

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 663 819**

51 Int. Cl.:

F27B 3/18 (2006.01)

C21C 5/52 (2006.01)

F27B 3/08 (2006.01)

F27D 3/04 (2006.01)

F27D 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2010 PCT/JP2010/062738**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2011 WO11013726**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2010 E 10804472 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 2461126**

54 Título: **Equipo de fusión de arco y método de fabricación de metal fundido usando el equipo de fusión de arco**

30 Prioridad:

30.07.2009 JP 2009177225

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

17.04.2018

73 Titular/es:

**JP STEEL PLANTECH CO. (100.0%)
2-6-23, Shinyokohama, Kouhoku-ku, Yokohama-shi
Kanagawa 222-0033, JP**

72 Inventor/es:

SATO, YASUHIRO

74 Agente/Representante:

FÚSTER OLAGUIBEL, Gustavo Nicolás

ES 2 663 819 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

Equipo de fusión de arco y método de fabricación de metal fundido usando el equipo de fusión de arco

5 La presente invención se refiere a una instalación de fusión de arco eléctrico para fundir piezas de hierro fuente que tengan diversas longitudes, por ejemplo chatarras de hierro o hierro de reducción directa, y también a un método para producir metal fundido usando la instalación de fusión de arco eléctrico.

10 Un horno de fusión de arco eléctrico de tipo discontinuo es un ejemplo de hornos de fusión de arco eléctrico para fundir un hierro fuente, tal como chatarras. En general, el horno de fusión de arco eléctrico de tipo discontinuo está estructurado para cargar chatarras que vayan a procesarse en el cuerpo principal del horno de fusión por medio de un cangilón, en dos o tres partes divididas. Tras cargarse las chatarras, se genera un arco eléctrico mediante un electrodo de grafito para fundir las chatarras mediante el calor del arco. Con el fin de acelerar el proceso de fusión, se aplica adicionalmente calor de reacción química soplando oxígeno, carbono, etc., al interior del horno de modo que el tiempo de fusión se acorta y la productividad mejora. En este proceso, se expulsa gas de escape a alta temperatura incluyendo componentes no quemados del horno de fusión. Puesto que el horno de fusión de arco eléctrico consume mucha energía eléctrica, ha habido una demanda para el desarrollo de una instalación de fusión capaz de reducir el consumo de energía eléctrica utilizando el gas de escape a alta temperatura incluyendo los componentes no quemados para precalentar las chatarras que vayan a cargarse, para lograr una recuperación de calor. Sin embargo, en el horno de fusión de tipo discontinuo, es difícil aumentar la eficiencia de precalentamiento. Además, cuando se suministra una gran cantidad de chatarras al horno en un único lote, la eficiencia energética se reduce porque se aplica la descarga de arco a las chatarras.

25 A diferencia del horno de fusión de arco eléctrico de tipo discontinuo, se conoce una instalación de fusión de arco eléctrico estructurada para suministrar de manera continua el hierro fuente, tal como chatarras, y para precalentar el hierro fuente que vaya a cargarse mediante el gas de escape. Por ejemplo, el documento de patente 1 (publicación de solicitud de patente japonesa KOKAI n. ° 11-257859) da a conocer una instalación de fusión (instalación de fusión de arco eléctrico) para un hierro fuente frío (hierro fuente según la presente invención). Esta instalación de fusión incluye una cámara de fusión para fundir el hierro fuente frío, una cámara de precalentamiento que está directamente conectada al lado superior de la cámara de fusión y configurada para precalentar el hierro fuente frío mediante el gas de escape generado en la cámara de fusión, un electrodo de generación de arco para fundir el hierro fuente frío en la cámara de fusión, medios de suministro de hierro fuente frío para suministrar el hierro fuente frío a la cámara de precalentamiento, un empujador dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento y configurado para insertarse dentro y extraerse de la cámara de precalentamiento y un orificio de colada formado en la cámara de fusión. En la instalación de fusión descrita en documento de patente 1, mientras el hierro fuente frío se suministra de manera continua o intermitente a la cámara de precalentamiento para mantener el estado en el que el hierro fuente frío está presente de manera continua entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión, se inserta el empujador dentro y se extrae de la cámara de precalentamiento llena del hierro fuente frío para suministrar el hierro fuente frío desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión. El hierro fuente frío en la cámara de fusión se funde mediante el arco eléctrico, y la cámara de fusión se llena de ese modo de acero fundido, momento en el que se detiene el empujador. Entonces, se calienta el acero fundido mediante el arco para aumentar la temperatura del mismo y se cuela mientras el hierro fuente frío persiste de manera continua entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión.

45 En el horno de fusión de suministro continuo descrito anteriormente, el proceso de fusión del hierro fuente, tal como chatarras, necesita incluir un periodo de cambio del estado del hierro fuente de sólido a líquido (metal fundido) (que se denominará "periodo de fusión", a continuación en el presente documento) y un periodo de aumento de la temperatura del metal fundido hasta la temperatura requerida en el proceso posterior (que se denominará "periodo de aumento de la temperatura", a continuación en el presente documento). Si la temperatura del metal fundido colado es baja, el metal fundido colado puede solidificarse y adherirse al orificio de colada, provocando de ese modo una obstrucción en el proceso de colada. Por tanto, en el periodo de aumento de la temperatura, la temperatura se aumenta hasta una temperatura suficientemente más alta que el punto de fusión del hierro fuente. El horno de fusión que suministra de manera continua el hierro fuente tal como se describe en el documento de patente 1 (que se denominará "instalación de fusión de arco eléctrico que incluye un dispositivo de precalentamiento de tipo cuba", a continuación en el presente documento) conlleva una dificultad tal que es necesario que el suministro del hierro fuente al horno se realice de manera suave y continua en el periodo de fusión, mientras que es necesario que el suministro del hierro fuente al horno se inhíba en el periodo de aumento de la temperatura.

60 Específicamente, en la instalación de fusión de arco eléctrico que incluye un dispositivo de precalentamiento de tipo cuba, el hierro fuente en la cámara de fusión se funde mediante el arco mientras el hierro fuente se suministra de manera continua o intermitente a la cámara de precalentamiento para mantener el estado en el que el hierro fuente está presente de manera continua entre la cámara de fusión y la cámara de precalentamiento (cuba de precalentamiento). Por tanto, incluso en el proceso de aumento de temperatura y en el proceso de colada, el hierro fuente está presente en la cámara de precalentamiento y en la cámara de fusión, y el hierro fuente que vaya a cargarse a continuación puede precalentarse. Por tanto, el hierro fuente puede fundirse con una eficiencia térmica muy alta. Sin embargo, la temperatura del metal fundido no puede aumentarse eficazmente si el hierro fuente se

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65

suministra de manera continua a la cámara de fusión en el periodo de aumento de la temperatura. Por tanto, es necesario aumentar la temperatura del metal fundido en la cámara de fusión mientras se inhibe temporalmente el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión. En la instalación de fusión descrita en el documento de patente 1, la cantidad del hierro fuente que se suministra a la cámara de fusión puede reducirse deteniendo el funcionamiento del empujador, que es un dispositivo que empuja el hierro fuente desde una posición inferior en la cámara de precalentamiento hacia una posición central en la cámara de fusión. Sin embargo, puesto que la forma del horno se aproxima a la forma que permite un suministro suave del hierro fuente, el hierro fuente fluye o cae más fácilmente dentro del metal fundido incluso cuando se detiene el funcionamiento del empujador, dificultando de ese modo que aumente la temperatura. Esto es así porque, aun cuando el hierro fuente se precaliente, la eficiencia térmica en el aumento de la temperatura del metal fundido (eficiencia de aumento de temperatura) disminuye cuando se suministra el hierro fuente sólido dentro del metal fundido.

En este caso, el metal fundido significa metal en estado fundido e incluye, por ejemplo, acero fundido y hierro fundido.

En la instalación de fusión descrita en documento de patente 1, la cámara de fusión se inclina, de manera que el lado opuesto a la cámara de precalentamiento se baja en el proceso de aumento de la temperatura del acero fundido, para reducir el área de contacto entre el acero fundido y el hierro fuente frío y para aumentar de ese modo rápidamente la temperatura del acero fundido. Si la cámara de fusión simplemente se inclina, una gran cantidad de hierro fuente frío cae dentro del acero fundido y se hace más difícil aumentar la temperatura. Por consiguiente, se proporcionan medios de retención de hierro fuente frío (placa deflectora) para retener el hierro fuente frío para la cámara de fusión, de modo que se impide que el hierro fuente frío se desplace hacia el acero fundido cuando se inclina la cámara de fusión.

Los medios de retención de hierro fuente frío descritos en documento de patente 1, que están dispuestos para la cámara de fusión de alta temperatura y se usan cuando se inclina la cámara de fusión, pueden fundirse o deformarse térmicamente a menos que, por ejemplo, se enfríen con agua. Por otro lado, la eficiencia térmica en el proceso de precalentamiento disminuye cuando se realiza el enfriamiento con agua o similar. Por tanto, no se proporciona preferiblemente un mecanismo como los medios de retención de hierro fuente frío. Sin embargo, tal como se describió anteriormente, si la cámara de fusión se inclina sin usar los medios de retención de hierro fuente frío, el hierro fuente frío fluye o cae dentro del acero fundido y se hace muy difícil aumentar la temperatura.

Tal como se describió anteriormente, con el fin de hacer que la energía eléctrica requerida para fundir el hierro fuente sea tan baja como sea posible, la instalación de fusión de arco eléctrico que incluye el dispositivo de precalentamiento de tipo cuba se diseña de manera que el hierro fuente se suministra para mantener el estado en el que el hierro fuente está presente de manera continua entre la cámara de fusión y la cámara de precalentamiento. En una instalación de este tipo, el requisito de suministrar suavemente el hierro fuente a la cámara de fusión en el periodo de fusión y el requisito de parar el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión en el periodo de aumento de la temperatura entran en conflicto entre sí. Según la técnica anterior, es difícil aumentar la temperatura del metal fundido con alta eficiencia térmica parando el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión en el periodo de aumento de la temperatura.

Es deseable aliviar el problema descrito anteriormente de la instalación de fusión de arco eléctrico convencional. Es deseable proporcionar una instalación de fusión de arco eléctrico nueva y mejorada en la que el hierro fuente pueda fundirse con alta eficiencia térmica y el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión pueda controlarse, y proporcionar un método de funcionamiento para el metal fundido usando la instalación de fusión de arco eléctrico.

La publicación de solicitud de patente japonesa n. ° JP 52 063106 U describe un horno de arco eléctrico en el que una torre de carga está equipada con un dispositivo de empuje que incluye cuerpos de empujador y está conectada a una cámara de fusión. La publicación de solicitud de patente internacional n. ° WO 2005/052481 A1 describe un precalentador de material de carga que tiene un vasija de fusión y un empujador. Sin embargo, ninguna de estas publicaciones da a conocer el establecimiento de una dimensión de abertura de cuba a un valor óptimo para controlar el suministro de piezas de hierro fuente, tal como requiere la reivindicación 1 más adelante.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona una instalación de fusión de arco eléctrico para fundir piezas de hierro fuente que tengan diversas longitudes, que comprende una cámara de fusión configurada para fundir las piezas del hierro fuente en la misma, una cámara de precalentamiento con forma de cuba directamente conectada a la cámara de fusión para permitir que las piezas del hierro fuente estén presentes de manera continua entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión y configurada para precalentar las piezas del hierro fuente antes de que las piezas del hierro fuente se suministren a la cámara de fusión y un electrodo dispuesto en la cámara de fusión para fundir las piezas del hierro fuente suministradas desde la cámara de precalentamiento, en la que al menos una parte de la superficie inferior de la cámara de precalentamiento está formada como una superficie inferior inclinada que está inclinada hacia abajo hacia la cámara de fusión, siendo la superficie inferior de la cámara de precalentamiento continua con la superficie inferior de la cámara de fusión, en la que una dimensión de abertura de cuba H se establece en un valor óptimo para controlar el suministro de las piezas del hierro fuente de manera que

el suministro de las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se para deteniendo el funcionamiento de un dispositivo de empuje, siendo la dimensión de abertura de cuba H una distancia mínima desde la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión hasta las superficies inferiores continuas de la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión en la instalación de fusión de arco eléctrico, y en la que el dispositivo de empuje está dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento y configurado para desplazar las piezas del hierro fuente, suministradas desde la cámara de precalentamiento, hacia la cámara de fusión, de manera que el suministro de las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se realiza haciendo funcionar el dispositivo de empuje.

Por consiguiente, el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión puede activarse o desactivarse controlando el funcionamiento del dispositivo de empuje para parar el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión en un momento deseado, tal como el periodo de aumento de la temperatura. Como resultado, puede realizarse la fusión del hierro fuente con alta eficiencia térmica.

En una realización de la presente invención, el valor óptimo de la dimensión de abertura de cuba H puede establecerse para satisfacer la relación de " $A \leq H \leq 4A$ ", en la que A es una longitud máxima del hierro fuente.

En este caso, cuando se detiene el funcionamiento del dispositivo de empuje para parar el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión, se impide que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido al parar el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión en el periodo de aumento de la temperatura.

En una realización de la presente invención, la superficie inferior inclinada puede tener un ángulo de inclinación de 15 a 45 grados con respecto a la dirección horizontal.

En este caso, cuando, por ejemplo, se detiene el funcionamiento del dispositivo de empuje en el periodo de aumento de la temperatura para parar el suministro del hierro fuente, el suministro del hierro fuente a la cámara de fusión puede pararse de manera fiable porque se impide que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido. Como resultado, puede realizarse la fusión del hierro fuente con alta eficiencia térmica.

Por tanto, según una realización de la presente invención, se proporciona una instalación de fusión de arco eléctrico que comprende una cámara de fusión configurada para fundir un hierro fuente en la misma, una cámara de precalentamiento con forma de cuba directamente conectada a la cámara de fusión y configurada para precalentar el hierro fuente antes de que el hierro fuente se suministre a la cámara de fusión y un electrodo dispuesto en la cámara de fusión para fundir el hierro fuente suministrado desde la cámara de precalentamiento. Al menos una parte de la superficie inferior de la cámara de precalentamiento está formada como una superficie inferior inclinada que está inclinada hacia abajo hacia la cámara de fusión en un ángulo de 15 a 45 grados con respecto a la dirección horizontal, siendo la superficie inferior de la cámara de precalentamiento continua con la superficie inferior de la cámara de fusión. Una dimensión de abertura de cuba H se establece para satisfacer la relación de " $A \leq H \leq 4A$ ", en la que A es una longitud máxima del hierro fuente, siendo la dimensión de abertura de cuba H una distancia mínima desde la posición más alta en la conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión hasta las superficies inferiores continuas de la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión en la instalación de fusión de arco eléctrico. Está dispuesto un dispositivo de empuje en el lado inferior de la cámara de precalentamiento y configurado para desplazar el hierro fuente, suministrado desde la cámara de precalentamiento, hacia la cámara de fusión.

En una realización de la presente invención, la parte superior de la sección de conexión entre la cámara de fusión y la cámara de precalentamiento puede incluir un componente reemplazable configurado para alterar la dimensión de abertura de cuba.

En este caso, la dimensión de abertura de cuba H en la instalación de fusión de arco eléctrico puede establecerse en un valor óptimo aun cuando se cambie la longitud máxima A del hierro fuente.

En una realización de la presente invención, una distancia mínima L desde el electrodo hasta la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión puede satisfacer la relación de " $0,2A \leq L \leq 5A$ ", en la que A es la longitud máxima del hierro fuente.

En este caso, puede impedirse la rotura del electrodo cuando se suministre el hierro fuente a la cámara de fusión.

Según otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método para producir metal fundido usando una instalación de fusión de arco eléctrico según el primer aspecto mencionado de la invención; comprendiendo el método: precalentar las piezas del hierro fuente en la cámara de precalentamiento introduciendo gas de escape generado en la cámara de fusión en la cámara de precalentamiento; suministrar las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento para precalentar las piezas del hierro fuente hasta la cámara de fusión haciendo funcionar el dispositivo de empuje dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento; producir metal

fundido fundiendo las piezas del hierro fuente mediante calentamiento con arco en la cámara de fusión mientras se suministran las piezas del hierro fuente a la cámara de fusión para mantener un estado en el que las piezas del hierro fuente están presentes en la cámara de precalentamiento y en la cámara de fusión; y detener el funcionamiento del dispositivo de empuje y aumentar la temperatura del metal fundido.

5 Por consiguiente, el hierro fuente puede suministrarse a la cámara de fusión en un momento deseado. Por tanto, por ejemplo, el hierro fuente puede suministrarse suavemente a la cámara de fusión en el periodo de fusión y el suministro del hierro fuente puede pararse en el periodo de aumento de la temperatura. Por consiguiente, la temperatura del metal fundido en la cámara de fusión puede aumentarse con alta eficiencia térmica.

10 Cuando se produzca el metal fundido a partir del hierro fuente, tal como chatarras de hierro, el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión puede pararse arbitrariamente (activarse o desactivarse). Por tanto, la temperatura del metal fundido puede aumentarse eficazmente en el periodo de aumento de la temperatura. Por consiguiente, el tiempo de funcionamiento y el consumo de energía pueden reducirse sin reducir la eficiencia en el precalentamiento del hierro fuente en el periodo de fusión.

15 Con el fin de que la invención se entienda más fácilmente, se describirán ahora realizaciones de la misma, a modo de ejemplo sólo, en relación con los dibujos, y en los que:

20 la figura 1 es una vista lateral en sección transversal esquemática de una instalación de fusión de arco eléctrico según una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista en planta en sección transversal esquemática de la instalación de fusión de arco eléctrico según la realización de la presente invención;

25 la figura 3 es una vista lateral en sección transversal esquemática de la instalación de fusión de arco eléctrico según la realización de la presente invención en el estado en el que se reemplaza un componente de ajuste de abertura;

30 la figura 4 es un gráfico que muestra la relación entre el tiempo de funcionamiento ($1/\text{productividad}$) y una dimensión de abertura de cuba H;

la figura 5 es un gráfico que muestra la relación entre el tiempo de funcionamiento y el ángulo de la superficie inferior inclinada de una cámara de precalentamiento; y

35 la figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre la frecuencia de aparición de rotura de electrodo y la distancia mínima L entre el punto más alto y el electrodo.

40 Se describirá ahora en detalle una realización preferida de la presente invención. La realización descrita a continuación no pretende limitar el alcance de la presente invención descrita en las reivindicaciones. No siempre es necesario incluir todas las características descritas en la realización para proporcionar la solución según la presente invención.

45 El inventor de la presente invención ha llegado a los siguientes hallazgos en relación con una instalación de fusión de arco eléctrico estructurada para suministrar un hierro fuente para mantener un estado en el que el hierro fuente está presente de manera continua entre una cámara de fusión y una cámara de precalentamiento tal como se describió anteriormente, de modo que puede producirse metal fundido fundiendo el hierro fuente con alta eficiencia energética, en la que la instalación incluye un dispositivo de empuje dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento y configurado para desplazar el hierro fuente desde la cámara de precalentamiento al interior de la cámara de fusión hacia un electrodo de arco. Con el fin de suministrar el hierro fuente a la cámara de fusión en un momento arbitrario de manera que el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se realice haciendo funcionar el dispositivo de empuje y el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se pare deteniendo el funcionamiento del dispositivo de empuje, es importante establecer una dimensión de abertura de cuba en un valor óptimo. En este caso, la dimensión de abertura de cuba es una dimensión de la abertura de la cámara de fusión a través de la cual el hierro fuente que se ha precalentado en la cámara de precalentamiento se suministra al metal fundido. También se ha encontrado que, en el caso en el que la dimensión de abertura de cuba sea más pequeña que en la técnica anterior de modo que el hierro fuente no se suministre a menos que se haga funcionar el dispositivo de empuje y el hierro fuente se suministre sólo cuando se haga funcionar el dispositivo de empuje, el suministro del hierro fuente puede activarse o desactivarse simplemente controlando el dispositivo de empuje. En este caso, es posible parar el suministro del hierro fuente al metal fundido en el periodo de aumento de la temperatura para impedir que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido y de ese modo aumentar la temperatura del metal fundido con alta eficiencia térmica. Como resultado, se ha realizado la presente invención. Además de la dimensión de abertura de cuba, también se ha encontrado que es importante establecer apropiadamente el ángulo de inclinación de la superficie inferior inclinada, que es al menos una parte de la superficie inferior de la cámara de precalentamiento. Además, también se ha encontrado que es importante establecer la distancia entre la abertura y el electrodo según la dimensión del hierro fuente. En la técnica anterior descrita anteriormente (documento de patente 1), se describe que la cámara de

precalentamiento está ubicada en el lado superior de la cámara de fusión. Sin embargo, en la siguiente descripción de una realización de la presente invención, todo el cuerpo de una sección de cuba en la que se precalienta el hierro fuente sin cargarse en el metal fundido se define como cámara de precalentamiento, y de ese modo se describe que la cámara de precalentamiento está dispuesta próxima a la cámara de fusión. Esto simplemente depende de la posición definida como límite entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión, porque la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión están formadas de manera continua entre sí. En cualquier caso, la salida de la cámara de precalentamiento y la entrada de la cámara de fusión están integradas una con otra. En la siguiente descripción de una realización de la presente invención, la sección en la que está presente el metal fundido principalmente se define como cámara de fusión. Además, la abertura de cuba se define a lo largo de un plano en el límite entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión. La abertura de cuba y la dimensión de la abertura se describirán a continuación con referencia a la figura 1.

Se describirá ahora una realización de la presente invención con referencia a los dibujos. En la presente memoria descriptiva y en los dibujos, se indican elementos constituyentes que tienen sustancialmente las mismas estructuras funcionales mediante los mismos números de referencia, y se omiten por tanto explicaciones redundantes de los mismos.

Las figuras 1 y 2 son una vista lateral de la sección transversal esquemática y una vista en planta de la sección transversal esquemática, respectivamente, de una instalación de fusión de arco eléctrico según una realización de la presente invención.

La instalación de fusión de arco eléctrico 1 de la presente realización incluye una cámara de fusión 2 para un hierro fuente, electrodos 3 (3a y 3b) para fundir el hierro fuente en la cámara de fusión y una cámara de precalentamiento con forma de cuba 4 directamente conectada a la cámara de fusión 2 y configurada para precalentar el hierro fuente. Se proporciona un dispositivo de empuje 6 para desplazar el hierro fuente 5 hacia la cámara de fusión 2 en el lado inferior de la cámara de precalentamiento 4. Aunque no se ilustran, se proporcionan lanzas para soplar gas de oxígeno y un material carbonoso dentro de la cámara de fusión 2 para que se extiendan a través del techo 8 del horno.

Las figuras 1 y 2 ilustran la disposición del electrodo de un horno de fusión de arco eléctrico de corriente continua. Sin embargo, el número y la disposición de los electrodos proporcionados en la cámara de fusión 2 no se limitan a los mostrados en las figuras 1 y 2. Por ejemplo, en un horno de fusión de arco eléctrico de corriente alterna, el electrodo inferior 3b se omite y se proporcionan tres electrodos 3a en la parte superior del horno.

El dispositivo de empuje 6 incluye un dispositivo impulsor (no mostrado) que desplaza el hierro fuente 5 en la cámara de precalentamiento 4 hacia la cámara de fusión 2. El dispositivo impulsor está controlado por un controlador (no mostrado). El dispositivo de empuje 6 está ubicado en la parte más inferior de la cámara de precalentamiento 4 de modo que el hierro fuente 5 en la cámara de precalentamiento 4 puede suministrarse eficazmente a la cámara de fusión 2. Específicamente, tal como se muestra en la figura 1, el dispositivo de empuje 6 está dispuesto para extenderse a lo largo de la superficie inferior inclinada 7a de la cámara de precalentamiento 4 en una posición cerca de la abertura de cuba a través de la cual se suministra el hierro fuente 5 desde la cámara de precalentamiento 4 hasta la cámara de fusión 2. El dispositivo de empuje 6 se desplaza a lo largo de la superficie inferior inclinada 7a de la cámara de precalentamiento 4. Sin embargo, el dispositivo de empuje 6 puede incluir un mecanismo de ajuste del ángulo de empuje para cambiar la dirección de desplazamiento del mismo.

El dispositivo impulsor del dispositivo de empuje 6 está controlado preferiblemente mediante el controlador descrito anteriormente de manera que el dispositivo de empuje 6 se hace funcionar en el periodo de fusión para fundir el hierro fuente para producir metal fundido y el funcionamiento del dispositivo de empuje se detiene en el periodo de aumento de la temperatura para aumentar la temperatura del metal fundido hasta la temperatura requerida en el proceso posterior.

Con la instalación de fusión de arco eléctrico en la que la cámara de precalentamiento con forma de cuba está directamente conectada al cuerpo principal del horno de fusión, el hierro fuente 5 puede suministrarse a la cámara de fusión 2 para mantener el estado en el que el hierro fuente 5 está presente de manera continua entre la cámara de fusión 2 y la cámara de precalentamiento 4. Por consiguiente, el hierro fuente 5 puede fundirse en la cámara de fusión 2 con alta eficiencia térmica mientras se precalienta de manera constante el hierro fuente 5 mediante el gas de escape generado en la cámara de fusión 2. Además, puesto que el hierro fuente que vaya a cargarse a continuación se retiene en la cámara de precalentamiento (cuba) en el periodo de aumento de la temperatura, el hierro fuente puede suministrarse de manera continua, de modo que aumenta la productividad. Además, puede aumentarse la eficiencia de recuperación de calor del gas de escape y, por consiguiente, puede aumentarse la eficiencia energética.

El hierro fuente es un hierro fuente sólido, tal como chatarras de hierro, hierro de reducción directa o mena de hierro, que va a fundirse en la instalación de fusión de arco eléctrico. Las chatarras de hierro incluyen, por ejemplo, chatarras de acero inoxidable, arrabio, cascarilla de laminación o chatarra enrollable, y se generan, por ejemplo, cuando los fabricantes de acero realizan la fabricación de acero u otros procesos, cuando se realizan procesos que

usan productos de hierro en fábricas, o cuando se desmontan edificios, automóviles, electrodomésticos, puentes, etc. En general, las chatarras de hierro se someten a diversos procesos tales como compresión, corte y trituración y se conforman en formas predeterminadas mediante un raspador o similar antes de que se comercialicen las chatarras de hierro.

5 Con el fin de suministrar suavemente el hierro fuente 5 a la cámara de fusión en el periodo de fusión y aumentar rápidamente la temperatura del metal fundido 9 parando el suministro del hierro fuente 5 en el periodo de aumento de la temperatura, según la presente invención, la dimensión de abertura de cuba H se establece a un valor óptimo. La dimensión de abertura de cuba H es la dimensión de la abertura de cuba en la dirección de la altura, en la que la
10 abertura de cuba es una sección de conexión entre la cámara de precalentamiento 4 y la cámara de fusión 2.

En referencia a la figura 1, la dimensión de abertura de cuba H es equivalente a la longitud de la línea perpendicular P en la instalación de fusión de arco eléctrico 1, en la que la línea perpendicular P está definida por la línea tirada desde el punto más alto X en la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento 4,
15 que corresponde a un dispositivo de precalentamiento de tipo cuba, y la cámara de fusión 2 hasta la superficie inferior continua 7 de la cámara de precalentamiento 4 y de la cámara de fusión 2. En este caso, se define que la abertura de cuba es la sección transversal de la instalación de fusión de arco eléctrico 1 a lo largo de la línea perpendicular P y que los espacios en el lado Q y en el lado R de la línea perpendicular P en la instalación de fusión de arco eléctrico 1 son la cámara de precalentamiento 4 y la cámara de fusión 2, respectivamente. Cuando hay
20 múltiples líneas perpendiculares, se adopta la longitud de la línea perpendicular más corta como dimensión de abertura de cuba H. La dimensión de abertura de cuba H se establece preferiblemente en un valor óptimo que satisface la relación " $A \leq H \leq 4A$ ", en la que A es la longitud máxima del hierro fuente 5.

Si la dimensión de abertura de cuba H es mayor, el hierro fuente puede suministrarse más suavemente a la cámara de fusión. Sin embargo, en este caso, cuando se detiene el funcionamiento del dispositivo de empuje en el proceso de aumento de la temperatura del metal fundido, el hierro fuente cae dentro del metal fundido. En consecuencia, se reduce la eficiencia térmica en el proceso de aumento de la temperatura del metal fundido y también se reducen la eficiencia del arco y la eficiencia de producción. Además, si la dimensión de abertura de cuba H es mayor, se suministran piezas mayores de hierro fuente a la cámara de fusión, lo que aumenta el riesgo de rotura del electrodo.
30 Cuando se produce la rotura de un electrodo, el funcionamiento debe desconectarse para reemplazar el electrodo, deteriorándose de ese modo la productividad. La eficiencia de producción se reduce porque, cuando el hierro fuente cae dentro del metal fundido en el periodo de aumento de la temperatura tal como se describió anteriormente, la cantidad de metal fundido en la cámara de fusión excede una cantidad predeterminada. En consecuencia, el tiempo requerido para aumentar la temperatura del metal fundido hasta la temperatura de colada, que es la temperatura requerida en el proceso posterior, aumentará. Por este motivo, se establece H en $4A$ o menos (cuatro veces la longitud máxima A del hierro fuente o menos).
35

Por otro lado, si la dimensión de abertura de cuba H es demasiado pequeña, es difícil suministrar el hierro fuente a la cámara de fusión, reduciéndose de ese modo tanto la eficiencia de producción como la eficiencia térmica. Por ejemplo, cuando H es más pequeña que A, la abertura puede obstruirse, lo que dificulta continuar con el funcionamiento. Por tanto, según una realización de la presente invención, se usa el dispositivo de empuje 6 para suministrar el hierro fuente al metal fundido, y la dimensión de abertura de cuba H se establece dentro de un intervalo óptimo (" $A \leq H \leq 4A$ "). En consecuencia, puede impedirse que el hierro fuente caiga dentro del metal fundido cuando se detenga el funcionamiento del dispositivo de empuje 6 y puede suministrarse al metal fundido
45 sólo cuando se haga funcionar el dispositivo de empuje 6. Por tanto, el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión puede pararse arbitrariamente (activarse o desactivarse).

La longitud máxima A del hierro fuente se determina a partir de la longitud máxima del hierro fuente que vaya a fundirse. En este caso, la longitud máxima es la dimensión máxima de las piezas de hierro fuente cuando se miden en todas las direcciones. La longitud máxima se define como el diámetro de la esfera circunscrita de las piezas de hierro fuente y corresponde a la longitud de proyección máxima de las piezas de hierro fuente. Como normas para las chatarras usadas como hierro fuente, se conocen la norma JIS G 2401 y la norma según The Japan Ferrous Raw Materials Association, por ejemplo. Según estas normas, el hierro fuente se clasifica según el tipo o las dimensiones en, por ejemplo, las categorías en las que el grosor es de 3 a 6 mm, la anchura es de 500 mm o menos y la longitud es de 1.200 mm o menos, o en las que la suma del grosor, la anchura y la longitud es de 1.800 mm o menos. Por tanto, el tamaño de las chatarras se determina en cierto modo. En la presente realización, la dimensión de abertura de cuba H se determina a partir de la longitud máxima A de las chatarras que vayan a fundirse según las normas mencionadas anteriormente. Sin embargo, la longitud máxima A de las chatarras disponibles en el mercado varía dependiendo de varios factores, tales como la situación o las diferencias en las normas entre países. Por tanto, la dimensión de abertura de cuba H se determina apropiadamente según la longitud máxima A de las chatarras.
50
55
60

En la práctica, las piezas de hierro fuente que se procesan en la instalación de fusión de arco eléctrico tienen generalmente diversas longitudes. Por ejemplo, en el caso en el que se usan chatarras como hierro fuente, las chatarras habituales son una mezcla de chatarras de diversas marcas. Como ejemplo típico de chatarras que tienen una longitud máxima de 1.200 mm, se considerarán chatarras que incluyen chatarras formadas por trituradoras de metal, chatarras generadas cuando se cortan productos de acero, chatarras de ruedas y recortes de mecanización.
65

En este ejemplo, la distribución de longitud de las chatarras puede ser de manera que la cantidad de chatarras que tengan una longitud menor del 25 % de la longitud máxima sea del 44 % en masa, que la de chatarras que tengan una longitud del 25 % o más y menor del 50 % sea del 24 % en masa, que la de chatarras que tengan una longitud del 50 % o más y menor del 75 % sea del 18 % en masa y que la de chatarras que tengan una longitud del 75 % o más y el 100 % o menos sea del 14 % en masa, por ejemplo. Por tanto, las chatarras tienen diversas longitudes. Cuando la variación de longitud del hierro fuente sea tan moderada como la del caso descrito anteriormente, puede aplicarse apropiadamente la determinación basada en la longitud máxima A según la realización de la presente invención.

Cuando la longitud máxima A del hierro fuente cambia tras instalarse el horno de fusión de arco eléctrico, la dimensión de abertura de cuba puede alterarse por consiguiente. Específicamente, tal como se muestra en la figura 3, la dimensión de abertura de cuba puede cambiarse de H a H' reemplazando un componente dispuesto en el lado superior de la abertura (indicado con X en la figura 1) en la sección de límite entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión. La instalación de fusión de arco eléctrico 1 no se fabrica normalmente de una forma integral, sino que se fabrica ensamblando una pluralidad de componentes, de modo que puede realizarse el ajuste usando un componente de ajuste 12 de la abertura tal como se describió anteriormente. Alternativamente, cuando cambia el tamaño del hierro fuente, el hierro fuente puede procesarse para cambiar el tamaño del mismo según la dimensión de abertura de cuba.

El principio de la discusión anterior se describirá con referencia a la figura 4. La figura 4 es un gráfico que muestra la relación cualitativa entre el tiempo de funcionamiento (1/productividad) y la dimensión de abertura de cuba H en la instalación de fusión de arco eléctrico de la presente realización. Tal como se muestra en la figura 4, cuando la dimensión de abertura de cuba H es menor, el tiempo de fusión en el periodo de fusión es más prolongado porque el hierro fuente no puede suministrarse suavemente a la cámara de fusión. Cuando la dimensión de abertura de cuba H es mayor, el tiempo de fusión es más corto porque el hierro fuente puede suministrarse fácilmente. El tiempo de aumento de temperatura en el periodo de aumento de la temperatura es más corto cuando la dimensión de abertura de cuba H es menor porque el hierro fuente no cae dentro del metal fundido. El tiempo de aumento de temperatura es más prolongado cuando la dimensión de abertura de cuba H es mayor porque el hierro fuente fluye o cae dentro del metal fundido. Por tanto, cuando la dimensión de abertura de cuba H es mayor, el tiempo de fusión es más corto y el tiempo de aumento de temperatura es más prolongado. Como resultado de la compensación entre las variaciones del tiempo de fusión y el tiempo de aumento de temperatura, la dimensión de abertura de cuba H tiene un intervalo óptimo en el que puede minimizarse el tiempo de funcionamiento.

El presente inventor realizó diversos exámenes y ha encontrado que el intervalo óptimo de la dimensión de abertura de cuba H es de " $A \leq H \leq 4A$ ", en donde A es la longitud máxima del hierro fuente 5.

En la instalación de fusión de arco eléctrico de la presente realización, al menos una parte de la superficie inferior continua 7 de la cámara de precalentamiento 4 y de la cámara de fusión 2 está formada como la superficie inferior inclinada 7a en el lado inferior de la cámara de precalentamiento 4. El ángulo de inclinación de la superficie inferior inclinada 7a es preferiblemente de 15 a 45 grados con respecto a la dirección horizontal. Si la inclinación de la superficie inferior inclinada 7a es más suave (si el ángulo con respecto a la dirección horizontal es menor), es difícil suministrar eficazmente el hierro fuente hacia la cámara de fusión, aumentando de ese modo el tiempo de funcionamiento en el periodo de fusión. Por tanto, el ángulo de inclinación de la superficie inferior inclinada 7a es preferiblemente de 15 grados o más. Por otro lado, si la inclinación de la superficie inferior inclinada 7a en el lado inferior de la cámara de precalentamiento 4 es más pronunciada, el hierro fuente se desplaza más fácilmente hacia la cámara de fusión, de modo que el hierro fuente puede suministrarse suavemente hacia los electrodos en la cámara de fusión. Sin embargo, si la inclinación es demasiado pronunciada, existe el riesgo de que el hierro fuente caiga dentro del metal fundido aun cuando se detenga el funcionamiento del dispositivo de empuje. Por tanto, el ángulo de inclinación de la superficie inferior inclinada 7a es preferiblemente de 45 grados o menos.

El principio de la discusión anterior se describirá con referencia a la figura 5. La figura 5 es un gráfico que muestra la relación cualitativa entre el tiempo de funcionamiento (1/productividad) y el ángulo de la superficie inferior inclinada en la instalación de fusión de arco eléctrico de la presente realización. Tal como se muestra en la figura 5, el tiempo de fusión en el periodo de fusión es más prolongado cuando el ángulo de la superficie inferior inclinada es menor, y es más corto cuando el ángulo de la superficie inferior inclinada es mayor porque el hierro fuente puede suministrarse fácilmente. El tiempo de aumento de temperatura en el periodo de aumento de la temperatura es más corto cuando el ángulo de la superficie inferior inclinada es menor, y es más prolongado cuando el ángulo de la superficie inferior inclinada es mayor porque el hierro fuente fluye o cae dentro del metal fundido. Por consiguiente, en el funcionamiento de la instalación de fusión de arco eléctrico de la presente realización, cuando el ángulo de la superficie inferior inclinada es mayor, el tiempo de fusión es más corto y el tiempo de aumento de temperatura es más prolongado, tal como se muestra en la figura 5. Como resultado de la compensación entre las variaciones del tiempo de fusión y el tiempo de aumento de temperatura, el ángulo de la superficie inferior inclinada tiene un intervalo óptimo en el que puede minimizarse el tiempo de funcionamiento.

El presente inventor realizó diversos exámenes y ha encontrado que, en el horno en el que la dimensión de abertura de cuba H satisface la relación de " $A \leq H \leq 4A$ ", en la que A es la longitud máxima, el ángulo de inclinación de la

superficie inferior inclinada está preferiblemente en el intervalo de 15 a 45 grados con respecto a la dirección horizontal para acortar el tiempo de funcionamiento. En particular, si el ángulo de inclinación es de 25 a 35 grados, puede impedirse eficazmente que el hierro fuente caiga dentro del acero fundido aun cuando la variación de longitud del hierro fuente que satisface " $A \leq H \leq 4A$ " sea grande.

5

La tabla 1 muestra el resultado de los exámenes mencionados anteriormente.

[Tabla 1]

$\theta \backslash H$	$H < A$	$A \leq H \leq 4A$	$4A < H$
$0^\circ \leq \theta < 15^\circ$	×	△	△
$15^\circ \leq \theta < 25^\circ$	×	○	△
$25^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$	×	⊙	△
$35^\circ < \theta \leq 45^\circ$	×	○	△
$45^\circ < \theta$	×	△	×

10

En la tabla 1, θ es el ángulo de inclinación de la superficie inferior inclinada. La tabla 1 muestra la prestación de control de activar y desactivar el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión cuando cambian el ángulo de inclinación θ y la dimensión de abertura de cuba H. Específicamente, la tabla 1 muestra la suavidad del suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión y la aparición de la situación en la que el hierro fuente fluye o cae dentro del metal fundido en la cámara de fusión en el periodo de aumento de la temperatura. En la tabla 1, X, △, ○ y ⊙ muestran la suavidad del suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión y el nivel de prestación de impedir que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido. Específicamente, "X" muestra la situación en la que el hierro fuente no puede suministrarse suavemente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión o la situación en la que el hierro fuente fluye o cae dentro del metal fundido. La suavidad del suministro del hierro fuente y el nivel de prestación de impedir que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido mejoran en el orden de △, ○ y ⊙.

15

20

25

30

35

Tal como se muestra en la tabla 1, el intervalo óptimo de la dimensión de abertura de cuba H es de " $A \leq H \leq 4A$ ". Cuando la dimensión de abertura de cuba H está en este intervalo, el hierro fuente puede suministrarse suavemente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión en el periodo de fusión, y el suministro del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión puede pararse en el periodo de aumento de la temperatura. Incluso si la dimensión de abertura de cuba H está en el intervalo de " $A \leq H \leq 4A$ ", cuando el ángulo de inclinación (θ) de la superficie inferior inclinada es mayor de 45 grados con respecto a la dirección horizontal, el hierro fuente cae fácilmente dentro del metal fundido. Por otro lado, cuando el ángulo de inclinación (θ) es menor de 15 grados, el hierro fuente no puede suministrarse suavemente a la cámara de fusión dependiendo del estado del hierro fuente. Por tanto, lo más preferiblemente, el ángulo de inclinación (θ) de la superficie inferior inclinada es de 15 grados o más y de 45 grados o menos. En este caso, puede impedirse de manera fiable que el hierro fuente fluya o caiga dentro del metal fundido y puede suministrarse suavemente.

40

45

Además, la distancia mínima L desde el electrodo 3 hasta el punto más alto (X en la figura 1) en la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión (distancia entre X y el electrodo 3a) satisface preferiblemente la relación de " $0,2A \leq L \leq 5A$ ", en la que A es la longitud máxima del hierro fuente. Si la distancia L entre la abertura de cuba y el electrodo es demasiado pequeña, se produce fácilmente rotura del electrodo cuando se suministra el hierro fuente. Tal como se describió anteriormente, cuando se produce la rotura de un electrodo, el funcionamiento debe desconectarse para reemplazar el electrodo, deteriorándose de ese modo la productividad. Además, cuando el hierro fuente está presente bajo el electrodo, se reduce la eficiencia del arco. Por tanto, L es preferiblemente 0,2A o más. Por otro lado, si la distancia L entre la abertura y el electrodo es demasiado grande, el electrodo y el hierro fuente están demasiado distantes entre sí, reduciéndose de ese modo la eficiencia del arco. Por tanto, L es preferiblemente 5A o menos.

50

El principio de la discusión anterior se describirá con referencia a la figura 6. La figura 6 es un gráfico que muestra la relación entre la frecuencia de rotura del electrodo y la distancia mínima L descrita anteriormente (distancia entre X y el electrodo 3a) cuando se hace funcionar la instalación de fusión de arco eléctrico de la presente realización. En

otras palabras, la figura 6 muestra la variación en la frecuencia de rotura del electrodo dependiendo de la distancia L entre la abertura de carga de hierro fuente y el electrodo. Tal como se muestra en la figura 6, la frecuencia de rotura del electrodo aumenta súbitamente cuando L es menor de 0,2A, y disminuye cuando L es mayor con respecto a A. Por tanto, L se establece preferiblemente en 0,2A o más. Con respecto a la relación con la dimensión de abertura de cuba H, tal como se muestra en la figura 6, cuando H = 4A, la frecuencia de rotura del electrodo puede reducirse hasta 0,5 veces/mes o menos estableciendo L en 0,2A o más. Sin embargo, cuando H = 4,5A, que es un ejemplo del caso en el que $H > 4A$, la frecuencia de rotura del electrodo es de 10 veces/mes o más aun cuando L se establece en 0,2A o más. Por tanto, se ha encontrado que, también desde el punto de vista de impedir la rotura del electrodo, la dimensión de abertura de cuba H se establece preferiblemente dentro del intervalo de $H \leq 4A$, en donde A es la longitud máxima del hierro 5 fuente. Tal como se muestra en la figura 6, si H es demasiado grande con respecto a A, la frecuencia de rotura del electrodo no puede reducirse hasta por debajo de 10 veces/mes aun cuando L sea mayor, reduciéndose de ese modo la eficiencia energética en el proceso de fundir las chatarras por medio del arco.

Tal como se describió anteriormente, según la presente realización, la distancia mínima L desde el electrodo 3a hasta el punto más alto X en la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión satisface la relación de " $0,2A \leq L \leq 5A$ ", en la que A es la longitud máxima del hierro fuente. En consecuencia, pueden impedirse la aparición de rotura del electrodo y la reducción en la eficiencia del arco en el proceso de suministro del hierro fuente.

A continuación, se describirá un método para producir metal fundido usando la instalación de fusión de arco eléctrico descrita anteriormente con referencia a la figura 1.

El método del funcionamiento incluye una etapa de precalentar el hierro fuente 5 en la cámara de precalentamiento 4 introduciendo el gas de escape generado en la cámara de fusión 2 en la cámara de precalentamiento 4; una etapa de suministrar el hierro fuente 5 desde la cámara de precalentamiento 4 para precalentar el hierro fuente 5 hasta la cámara de fusión 2 haciendo funcionar el dispositivo de empuje 6 dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento 4; una etapa de producir el metal fundido 9 fundiendo el hierro fuente 5 mediante calentamiento con arco en la cámara de fusión 2 mientras se suministra el hierro fuente 5 a la cámara de fusión 2 para mantener el estado en el que el hierro fuente 5 está presente en la cámara de precalentamiento 4 y la cámara de fusión 2; y una etapa de detener el funcionamiento del dispositivo de empuje 6 y aumentar la temperatura del metal fundido 9. De este modo, el metal fundido, tal como acero fundido, puede producirse a partir del hierro fuente.

[Ejemplo 1]

Se produjo acero fundido fundiendo chatarras en una instalación estructurada como en la instalación de fusión de arco eléctrico mostradas en las figuras 1 y 2 y que tiene una capacidad de horno de aproximadamente 200 toneladas.

Las chatarras usadas en este caso fueron chatarras de hierro formadas de manera que la longitud máxima de las mismas era de 1.200 mm o menos (longitud máxima A = 1.200 mm).

(Ejemplo comparativo) Se estableció la dimensión de abertura de cuba H de la instalación de fusión de arco eléctrico en 5.000 mm ($4A < H$) y se estableció el ángulo de la superficie inferior inclinada en la parte inferior de la cámara de precalentamiento a 30 grados con respecto a la dirección horizontal. La distancia mínima L entre el punto más alto en la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión y los electrodos era de aproximadamente 2,5 m.

Se cargaron las chatarras en la cámara de precalentamiento en varias partes divididas. En el periodo de fusión, se hizo funcionar el dispositivo de empuje para suministrar de manera continua las chatarras a la cámara de fusión. Cuando se cargó una determinada cantidad de chatarras en la cuba, se detuvo el funcionamiento del dispositivo de empuje. El controlador activó y desactivó el funcionamiento del dispositivo de empuje. En este momento, el tiempo transcurrido era de aproximadamente 40 minutos y la cantidad acumulada de consumo de energía era de aproximadamente 40 MWh. Cuando se detuvo el funcionamiento del dispositivo de empuje, el suministro de las chatarras al interior de la cámara de fusión no se paró completamente y se suministró de manera continua una pequeña cantidad de chatarras a la cámara de fusión. Se tardaron 10 minutos en aumentar la temperatura del acero fundido hasta aproximadamente 1.650 °C. En este proceso, el consumo de energía fue de 10 MWh.

(Ejemplo de la presente invención) A continuación, se reemplazó el componente de ajuste de la abertura (no mostrado) dispuesto en el lado superior de la abertura (indicado con X en la figura 1) en la instalación de fusión de arco eléctrico de modo que se estableció la dimensión de abertura de cuba H en 3.000 mm, que está dentro del intervalo de dimensión de abertura de cuba de " $A \leq H \leq 4A$ ".

Se fundieron las chatarras de una manera establecida como en el ejemplo descrito anteriormente. La cantidad de acero fundido en la cámara de fusión alcanzó una cantidad predeterminada cuando el consumo de energía era de 40 MWh y el tiempo transcurrido era de 40 minutos, momento en el que se detuvo el funcionamiento del dispositivo de empuje. Como resultado, se paró el suministro de las chatarras a la cámara de fusión y se tardaron 5 minutos en

aumentar la temperatura del acero fundido hasta aproximadamente 1.650 °C. En este procedimiento, la cantidad de energía consumida fue de 5 MWh.

5 Como resultado de los ejemplos descritos anteriormente, cuando la dimensión de abertura de cuba H se estableció dentro del intervalo según una realización de la presente invención, fue posible controlar el suministro de las chatarras desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión. En consecuencia, aumentó la eficiencia de aumento de temperatura y mejoró la productividad en un 10 %. Específicamente, cuando la dimensión de abertura de cuba H se estableció en $H = 5.000$ mm, que está fuera del intervalo óptimo de la dimensión de abertura de cuba H según una realización de la presente invención, el suministro de las chatarras a la cámara de fusión no se paró completamente aun cuando se detuvo el funcionamiento del dispositivo de empuje. Por tanto, la eficiencia térmica en el proceso de aumento de la temperatura del acero fundido no era suficientemente alta. En cambio, cuando la dimensión de abertura de cuba H se estableció en $H = 3.000$ mm, que está dentro del intervalo óptimo para la dimensión de abertura de cuba H según una realización de la presente invención, el suministro de las chatarras a la cámara de fusión se paró completamente cuando se detuvo el funcionamiento del dispositivo de empuje. Como resultado, aumentó la eficiencia térmica en el proceso de aumento de la temperatura del acero fundido.

[Ejemplo 2]

20 Se produjo acero fundido fundiendo chatarras en una instalación estructurada como en la instalación de fusión de arco eléctrico mostrada en las figuras 1 y 2 y que tiene una capacidad de horno de aproximadamente 200 toneladas. En primer lugar, se estableció la dimensión de abertura de cuba H a 700 mm con la suposición de que la longitud de chatarra máxima era $A = 500$ mm.

25 Entonces, se cambiaron las chatarras que iban a procesarse por las que tenían una longitud de chatarra máxima A de 1.000 mm. En este caso, la relación entre la dimensión de abertura de cuba H y la longitud de chatarra máxima A era $H < A$. Por tanto, se esperaba que fuese difícil cargar suavemente las chatarras dentro de la cámara de fusión. Por tanto, mientras se paró el funcionamiento, se reemplazó el componente de ajuste de abertura 12 en el lado superior de la abertura de cuba de modo que la dimensión de abertura de cuba H se alteró a 1.500 mm. Entonces, se realizó el funcionamiento para procesar las chatarras con la longitud máxima A de 1.000 mm. Como resultado, se realizó un funcionamiento estable.

35 Aunque se describió anteriormente una realización preferida de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos, la presente invención no se limita a la realización descrita anteriormente, como norma. Resulta evidente para los expertos en la técnica que pueden hacerse diversas alteraciones y modificaciones dentro del alcance descrito en las reivindicaciones, y tales alteraciones y modificaciones, por supuesto, también se incluyen en el alcance técnico de la presente invención.

[Lista de signos de referencia]

- 40 1 Instalación de fusión de arco eléctrico
- 2 Cámara de fusión
- 45 3 Electrodo
- 3a Electrodo en la parte superior
- 3b Electrodo en la parte inferior
- 50 4 Cámara de precalentamiento
- 5 Hierro fuente
- 55 6 Dispositivo de empuje
- 7 Superficie inferior de cámara de fusión
- 7a Superficie inferior inclinada
- 60 8 Techo del horno
- 9 Metal fundido
- 65 10 Orificio de colada

- 11 Agujero de descarga de escoria
- 12 Componente de ajuste de la abertura
- 5 H Dimensión de abertura de cuba
- L Distancia mínima entre X y el electrodo
- P Línea perpendicular
- 10 Q Flecha que indica el lado de la cámara de precalentamiento
- R Flecha que indica el lado de la cámara de fusión
- 15 X Punto más alto

REIVINDICACIONES

1. Instalación de fusión de arco eléctrico (1) para fundir piezas de hierro fuente que tengan diversas longitudes, que comprende una cámara de fusión (2) configurada para fundir las piezas del hierro fuente (5) en la misma, una cámara de precalentamiento con forma de cuba (4) directamente conectada a la cámara de fusión para permitir que las piezas del hierro fuente estén presentes de manera continua entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión y configurada para precalentar las piezas del hierro fuente antes de que las piezas del hierro fuente se suministren a la cámara de fusión, y un electrodo (3a, 3b) dispuesto en la cámara de fusión para fundir las piezas del hierro fuente suministradas desde la cámara de precalentamiento,

en la que al menos una parte de la superficie inferior (7) de la cámara de precalentamiento está formada como una superficie inferior inclinada (7a) que está inclinada hacia abajo hacia la cámara de fusión, siendo la superficie inferior de la cámara de precalentamiento continua con la superficie inferior de la cámara de fusión,

en la que está dispuesto un dispositivo de empuje en el lado inferior de la cámara de precalentamiento y configurado para desplazar las piezas del hierro fuente, suministradas desde la cámara de precalentamiento, hacia la cámara de fusión, de manera que el suministro de las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se realiza haciendo funcionar el dispositivo de empuje, caracterizada por que

la dimensión de abertura de cuba H se establece en un valor óptimo para controlar el suministro de las piezas del hierro fuente de manera que el suministro de las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se para deteniendo el funcionamiento del dispositivo de empuje (6), siendo la dimensión de abertura de cuba H la distancia mínima desde la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión hasta las superficies inferiores continuas de la cámara de precalentamiento y de la cámara de fusión en la instalación de fusión de arco eléctrico.
2. Instalación de fusión de arco eléctrico según la reivindicación 1, en la que el valor óptimo de la dimensión de abertura de cuba H se establece para satisfacer una relación de $A \leq H \leq 4A$ en la que A es la longitud máxima de las piezas del hierro fuente.
3. Instalación de fusión de arco eléctrico según la reivindicación 1 ó 2, en la que la superficie inferior inclinada tiene un ángulo de inclinación con respecto a la dirección horizontal, y el ángulo de inclinación se establece en un valor óptimo para controlar el suministro de las piezas del hierro fuente de manera que el suministro de las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento hasta la cámara de fusión se para deteniendo el funcionamiento del dispositivo de empuje.
4. Instalación de fusión de arco eléctrico según la reivindicación 3, en la que el ángulo de inclinación con respecto a la dirección horizontal está dentro de un intervalo de 15 a 45 grados.
5. Instalación de fusión de arco eléctrico según la reivindicación 4, en la que el ángulo de inclinación con respecto a la dirección horizontal está dentro de un intervalo de 25 a 35 grados.
6. Instalación de fusión de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la parte superior de la sección de conexión entre la cámara de fusión y la cámara de precalentamiento incluye un componente reemplazable (12) configurado para alterar la dimensión de abertura de cuba.
7. Instalación de fusión de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la distancia mínima L desde el electrodo hasta la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión satisface la relación de $0,2A \leq L \leq 5A$, en la que A es la longitud máxima de las piezas del hierro fuente.
8. Método para producir metal fundido usando la instalación de fusión de arco eléctrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, comprendiendo el método:

precalentar las piezas del hierro fuente en la cámara de precalentamiento introduciendo gas de escape generado en la cámara de fusión en la cámara de precalentamiento;

suministrar las piezas del hierro fuente desde la cámara de precalentamiento para precalentar las piezas del hierro fuente hasta la cámara de fusión haciendo funcionar el dispositivo de empuje dispuesto en el lado inferior de la cámara de precalentamiento;

producir metal fundido fundiendo las piezas del hierro fuente mediante calentamiento con arco en la cámara

de fusión mientras se suministran las piezas del hierro fuente a la cámara de fusión para mantener un estado en el que las piezas del hierro fuente están presentes en la cámara de precalentamiento y en la cámara de fusión; y

- 5 detener el funcionamiento del dispositivo de empuje y aumentar la temperatura del metal fundido.
9. Método para producir metal fundido según la reivindicación 8, en el que se satisface la relación de " $A \leq H \leq 4A$ ", en la que A es la longitud máxima de las piezas del hierro fuente.
- 10 10. Método para producir metal fundido según la reivindicación 8 o 9, en el que una distancia mínima L desde el electrodo hasta la posición más alta en la sección de conexión entre la cámara de precalentamiento y la cámara de fusión satisface la relación de " $0,2A \leq L \leq 5A$ ", en la que A es la longitud máxima de las piezas del hierro fuente.

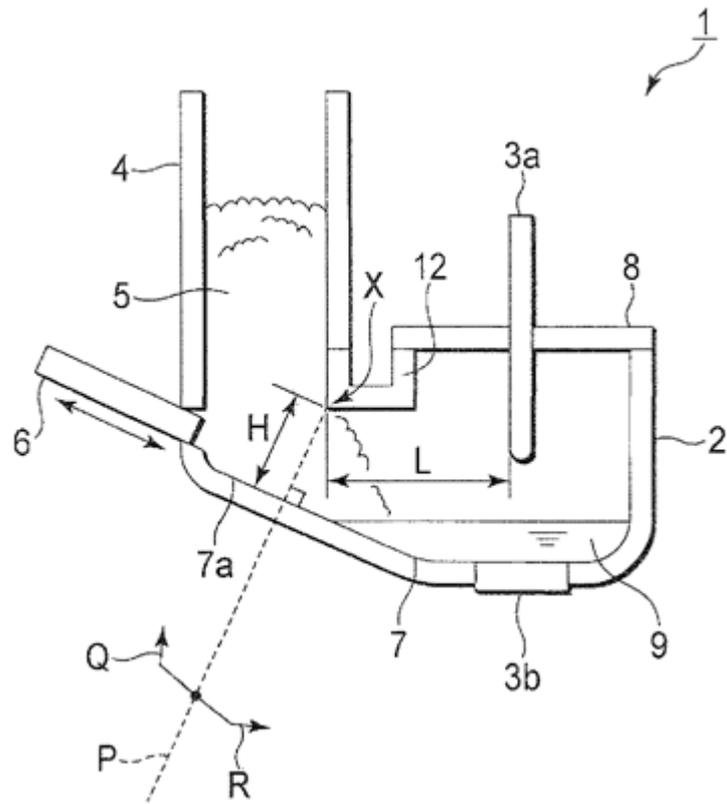


FIG. 1

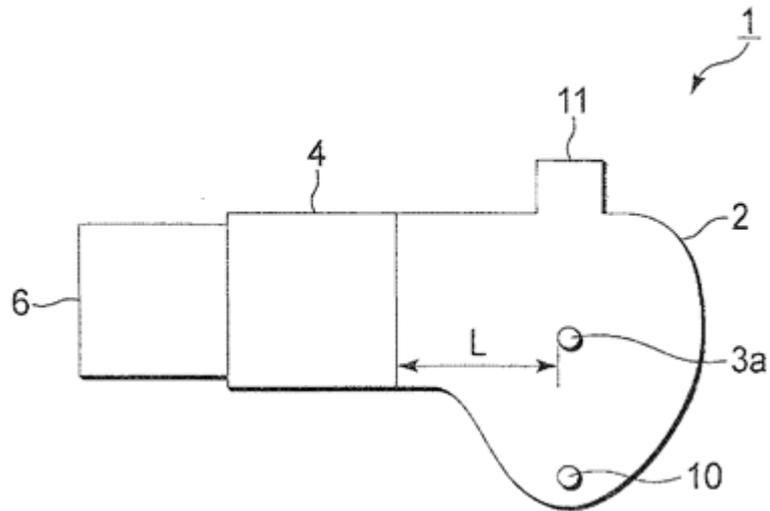


FIG. 2

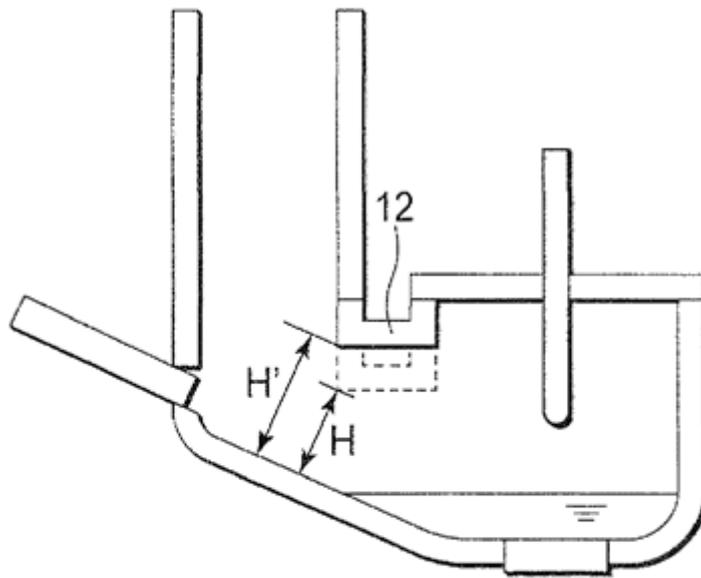


FIG.3

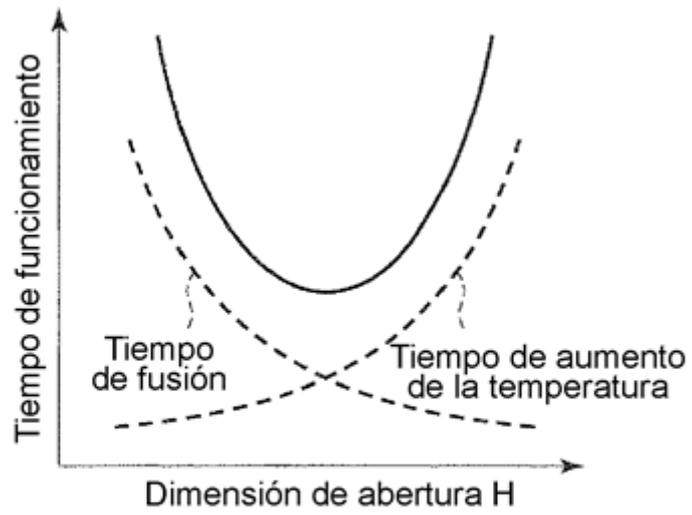


FIG.4

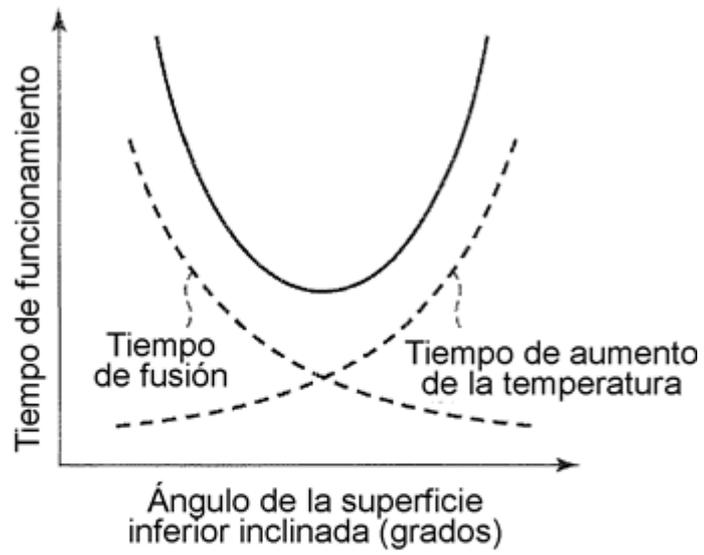


FIG.5

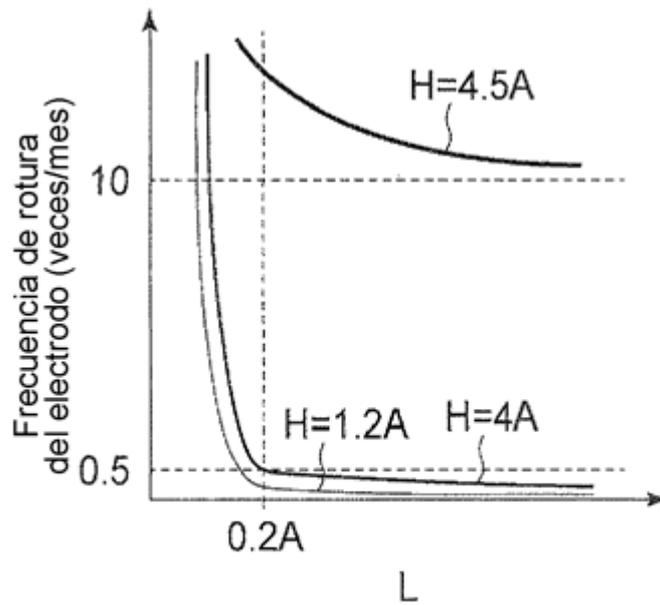


FIG.6