterales de la superficie superior de solera de modo que el refractario de los extremos laterales no se exponga directamente al calor radiante del interior del horno. Entonces, el borde de solera no se distorsiona por calor y no se puede desconchar. Además, los medios de enfriamiento se instalan en el extremo inferior de pared lateral con el fin de moderar la distorsión por calor en los bordes interiores del horno del extremo inferior de pared lateral y con el fin de evitar el desconchado en estas porciones.

Según la invención, el horno de solera rotativa para producir metal reducido según la reivindicación 1 se caracteriza por lo tanto por una sección vertical incluyendo un eje rotativo de dicho horno de solera rotativa que tiene una combinación de  $\theta$  y L que cumplen ambas ecuaciones 1 y 2 siguientes:

$$L \cdot \tan \theta \geq 30 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$L \geq 0,16 \theta^2 - 2,44 \theta + 92 \quad \text{Ecuación 2}$$

donde  $\theta(^{\circ})$  es el ángulo de depresión mínimo para exponer al menos una porción del extremo lateral de solera cuando dicho extremo lateral de solera se observa hacia abajo desde el extremo delantero en dicho lado central de solera en el extremo inferior de pared lateral, y L (mm) es la longitud horizontal desde dicho extremo delantero a una posición en dicho extremo lateral que será el ángulo de depresión mínimo.

Según esta invención, dado que la temperatura del borde se puede reducir en un grado tal que no puede tener lugar desconchado en el borde de solera cuando la temperatura atmosférica en el horno es 1200°C o menos, se puede asegurar el efecto de la invención según la reivindicación 1.

La invención según la reivindicación 2 se refiere al horno de solera rotativa para producir metal reducido según la reivindicación 1, donde dicha ecuación 2 se pasa de  $L \geq 0,16 \theta^2 - 2,44 \theta + 92$  a  $L \geq 0,19 \theta^2 - 2,44 \theta + 100$ .

Según esta invención, aunque la temperatura atmosférica en el horno sea superior a 1200°C, la temperatura del borde de solera se puede reducir en un grado tal que no pueda tener lugar desconchado en el borde de solera cuando la temperatura atmosférica sea 1400°C o más baja, y así se puede asegurar el efecto de la invención según la reivindicación 1.

La invención según la reivindicación 3 se refiere al horno de solera rotativa para producir metal reducido según cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, donde dicho extremo lateral tiene una superficie inclinada con gradiente hacia arriba hacia un extremo delantero lateral opuesto al lado central de solera.

Según esta invención, no caen materiales conteniendo carbono a los medios de sellado de agua (canal de sellado) sin interferir con la rotación de la solera.

## ES 2 266 125 T3

La invención según la reivindicación 4 se refiere al horno de solera rotativa para producir metal reducido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicho extremo lateral se forma de un refractario profundido quemado o un refractario con forma.

5 Según esta invención, el refractario del extremo lateral se puede quemar fuera del horno con el fin de que tenga un grado suficiente de resistencia, por que se puede evitar el problema de baja resistencia del extremo lateral debido a la combustión insuficiente descrito anteriormente de modo que el desconchado del borde de solera se pueda evitar más efectivamente.

10 La invención según la reivindicación 5 se refiere a un método de producir metal reducido mediante calentamiento y reducción de materiales conteniendo carbono compuestos de material conteniendo óxido metálico y material de reducción carbonoso, incluyendo los pasos de: cargar dichos materiales conteniendo carbono en dicha solera de horno de solera rotativa para producir metal reducido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4; y reducir por calor los productos carbonosos termotratados.

15 Según esta invención, no tiene lugar desconchado en el borde de solera y así el pelet no puede caer al canal de sellado de manera que el rendimiento de metal reducido se puede mejorar.

20 La figura 1 es una vista en sección para ilustrar una estructura de solera de un horno de solera rotativa para producir metal reducido de la presente invención.

La figura 2 ilustra la relación entre una longitud solapada L, un ángulo de depresión  $\theta$  y la temperatura de un borde de solera.

25 La figura 3 muestra la zona de combinación de la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$  de la invención según las reivindicaciones 2 y 3.

La figura 4 es una vista en sección para ilustrar una estructura de solera que tiene una superficie inclinada con gradiente hacia arriba hacia el borde de solera de la invención según la reivindicación 4.

30 La figura 5 es una vista en planta para ilustrar esquemáticamente un horno de solera rotativa para producir hierro reducido.

35 Y la figura 6 es una vista en sección para ilustrar una estructura de solera original de un horno de solera rotativa para producir hierro reducido.

La figura 1 muestra una realización de la invención. Con referencia a la figura 1, una estructura cerca de una pared lateral de una sección vertical en una dirección radial de una solera rotativa (por ejemplo, una sección a lo largo de la línea A-A representada en la figura 5) en una unidad de combustión representada en la figura 5 (una área de una unidad de carga 13 a una unidad de enfriamiento 12 en una dirección rotacional. Además, dado que el lado de periferia exterior y el lado de periferia interior tienen la misma estructura cerca de la pared lateral, solamente se representa uno de ellos. La solera 1 consta de una configuración en capas desde la parte inferior a la parte superior, por ejemplo, en el orden de una capa de refractario aislante 5a, una capa de refractario termorresistente 5b y una capa de material de solera 6, excepto para un extremo lateral 1a, que se forme proporcionando una capa de un refractario profundido que se quema 5c (más adelante se denominará refractario profundido quemado en la capa de refractario aislante 5a. Además, el extremo lateral 1a es adyacente al extremo inferior 2a de una pared lateral 2 de una campana y se cubre por ello de manera que se solape algo. Esto evita que la superficie superior 1u del extremo lateral 1a sea expuesta directamente a calor radiante del interior del horno, y en particular, el lado superior del horno de manera que la distorsión de calor de un borde de solera 1e sea moderada disminuyendo por ello la probabilidad de daño tal como desconchado, erosión por descarga de DRI caliente, corrosión, etc, debido a una condición de temperatura muy alta en el borde de solera 1e. Aunque no es necesario restringir el extremo lateral 1a al refractario profundido quemado 5c, dado que el extremo lateral 1a se quema previamente para mostrar una cantidad suficiente de resistencia cuando se usa el refractario profundido quemado 5c, la probabilidad de daño en el borde de solera 1e se puede reducir más. Además, cuando se prepara un bastidor, como el refractario profundido quemado 5c, con una forma para dividir el lado de periferia exterior y el lado de periferia interior de la solera 1 en un número adecuado en la dirección circunferencial y se prepara un material quemado (ladrillo de bordillo) fundiendo un refractario sin forma al bastidor seguido de formación fuera del horno y combustión para instalarse en el horno, aunque se desconche alguno de los ladrillos de bordillo 5c, el ladrillo de bordillo predispuesto 5c sustituye al desconchado después del enfriamiento del horno de manera que la operación se puede reabrir sin retardo. Aunque un refractario conformado puede sustituir el refractario profundido quemado para obtener el mismo efecto, dado que el refractario conformado requiere operaciones tales como el cortar el refractario para que coincida con la forma de la solera elevando por ello a menudo el costo operativo, el refractario profundido quemado se desea en general. Por el contrario, cuando el refractario del extremo lateral 1a se instala con el refractario sin forma en el horno, se requiere adicionalmente un tiempo, después del enfriamiento el horno, para reparar la porción desconchada con el refractario sin forma y quemar esta porción reparada por el quemador 17c del horno. Así, además de que se disminuye la velocidad operativa del horno de solera rotativa 17, hay un problema de que algunas porciones tales como los lados 1s de la solera tienen baja resistencia dado que no se puede quemar todo el refractario del extremo lateral 1a.

El extremo inferior 2a de la pared lateral está provisto por ejemplo como un refractario sin forma, en el que los medios de enfriamiento 3 se soterran por ejemplo como un tubo metálico de agua de refrigeración. Preferiblemente, el tubo de agua de refrigeración 3 se suelda con una chapa de anclaje 3a de modo que el efecto de enfriamiento puede llegar hasta la superficie refractaria. Alternativamente, se puede usar un canal de agua de refrigeración en forma de caja, por ejemplo, en lugar de del tubo de agua de refrigeración 3, y el enfriamiento se puede realizar usando gas en lugar de agua. Dado que el enfriamiento se realiza hasta la superficie refractaria, la resistencia del refractario propiamente dicho se puede elevar evitando por ello el desgaste de la superficie del refractario debido a la soldadura y análogos. Además, la diferencia de temperatura se reduce entre la superficie interior del horno en el extremo inferior de pared lateral y la superficie inferior de manera que la distorsión por calor del borde de pared lateral 2e puede ser moderada con el fin de evitar el daño del borde de pared lateral 2e. Si los medios de enfriamiento 3 no están instalados en el extremo inferior de pared lateral 2a, el borde de pared lateral 2e se daña debido a la distorsión por calor por la diferencia de temperatura entre la superficie interior del horno y la superficie inferior, y se impide un efecto que cubre (A) el extremo lateral de solera 1a de manera que el borde de solera 1e se puede dañar. Además, es preferible soterrar los medios de enfriamiento 3 de tal manera que el tubo de agua de refrigeración o el canal de agua de refrigeración en forma de caja en el extremo inferior de pared lateral 2a dado que los medios de enfriamiento soterrados 3 se pueden adaptar con el fin de que sirvan para soportar el peso del refractario de pared lateral 5 además de dicho efecto.

La instalación del refractario de solera se realiza preferiblemente, por ejemplo, según el orden siguiente: primero, la capa de refractario aislante conformado o sin forma 5a se instala a través de toda la anchura de la solera seguido de envejecimiento y solidificación. Sobre la capa de refractario 5a se disponen los ladrillos de bordillo 5c del refractario profundado quemado a través de todas las periferias interior y exterior del extremo lateral de solera para formar un banco 1a (que indica A, sin embargo, la descripción de A se omitirá a continuación). El refractario termorresistente sin forma 5b se instala entre el banco 1a de las periferias interior y exterior ligeramente rebajadas más que el banco 1a. Entonces, el horno se calienta por el quemador 17c para secar y quemar el refractario sin forma 5b. En una depresión realizada del banco 1a y el refractario sin forma 5b después de quemar se introduce un material de solera 6 que tiene óxido de hierro como el principal ingrediente en forma de terrón o polvo, que se calienta usando un quemador 17c para formar la superficie de solera para cargar pelets 7. Esto libera la solera de daño debido al desconchado y es capaz de mantener la planeidad dado que una capa de material acumulado formada en la superficie superior de solera se puede quitar fácilmente. Alternativamente, el ladrillo de bordillo 5c se puede instalar después de que el refractario sin forma 5b se aplica, seca y solidifica.

Posteriormente, los inventores hallaron que el desconchado del borde de solera 1e tiene lugar debido a la distorsión por calor del borde de solera 1e, que está estrechamente relacionado con la temperatura del borde de solera 1e, y lo estudiaron como sigue.

Con referencia a la figura 1, la temperatura cerca del borde de solera 1e se cambia debido a la configuración geométrica cerca del extremo lateral de solera 1a, mientras que su medición directa es difícil. Por lo tanto, considerando la transferencia de calor de radiación mediante un intervalo entre la solera 1 y la pared lateral 2 del interior del horno y la transferencia de calor de conducción transferida de la superficie superior de la solera 1, la temperatura del borde de solera y análogos se estima por medio de cálculo de transferencia de calor.

Con referencia a la figura 2, cuando la temperatura atmosférica en el horno se establece a 1400°C cerca de la temperatura límite superior en la producción de hierro reducido usando el horno de solera rotativa 17, se representa la temperatura del borde de solera obtenido a través de cálculo de transferencia de calor usando parámetros tales como un ángulo de depresión  $\theta$  mirando hacia abajo del borde de solera 1e desde el borde de pared lateral 2e mostrado en la figura 1 y una longitud horizontal L del borde de pared lateral 2e al borde de solera 1e (la longitud donde el extremo inferior de pared lateral y la superficie superior de solera se solapan, más adelante se denominará simplemente longitud solapada). Además, se proporcionan estructuras de solera (correspondientes a los experimentos números 2, 4 y 5 que se describirán más adelante), en las que el ángulo de depresión  $\theta$  y la longitud solapada L se varía a tres tipos usando el refractario profundado quemado de los refractarios fundibles a base de alúmina al extremo lateral de solera en un horno de solera rotativa existente (diámetro de solera 8,5 m y anchura de solera 1,25 m). La temperatura atmosférica se establece aproximadamente a 1400°C en dicho horno para realizar experimentos de producir hierro reducido durante un cierto período de tiempo (22 a 30 días), se observa desconchado del borde de solera 1e y sus resultados se muestran en la figura 2. En la figura 2, las marcas O significan que el borde de solera 1e no tiene desconchado, y las marcas X significan que el borde de solera 1e tiene desconchado. A partir de estos resultados, es sabido que el borde de solera 1e tiene muy baja probabilidad de desconchado cuando la temperatura del borde de solera se mantiene a o por debajo de 550°C. Preferiblemente, una longitud solapada L se establece lo mas grande posible y el ángulo de depresión  $\theta$  se establece lo más pequeño posible con el fin de mantener la temperatura del borde de solera a o por debajo de 550°C; sin embargo, hay que considerar las condiciones siguientes.

Además, si el intervalo entre el extremo lateral de solera 1a y el extremo inferior de pared lateral 2a se establece demasiado pequeño, el pelet 7 se puede estrangular en el intervalo interrumpiendo la rotación de la solera 1. Por lo tanto, el intervalo es preferiblemente al menos 30 mm considerando que el diámetro del pelet en uso es 5 a 20 mm en general.

Como antes, con el fin de evitar el desconchado del borde de solera 1e, se desea satisfacer las ecuaciones siguientes 1 y 2:

## ES 2 266 125 T3

$$L \cdot \tan \theta \geq 30$$

Ecuación 1

$$L \geq 0,16 \theta^2 - 2,44 \theta + 92$$

Ecuación 2

donde L se expresa en la unidad de mm, y  $\theta$  se expresa en la unidad de grado ( $^{\circ}$ ). Además, la ecuación 2 se obtiene leyendo combinaciones de la longitud solapada L y la depresión  $\theta$  cuando la temperatura del borde de solera es 550°C de la figura 2 aproximándose en curva.

La figura 3 muestra dichas ecuaciones 1 y 2. En otros términos, una zona sobre una curva corresponde a la ecuación 1, y otra zona sobre una curva b corresponde a la ecuación 2. Por lo tanto, las combinaciones de L que son puntos arbitrarios en la área sobre la curva a y la curva b (incluyendo los puntos en las curvas) y  $\theta$  de modo que se puede evitar el desconchado del borde de solera 1e.

Además, si la longitud solapada L se establece a o por debajo de 400 mm, se puede minimizar la zona abierta de la solera de horno que no se usa para producción de hierro reducido mientras se asegura un grosor necesario para aislamiento térmico del horno que es la finalidad original de la pared lateral 2, lo que es preferible sobre una base económica tal como la reducción de costo de fabricación del horno. Por lo tanto, las combinaciones de L y  $\theta$  se seleccionan en el rango de una región inclinada de la figura 3 definida por la línea recta c y las curvas a y b, en la que una región marcada con líneas de puntos debajo de la línea recta c corresponde a una condición de  $L \leq 400$  mm. Entonces, preferiblemente, se puede evitar el desconchado del borde de solera 1e y se puede reducir el costo de fabricación del horno.

Además, dicha descripción muestra una condición preferida de que la temperatura atmosférica es 1400°C, que está cerca del límite superior, en el horno en la producción de hierro reducido por la solera rotativa 17, mientras que la temperatura atmosférica en el horno se establece a veces a 1200°C debido a varias limitaciones tales como las características de la materia prima en uso. En este caso, las condiciones de la ecuación 2 son moderadas dado que la temperatura de borde de solera se disminuye en comparación con la temperatura atmosférica en el horno de 1400°C. La temperatura atmosférica se establece a 1200°C y la transferencia de calor se calcula como antes para obtener un dibujo (no mostrado) como en la figura 2, por lo que el borde de solera 1e tiene baja probabilidad de desconchado. Bajo la condición de que el extremo delantero del borde tiene una temperatura de o inferior a 550°C, la ecuación 2' se obtiene de la siguiente manera:

$$L \geq 0,19 \theta^2 - 2,44 \theta + 100$$

Ecuación 2

La ecuación 1 es una condición restrictiva que se determina simplemente de forma geométrica independientemente de la temperatura atmosférica en el horno sin cambio, en el que una zona de combinación preferida de la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$  en la temperatura atmosférica en el horno a 1200°C satisface las ecuaciones 1 y 2'. Cuando la ecuación 2' se representa conjuntamente en la figura 3, una zona sobre la curva b' corresponde a la ecuación 2' y la zona sobre la curva a y la zona sobre la curva b' (incluyendo la zona sobre la curva b') corresponden al rango de selección de L y  $\theta$ , que es más ancho que cuando la temperatura atmosférica en el horno es 1400°C.

Dado que la temperatura atmosférica en el horno difiere según las cualidades de la materia prima utilizada, se puede usar una estructura de horno adecuada en base al principio técnico de la invención en este caso.

Además, mientras que la temperatura en el borde de solera se varía más o menos según la conductividad térmica del refractario profundido quemado 5c y también el material del refractario produce diferencia más o menos en la temperatura del borde de solera donde el borde de solera 1e no tiene desconchado, en el caso del refractario profundido quemado en el rango de conductividad térmica y el material usado en general, el rango para evitar el desconchado del borde de solera 1e se puede expresar como en la figura 3.

Aunque la superficie superior del extremo lateral de solera 1a se forma plana en general de manera que el metal reducido se pueda descargar fácilmente por un tornillo o un rascador, con el fin de evitar que los pelets caigan al canal de sellado, se puede formar una superficie inclinada 1k con gradiente ascendente hacia el borde de solera (extremo delantero lateral) 1e en el extremo lateral de horno 1a como se representa en las figuras 4A y 4B. Aunque el ángulo de la superficie inclinada 1k no se restringe específicamente, en el extremo lateral de solera en una región (lado de periferia interior en general) diferente de la región (lado de periferia exterior en general) donde los pelets de hierro reducido se descargan del horno por una unidad de descarga, el ángulo se establece preferiblemente al menor ángulo de reposo de los pelets 7, por ejemplo al menos 25°, de modo que los pelets 7 que lleguen a la superficie inclinada puedan volver fácilmente al horno original. Además, es preferible que cerca del borde de solera 1e se corte previamente de forma oblicua (figura 4C) o reciba un radio R (no mostrado) con el fin de que tenga una configuración para dispersar el esfuerzo de manera que el borde de solera 1e apenas se pueda desconchar. Además, la definición de la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$  se representa conjuntamente en las figuras 4A a 4C, en las que se adopta dicha configuración del extremo lateral de solera 1a. En otros términos, el ángulo de depresión  $\theta$  es el ángulo de depresión mínimo para exponer al menos una porción del extremo lateral de solera 1a cuando el extremo lateral de solera 1a se observa hacia abajo desde el borde de pared lateral 2e. Además, la longitud solapada L es una distancia horizontal

## ES 2 266 125 T3

hasta una posición 1z en el extremo lateral de solera 1a que tiene el ángulo de depresión mínimo  $\theta$ . La posición 1z se basa en la definición de la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$ , dado que el calor radiante no llega directamente a una zona del horno más allá de la posición 1z mientras que el calor radiante llega directamente a la otra zona del horno hacia dentro de la posición 1z, la posición 1z es un lugar para generar distorsión por calor en la cantidad máxima.

Además, aunque los pelets se describen como un ejemplo de los materiales conteniendo carbono en dicha realización, los materiales conteniendo carbono no se limitan a ellos, sino que pueden incluir la forma de briqueta, la forma de placa, la forma de pepita, mezcla de polvo y análogos.

### Ejemplos

En una estructura de horno en la que un horno de solera rotativa tiene un diámetro de solera de 8,5 m y una anchura de solera de 1,25 m, y se realizan modificaciones de varias formas de longitud solapada L, el ángulo de depresión  $\theta$ , la existencia de la superficie inclinada con gradiente hacia arriba hacia el borde de solera (extremo delantero lateral), soterramiento del tubo de agua de refrigeración en el extremo inferior de pared lateral, tipo del refractario de extremo lateral y método de instalación, después de poner la temperatura atmosférica en el horno a 1400 o 1200°C y se produce hierro reducido durante un período de tiempo predeterminado (aproximadamente 30 días) en cada condición, se investigan el grado de daño del borde de solera y el aumento de suspensión en el canal de sellado. Los resultados se muestran en la Tabla 1 siguiente.

(Tabla pasa a página siguiente)

TABLA 1

| No | Estructura de la solera  |                        |                                                    |                                                                |                                                                        | Condición operativa | Resultado de la operación              |                                           |                                        |
|----|--------------------------|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|
|    | Longitud solapada L (mm) | Depresión $\theta$ (°) | Superficie inc. hacia arriba hacia borde de solera | Tipo de refractario de extremo lateral                         | Medios de enfriamiento alrededor del extremo inferior de pared lateral |                     | Desconchado en borde de solera         | Aumento de suspensión en canal de sellado | Desconchado en borde de pared lateral  |
| 1  | 0                        | -                      | -                                                  | Fundición de refractarios fundibles a base de alúmina en horno | -                                                                      | 1400                | Grande a lo largo de la circunferencia | Muy grande                                | -                                      |
| 2  | 100                      | 21                     | No                                                 |                                                                | No                                                                     |                     | Grande a lo largo de la circunferencia | Muy grande                                | Grande a lo largo de la circunferencia |
| 3  | 200                      | 17                     |                                                    |                                                                | Soterrar tubo de agua de refrigeración                                 | 1200                | Fisura sólo                            | Disminución drástica                      | No                                     |
| 4  | 200                      | 17                     |                                                    |                                                                |                                                                        |                     | No                                     | Disminución drástica                      | No                                     |
| 5  | 250                      | 14                     |                                                    | Refractario pre-fundido quemado a base de alúmina              |                                                                        |                     | No                                     | Disminución drástica                      | No                                     |
| 6  | 150                      | 25                     |                                                    |                                                                |                                                                        | 1400                | No                                     | Disminución drástica                      | No                                     |
| 7  | 250                      | 14                     | Si                                                 |                                                                |                                                                        |                     | No                                     | Casi no                                   | No                                     |

## ES 2 266 125 T3

Con referencia al experimento número 1 en la Tabla 1, se selecciona una estructura de solera en la que la parte superior del extremo lateral de solera convencional no se cubre con el extremo inferior de pared lateral, y el extremo lateral de solera se forma fundiendo refractarios fundibles a base de alúmina (conteniendo 50% de masa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y 45% en masa de  $\text{SiO}_2$ ) en el horno. En este caso, después de 1 funcionamiento durante 22 días a la temperatura atmosférica del horno de 1400°C, se observa que el borde de solera tiene desconchado en gran cantidad a lo largo de la circunferencia y la cantidad de suspensión en el canal de sellado también se incrementa en gran cantidad.

Con referencia al experimento número 2, aunque se selecciona una estructura (L es 100 mm y  $\theta$  es 21°) en la que el extremo lateral de solera se forma fundiendo los refractarios fundibles a base de alúmina en el horno y el extremo inferior de pared lateral cubre directamente el extremo lateral como en el experimento número 1, los medios de enfriamiento no están instalados en el extremo inferior de pared lateral. Aunque en este caso, después de funcionamiento durante 22 días a la temperatura atmosférica en el horno de 1400°C, se halla que el borde de solera tiene desconchado en gran cantidad a lo largo de la circunferencia, la cantidad de suspensión en el canal de sellado se incrementa en gran cantidad, y también el borde de pared lateral tiene desconchado en gran cantidad a lo largo de la circunferencia. Se considera que la no instalación de los medios de enfriamiento daña el borde de pared lateral de manera que se elimina el efecto de protección contra el calor radiante del interior del horno con daño del borde de solera.

Con referencia al experimento número 3, el extremo lateral de solera se forma fundiendo los refractarios fundibles a base de alúmina en el horno como en los experimentos números 1 y 2, en el que la longitud de cobertura directa sobre el extremo lateral con el extremo inferior de pared lateral (longitud solapada) es ligeramente mayor que en experimento número 2 y el ángulo de depresión también es ligeramente más pequeño que en el experimento número 2 (L es 200 mm y  $\theta$  es 17°), y además, en el extremo inferior de pared lateral se soterra el tubo de agua de refrigeración soldado con la chapa de anclaje. En este caso, incluso después de funcionamiento durante 30 días a la temperatura atmosférica del horno de 1400°C, el borde de solera sólo tiene ligeras fisuras que no llegan al desconchado y no se observa daño en el borde de pared lateral. Además, el aumento de suspensión en el canal de sellado se reduce en gran cantidad. Cuando se instalan los medios de enfriamiento, se evita el desconchado del borde de pared lateral y se habilita el efecto de protección contra el calor radiante del interior del horno con el fin de evitar el desconchado del borde de solera, y como resultado, se puede evitar que los pelets y análogos caigan al canal de sellado.

En el experimento número 4, solamente el método de vaciado del refractario del extremo lateral de solera se cambia al método para fundir el ladrillo de bordillo (conteniendo 50% en masa de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y 45% en masa de  $\text{SiO}_2$ ) del refractario profundido quemado, en el que otras condiciones son las mismas que las del experimento número 3. Como resultado, no se observa daño como fisuras en el borde de solera. Se considera que esto es un efecto de adoptar el ladrillo de bordillo, que se quema previamente en una cantidad suficiente fuera del horno y se obtiene suficiente resistencia hasta el borde en comparación con el método de fundir el refractario sin forma en el horno.

En el experimento número 5, la longitud solapada es mayor y el ángulo de depresión es más pequeño (L es 250 mm y  $\theta$  es 14°) que en la estructura de solera del número 4, en el que otras condiciones son las mismas que en el experimento número 4. Con esto se logra también sustancialmente el mismo efecto que en el experimento número 4. A partir de los resultados de los experimentos números 3 a 5, a la temperatura atmosférica del horno de 1400°C, cuando la combinación de la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$  satisface dichas ecuaciones 1 y 2 al mismo tiempo (en la zona sobre la curva a y la curva b en la figura 3), se puede confirmar que los efectos se obtienen fiablemente según la invención.

En el experimento número 6, la longitud solapada L y el ángulo de depresión  $\theta$  se varían de modo que estén en el rango (L es 150 mm y  $\theta$  es 25°) sobre la curva a y la curva b', aunque no sobre la curva a y la curva b en la figura 3, y la temperatura atmosférica del horno se disminuye a 1200°C, en el que otras condiciones son las mismas que en los experimentos números 4 y 5. Como esto se obtiene también sustancialmente el mismo efecto que en los experimentos números 4 y 5. Cuando la temperatura atmosférica en el horno se disminuye a 1200°C, se confirma que el rango de combinación de L y  $\theta$  se ensancha en comparación con la temperatura atmosférica de 1400°C.

En el experimento número 7, la longitud solapada L y ángulo de depresión  $\theta$  tienen el mismo valor que el experimento número 5 y se forma una superficie inclinada con gradiente hacia arriba hacia el borde en el lado más de borde del extremo lateral de solera (la longitud horizontal es 100 mm y el gradiente es 30°), en el que las otras condiciones son las mismas que en los experimentos números 4 y 5. En este caso, no se daña ni el borde de solera ni el borde de pared lateral y no se produce aumento de suspensión en el canal de sellado. Se considera que en el extremo lateral de solera se forma la superficie inclinada con gradiente hacia arriba (20 a 25°) ligeramente más grande que el ángulo de reposo de los pelets de modo que casi se evitan que los pelets caigan al canal de sellado.

Según la invención descrita en la reivindicación 1, el extremo inferior de pared lateral de la campana cubre los extremos laterales de la superficie superior de solera de modo que el refractario de los extremos laterales no se expone directamente al calor radiante del interior del horno. Entonces, el borde de solera no se distorsiona por calor y se puede evitar su desconchado. Además, dado que los medios de enfriamiento se instalan en el extremo inferior lateral, la distorsión por calor del borde de pared lateral se puede moderar evitando por ello el desconchado en estas porciones.

Además, en las reivindicaciones 1 y 2, la temperatura del borde de solera se puede reducir en un grado tal que no se pueda producir desconchado en la solera.

## ES 2 266 125 T3

Según la invención descrita en la reivindicación 3, el extremo lateral tiene una superficie inclinada con gradiente hacia arriba hacia un extremo delantero lateral, los materiales conteniendo carbono no caen al canal de sellado de manera que el efecto de la invención según las reivindicaciones 1 a 2 se puede obtener sin interferir con la rotación de la solera.

Según la invención descrita en la reivindicación 4, el refractario del extremo lateral se puede quemar fuera del horno con el fin de que tenga un grado suficiente de resistencia, por lo que se puede evitar el problema de baja resistencia del extremo lateral debido a la combustión insuficiente de modo que el desconchado del borde de solera se puede evitar de una manera más efectiva.

## REIVINDICACIONES

1. Un horno de solera rotativa (17) para producir metal reducido mediante calentamiento y reducción de materiales conteniendo carbono compuestos de material conteniendo óxido metálico y material carbonoso de reducción, incluyendo:

una solera (1) para cargar en ella dichos materiales carbonosos termotratados; y

una campana (21) para cubrir la solera completa desde arriba,

donde las partes superiores de ambos extremos laterales (1a) de dicha solera se cubren con el extremo inferior de pared lateral (2a) de dicha campana; y medios de enfriamiento (3) están dispuestos en el extremo inferior de la pared lateral, y

donde una sección vertical incluyendo un eje rotativo de dicho horno de solera rotativa tiene una combinación de  $\theta$  y L que cumplen las dos ecuaciones siguientes 1 y 2:

$$L \cdot \tan \theta \geq 30 \quad \text{Ecuación 1}$$

$$L \geq 0,16 \theta^2 - 2,44 \theta + 92 \quad \text{Ecuación 2}$$

donde  $\theta(^{\circ})$  es el ángulo de depresión mínimo para exponer al menos una porción del extremo lateral de solera (1a) cuando dicho extremo lateral de solera se observa hacia abajo desde un extremo delantero (2e) en dicho lado central de solera en el extremo inferior de pared lateral (2a) y L (mm) es la longitud horizontal desde dicho extremo delantero (2e) a una posición (1z) en dicho extremo lateral (1a) que será la depresión mínima.

2. El horno de solera rotativa (17) para producir metal reducido según la reivindicación 1, donde dicha ecuación 2 se pasa de  $L \geq 0,16 \theta^2 - 2,44 \theta + 92$  a  $L \geq 0,19 \theta^2 - 2,44 \theta + 100$ .

3. El horno de solera rotativa (17) para producir metal reducido según la reivindicación 1 o 2, donde dicho extremo lateral (1a) tiene una superficie inclinada (1k) con gradiente hacia arriba hacia un extremo delantero lateral (12) enfrente del lado central de solera.

4. El horno de solera rotativa para producir metal reducido según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde dicho extremo lateral (1a) se forma de un refractario prefundido quemado o un refractario con forma.

5. Un método de producir metal reducido mediante calentamiento y reducción de materiales conteniendo carbono compuestos de material conteniendo óxido metálico y material carbonoso de reducción, incluyendo los pasos de:

cargar dichos materiales carbonosos termotratados en dicha solera de horno de solera rotativa para producir metal reducido según la reivindicación 1 a 4; y

calentar y reducir los materiales conteniendo carbono.

FIG. 1

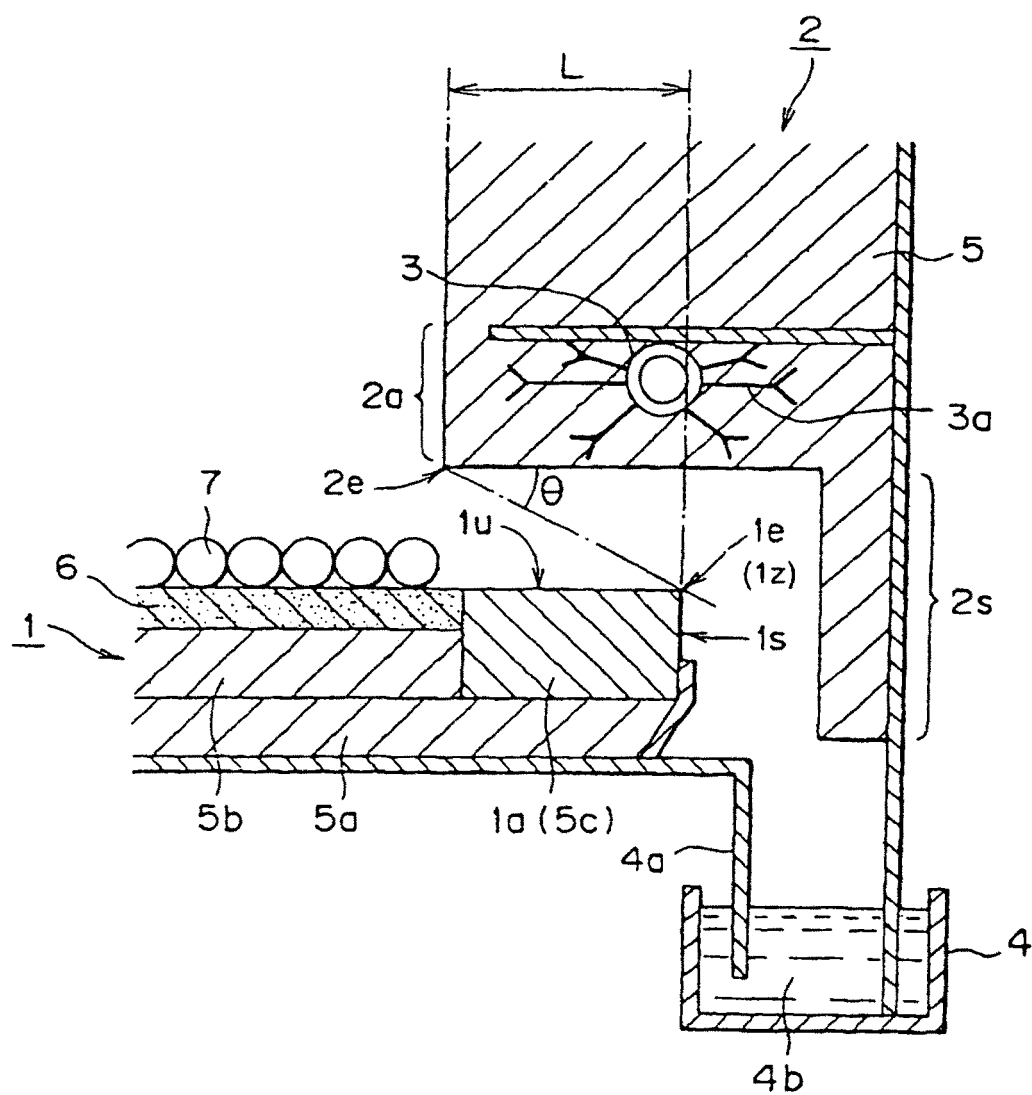


FIG. 2

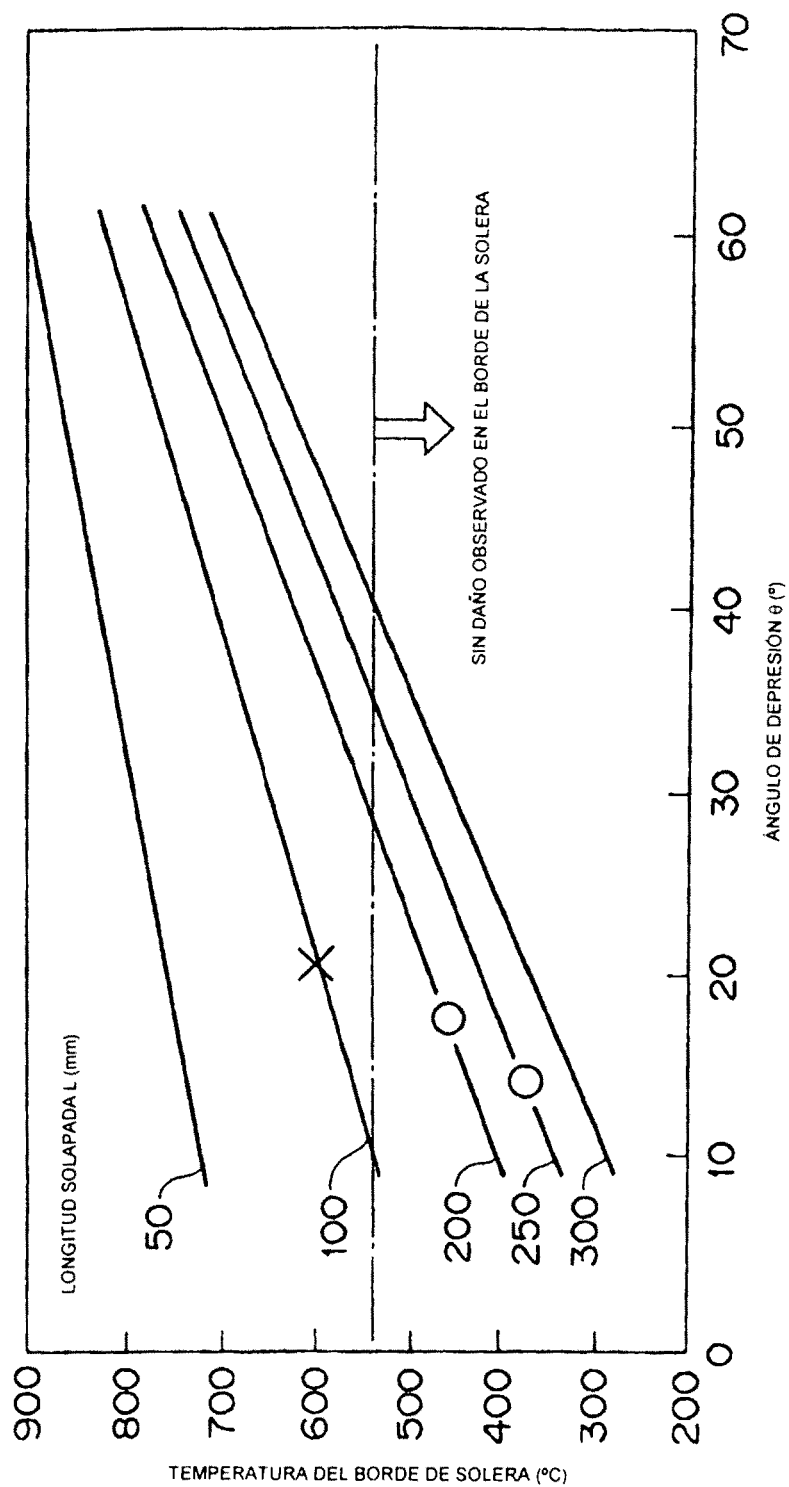


FIG. 3

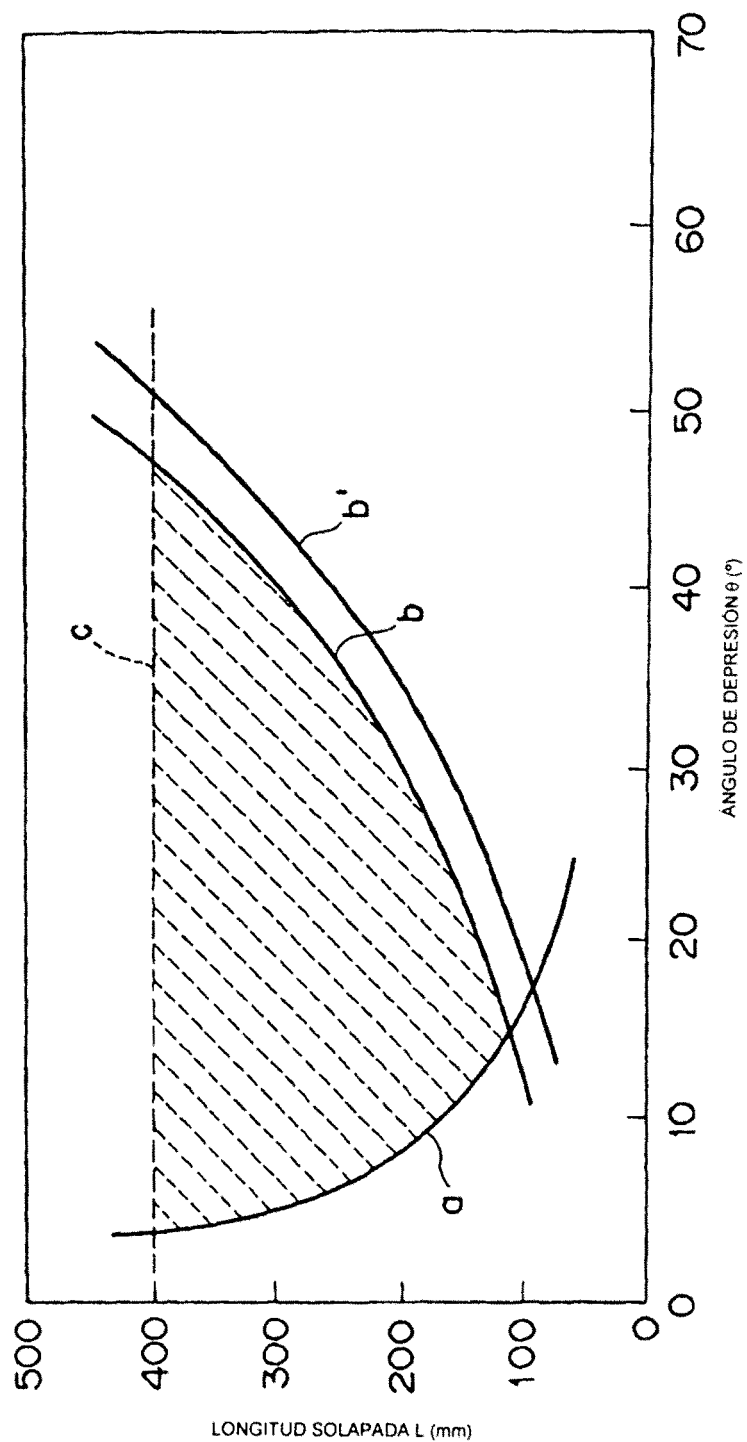


FIG. 4A

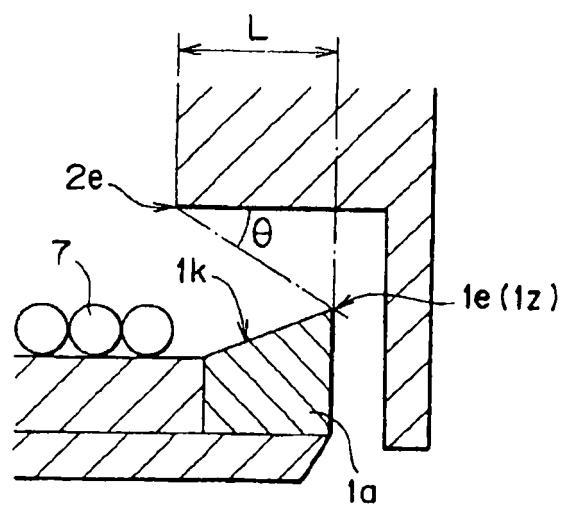


FIG. 4B

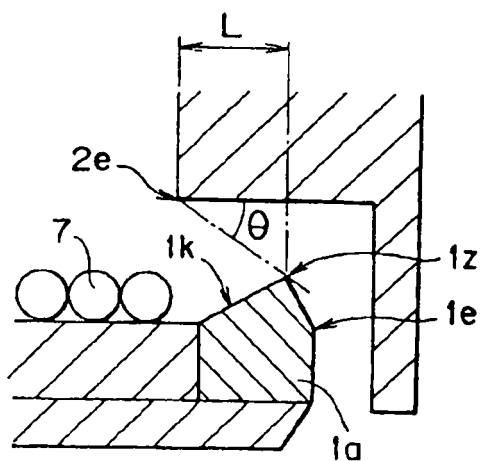


FIG. 4C

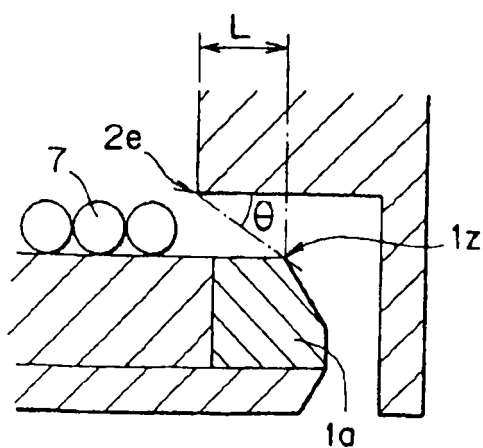


FIG. 5

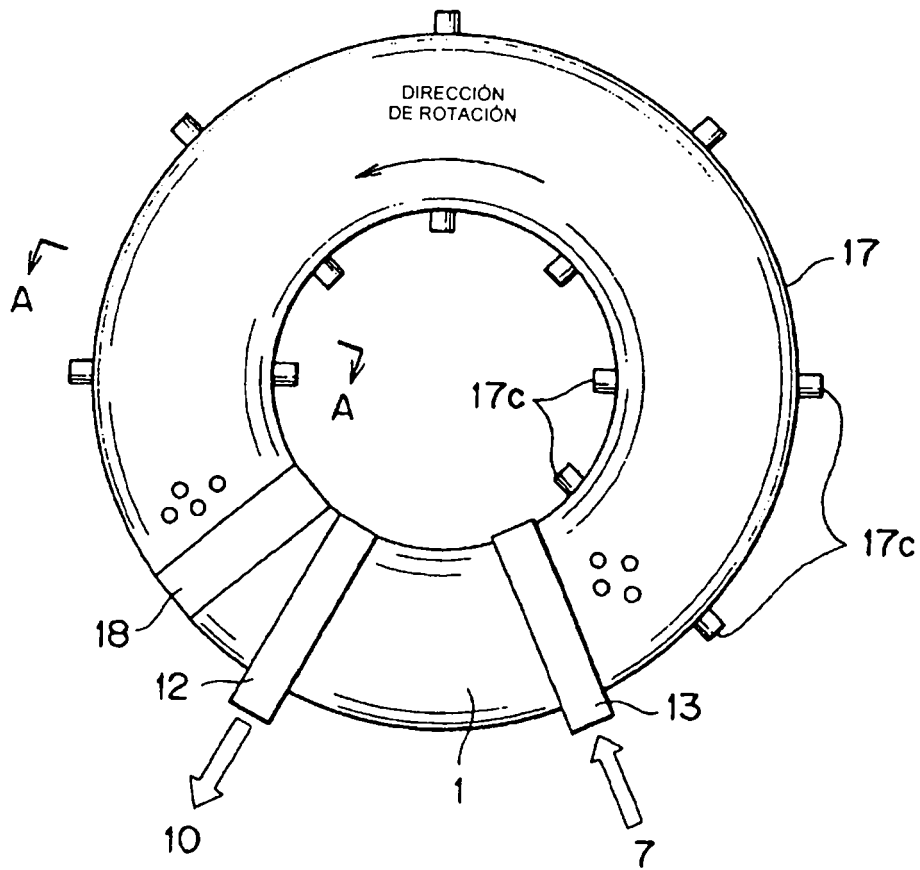


FIG. 6

