(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 358 891**

(51) Int. Cl.:
C21C 7/068 (2006.01)
C21C 7/10 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Número de solicitud europea: **02799368 .2**
(96) Fecha de presentación : **20.09.2002**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1431404**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **23.06.2004**

(54) Título: **Método para refinar hierro fundido que contiene cromo.**

(30) Prioridad: **20.09.2001 JP 2001-286694**
20.09.2001 JP 2001-286695
05.11.2001 JP 2001-339046
25.12.2001 JP 2001-391274
13.08.2002 JP 2002-235726

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.05.2011

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.05.2011

(73) Titular/es: **NIPPON STEEL CORPORATION**
6-3, Ohtemachi-2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP
NITTETSU PLANT DESIGNING CORPORATION

(72) Inventor/es: **Yamashita, Kosuke;**
Nakao, Ryuji;
Tanaka, Tomoaki;
Igarashi, Masao;
Yoshino, Koichiro y
Sumi, Makoto

(74) Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCION

CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un método de refinado y aparato de refinado para acero fundido que contiene cromo, el cual refina el acero fundido que contiene cromo en un recipiente de refinado soplando un gas que contiene oxígeno gaseoso.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

Cuando se refina acero al cromo, en particular acero inoxidable y otros aceros al cromo que contienen al menos 9% de cromo, se ha usado ampliamente el método de refinado por descarburación por el método de AOD de soplado de oxígeno gaseoso o una mezcla de gases de oxígeno gaseoso y un gas inerte en un fundido contenido en un recipiente de refinado. En el método de AOD, cuando avanza la descarburación y la concentración de carbono en el fundido disminuye, el cromo se oxida más fácilmente, por lo que se ha adoptado el método de subir la relación de gas argón u otro gas inerte en el gas soplado junto con la disminución de la concentración de carbono para suprimir la oxidación del cromo. Sin embargo, en la región de concentración baja de carbono, la velocidad de descarburación disminuye mucho, de modo que se requiere mucho tiempo hasta alcanzar la concentración deseada de carbono. Además, al aumentar la relación de gas inerte en el gas soplado, aumenta mucho la cantidad de consumo de gas inerte caro. Esto tampoco es económicamente ventajoso.

Como método para promover la descarburación en la región de concentración baja de carbono, se pueden mencionar el uso del método de refinado a vacío. La publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 6-287629 describe el método de suministrar oxígeno gaseoso o una mezcla de gases de oxígeno gaseoso y gas inerte como el gas soplado, descarburar el fundido hasta que la concentración de carbono en el fundido disminuye a 0,5% en peso, hacer vacío en el recipiente como máximo a 200 Torr (26 kPa), y continuar la descarburación del fundido después de que la concentración de carbono disminuya por debajo de este valor. Puesto que al realizar este tratamiento a vacío a partir de una concentración relativamente alta de carbono y al realizar la descarburación mediante una mezcla de gases con oxígeno gaseoso en condiciones de vacío, mejora la eficacia del oxígeno para la descarburación, entonces mejora la velocidad de descarburación con la misma cantidad de suministro de oxígeno, se pueden reducir las unidades de inyección de silicio y las unidades de inyección de gas inerte caro y se puede acortar el tiempo de refinado. La presión dentro del recipiente en el tratamiento a vacío se lleva como máximo a 200 Torr (26 kPa) porque se considera que la eficacia del oxígeno para la descarburación disminuye a una presión mayor que está.

La publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 9-71809 también describe un método de refinado que comprende la descarburación de un fundido mediante soplado de un gas que contiene oxígeno gaseoso en condiciones atmosféricas, después cambio del tratamiento atmosférico al tratamiento a vacío en la etapa en la que la concentración de carbono disminuye de 0,7 a 0,05% en peso, y soplado de un gas que contiene oxígeno gaseoso con un vacío de 200 (26 kPa) a 15 Torr (2 kPa). Las condiciones de vacío son como máximo 200 Torr (26 kPa) porque se considera que el tratamiento a vacío no puede ser eficaz realizado a una presión mayor que está.

Al realizar el tratamiento a vacío en una región de la concentración de carbono de una concentración de carbono como máximo de 0,5% en peso o una concentración de carbono como máximo de 0,7% en peso y soplado de gas que contiene oxígeno gaseoso en el tratamiento a vacío, se puede producir una mejora de la velocidad de descarburación y una reducción del uso del gas inerte caro, pero si se pudiera conseguir un tiempo de refinado mucho más corto o una menor cantidad del gas inerte que se usa, esto contribuiría en gran medida a la reducción de los costes de producción y a la mejora de la productividad.

Por otra parte, es extremadamente difícil el refinado del acero al cromo con contenido ultrabajo de carbono con una concentración de carbono como máximo de 0,01% por el método de AOD. Como método para promover la descarburación en dicha región de concentración baja de carbono, se puede mencionar el uso del método de refinado a vacío. Como uso del método de refinado a vacío, son generales el método VOD de refinado a vacío por descarburación en un convertidor hasta una concentración adecuada de carbono, después desplazamiento del fundido a un recipiente de refinado a vacío, y el método de uso de un horno de AOD con vacío para el refinado a vacío a la vez que se pone una campana de extracción sobre el horno de AOD.

Como ejemplo del método de AOD, la publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 51-142410 describe el método de refinado con oxígeno en un convertidor, después descarburación del fundido en una cuchara de descarburación a vacío para llevar la concentración de carbono después del tratamiento a vacío a 0,008%.

Como método que usa un horno de AOD de vacío, la publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 60-10087 describe el método de refinado del acero al cromo refinando primero mediante oxígeno gaseoso a la temperatura normal inicial hasta que el carbono disminuye a aproximadamente de 0,2 a 0,4% en peso, después parando el suministro de oxígeno gaseoso mientras se continua agitando el fundido mediante el gas inerte en el mismo

recipiente, disminuyendo continuamente la presión dentro del recipiente a aproximadamente 10 Torr (1,3 kPa), y disminuyendo la concentración de carbono después del tratamiento a vacío a 0,13%.

El documento JP08283827 describe un aparato para refinar metal fundido con una unidad de tratamiento de escape. El documento DE4405198 describe un procedimiento para refinar metal fundido a vacío en dos etapas de soplado.

Con el método anterior, la descarburación a vacío usa solamente gas inerte, de modo que se suprime la oxidación del cromo, pero la fuente de oxígeno de la descarburación se convierte en el oxígeno en el fundido o el oxígeno en la escoria y la velocidad de suministro de oxígeno se hace más lenta, de modo que se puede producir una disminución de la velocidad de descarburación. Por lo tanto, no se puede decir que este sea un método de refinado por descarburación eficaz. A diferencia de esto, la publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 6-287629 describe un método de refinado por descarburación para el acero fundido que contiene cromo que comprende suministrar una mezcla de gases de oxígeno gaseoso y gas inerte como gas soplado, llevando a cabo el refinado por descarburación a presión atmosférica hasta que la concentración de carbono en el fundido disminuye a 0,5% en peso, y después, cuando la concentración de carbono disminuye por debajo de este valor, se hace vacío en el interior del recipiente hasta como máximo 200 Torr (26 kPa) y se continua la descarburación del fundido. En este método, se suministra gas que incluye oxígeno gaseoso incluso en el refinado a vacío. Debido a esto, mejora la eficacia del oxígeno para la descarburación, de modo que se logra una mejora de la velocidad de descarburación y se puede acortar el tiempo de refinado, de modo que se puede lograr una gran reducción de los costes de refinado y una mejora de la productividad, y se hace más fácil el refinado por debajo de la región de contenido ultrabajo de carbono de una concentración de carbono como máximo de 0,01% en peso. En esta invención, la cantidad total de gas soplado durante el recocido a vacío es 0,3 Nm^3/min.T.

En el refinado por descarburación de acero fundido que contiene cromo con contenido ultrabajo de carbono, aplicando el refinado a vacío en la descarburación en la región de concentración baja de carbono y usando un gas que contiene oxígeno gaseoso como el gas soplado inferior en el momento del refinado a vacío, se puede realizar el refinado de una región de contenido de carbono ultrabaja de una concentración de carbono como máximo de 0,01% en peso, pero la velocidad de descarburación disminuye gradualmente junto con la disminución de la concentración de carbono, de modo que para descarburizar el fundido hasta esta región de contenido ultrabajo de carbono, es necesario un tiempo de refinado extremadamente largo comparado con el refinado por descarburación hasta la región normal de contenido bajo de carbono. Por lo tanto, comparado con el refinado habitual del acero al cromo con contenido bajo de carbono, se provoca una disminución de la productividad del refinado por descarburación y se produce un aumento de los costes de refinado.

Además, en relación con el aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo, los hornos de refinado a vacío son de diferentes tipos tales como VOD, AOD, RH y REDA, pero es necesario el equipo de extracción de vacío para hacer vacío en el interior del horno. El equipo de extracción de vacío para hacer vacío industrialmente en el interior de un horno de refinado a vacío en general alcanza un grado predeterminado de vacío en el interior del horno combinando un gran número de eyectores. El grado de vacío se controla de acuerdo con el avance del refinado en el horno de refinado a vacío, pero normalmente se hacen funcionar uno o más eyectores con capacidades de acuerdo con el grado de vacío objetivo entre un gran número de eyectores para asegurar el grado predeterminado de vacío.

Por otra parte, un tipo de unidad de extracción de vacío usada industrialmente es una bomba de vacío hidráulica. Cuando se usa está sola, debido al problema de la capitación, el grado que se puede obtener de vacío es aproximadamente 61 Torr (8 kPa). Para obtener un grado mayor de vacío, es necesario usar conjuntamente los eyectores mencionados antes.

Cuando el grado de vacío se controla usando solamente eyectores, nitrógeno, aire, etc. el soplado se hace antes de los eyectores y la velocidad de soplado se controla de modo que se controle el grado de vacío en el horno o en los conductos.

Cuando se refina un fundido usando oxígeno gaseoso en condiciones de vacío, el CO gaseoso producido por la reacción de descarburación hace que el metal y la escoria salpiquen desde la superficie del fundido hacia la parte superior del horno de refinado a vacío. La cantidad generada de estos aumenta mucho cuando el grado de vacío aumenta (cuando se alcanza un vacío alto) y se depositan sobre el puerto de adición de aleación, cubierta del horno, conductos, etc. en la parte superior del recipiente de refinado para bloquear el mismo o producir problemas en diferentes equipos y operaciones y obstruir la productividad. Sí se elevara el grado de vacío y se elevara la velocidad de soplado de oxígeno, se desarrollaría una reacción de descarburación rápida y se produciría el fenómeno de que el CO gaseoso generado produce el soplado de una gran cantidad de metal hacia arriba de una vez desde la superficie cercana del fundido, es decir se produciría la ebullición. Esto también se convertiría en un problema importante en el equipo y empeoraría la productividad.

Por lo tanto, la descarburación con oxígeno a vacío de un fundido con carbono es una operación que requiere un cuidado extremo. Lo importante es controlar el grado de vacío y la velocidad de soplado de oxígeno de acuerdo con la concentración de carbono en el fundido. De estos, la velocidad de soplado del oxígeno se puede controlar hasta una cierta medida mediante la válvula de ajuste del flujo del oxígeno gaseoso, pero no se ha establecido un método de control suficiente para el grado de vacío.

En la técnica anterior, cuando se usan eyectores, el método de iniciar y parar sucesivamente un gran número de eyectores no permite un control extremadamente fino del grado de vacío puesto que los propios intervalos de capacidad de los eyectores son amplios. Además, como se ve en la publicación de patente japonesa no examinada (Kokai) nº 10-1716, el método de permitir que el gas se filtre desde el exterior mientras se trabaja en la unidad extracción (por ejemplo, usando nitrógeno) permite el control del vacío en cierta medida, pero tiene el defecto de que aumenta el coste del gas. Como medida para reducir los costes del gas, hay el método de usar aire como alternativa al nitrógeno. Sin embargo, mientras que es posible el control del propio grado de vacío, el gas de escape aspirado contiene una concentración alta de CO gaseoso, de modo que cuando se mezcla con aire que contiene un gas auxiliar de combustión constituido por oxígeno, hay el peligro de combustión y explosión. El uso para la maquinaria actual es extremadamente peligroso. Además, y se deja filtrar gas desde el exterior, aumenta la carga en la unidad de extracción. Por ejemplo, aumenta la potencia usada por la bomba de vacío. Por lo tanto, desde el punto de vista de la conservación de la energía esto no es preferible. Además, el método de controlar la cantidad de suministro de vapor a un eyector usado en esta patente se basa en el hecho de que el caudal de vapor óptimo de un eyector es característico, de modo que el cambio de esto reduce notablemente el rendimiento de salida del propio eyector. Además, al mismo tiempo, una ligera fluctuación de la cantidad de vapor se refleja demasiado sensiblemente en el rendimiento del eyector, de modo que resulta difícil el control extremadamente fino de la presión dentro del recipiente de refinado.

Por otra parte, actualmente se usa el método de una bomba de vacío de tipo hidráulica para controlar el grado de vacío mediante las unidades de bomba, pero ésta no se usa junto con eyectores, la capacidad es insuficiente para conseguir un vacío alto por sí solo, y es imposible un control extremadamente fino del grado de vacío.

Además, en un recipiente de refinado de vacío, en la mayoría de los casos, para el refinado eficaz o para el ajuste final de los ingredientes del fundido, se añade aleación o materiales secundarios al fundido en medio del refinado o al final de la etapa de refinado. Normalmente, estos se cargan en el recipiente y se añaden al fundido dejando que caigan naturalmente que desde una tolva de aleación provista en la parte superior del recipiente de refinado a través de un canal de alimentación.

Sin embargo, debido al argón soplado en el recipiente de refinado para agitar el fundido o el oxígeno soplado para promover la descarburación, se produce la salpicadura de metal y escoria, generación de polvo, etc. dentro del recipiente de refinado. Por lo tanto, el metal que se deposita en la aleación y el puerto de adición de material secundario conectado con el interior del recipiente, y por consiguiente el puerto de adición queda bloqueado o se produce algún otro problema fácilmente. Por lo tanto, para eliminar la aparición de dicho problema, se han adoptado los medios para proporcionar el puerto de adición de aleación y de material secundario con paredes laterales resistentes a los efectos del metal y la escoria o, en el caso de un recipiente de refinado con una altura grande del tanque, proporcionando una cubierta superior. Además, también se han adoptado los medios para usar el puerto de adición de aleación y material secundario conjuntamente con el puerto de inserción en la parte superior de la lanza de soplado superior. Sin embargo, si se considera la operación continua a largo plazo de un recipiente de refinado a vacío, en la práctica ninguno de los medios es suficiente.

Además, en el tratamiento del gas de escape de un horno metalúrgico, que incluye recipientes de refinado atmosférico y a vacío, es necesario enfriar el gas de escape a alta temperatura producido. Por lo tanto, a veces se proporciona un lavador de gas de tipo refrigerado con agua en medio de los conductos o los conductos se enfrían con agua en el medio. En este caso, se intercambia calor entre el gas de escape a alta temperatura y la gran cantidad de agua de refrigeración. Debido a la abrasión y al reducido grosor de las tuberías y conductos, el agrietamiento debido a la tensión térmica, etc., a veces el agua de refrigeración se escapa de las tuberías y conductos al interior del paso de gases de escape. Sin embargo, el equipo de tratamiento del gas de escape en general está cerca, de modo que es imposible obtener un control del estado del escape de agua en el interior. Por lo tanto, a veces la operación se continúa aunque no se pueda confirmar el escape de agua interno y el escape de agua sea grave y conduzca a una disminución notable del grado de vacío o a la incapacidad para eliminar el polvo del sistema debido al escape de agua u otro problema en el equipo o la operación.

Por lo tanto, la operación se ha parado de forma programada a una determinada frecuencia y se ha comprobado el interior de los conductos y se ha comprobado el refrigerador de gas. Además, la práctica ha sido instalar una varilla de detección de tipo capacidad electrostática en el colector de polvo en la parte inferior del refrigerador de gas y usar el hecho de que la capacidad electrostática del polvo cambia cuando está húmedo por el escape de agua, para así detectar el escape de agua.

Sin embargo, si se para la operación y se llevan a cabo las comprobaciones de una forma programada, se reducirá la eficacia operativa de las instalaciones y se bloqueará la productividad. Por otra parte, con la varilla de detección de tipo capacidad electrostática mencionada antes, es difícil ajustar la capacidad electrostática de la varilla de detección de acuerdo con el estado de humedad del polvo. Por ejemplo, con una pequeña cantidad de escape de agua, si la temperatura es alta o en condiciones de vacío, el agua se convertirá fácilmente en vapor, de modo que no será posible la detección del escape de agua. La varilla de detección se basa en la detección de una gran cantidad de escape de agua. Por lo tanto, es extremadamente difícil detectar el escape de agua con antelación mientras todavía es pequeño.

Además, el equipo de extracción de vacío para hacer vacío industrialmente en un recipiente de refinado a vacío en general alcanza un grado predeterminado de vacío en el horno combinando un gran número de eyectores o usando una bomba de vacío. Los eyectores de vacío usan el llamado “principio de soplado-neblina” y aspiran y extraen el gas de escape en el recipiente de refinado a vacío y los conductos y otras partes del camino del vacío mediante el medio eyectado. Para el medio eyectado, normalmente en la industria se usa vapor. El vapor es condensado por el agua de refrigeración en un condensador después de los eyectores, para convertirse otra vez en agua y por lo tanto solo es extraído el gas de escape en la siguiente etapa. El agua de refrigeración del condensador y el agua condensada del vapor se recogen y almacenan temporalmente en un tanque de almacenamiento de agua cerca del suelo y se bombean a la torre de refrigeración mediante una bomba. Por otra parte, como bomba de vacío en la industria se usa una bomba hidráulica y se usa una gran cantidad de agua. El agua usada por la bomba de vacío se recoge y almacena en un tanque de almacenamiento de agua de la misma forma que el agua del condensador.

El gas de escape contiene una gran cantidad de CO gaseoso. El agua del condensador va acompañada de grandes cantidades de burbujas de gas de escape que contiene CO que fluyen al tanque de almacenamiento de agua junto con la misma. Por lo tanto, el interior del tanque de almacenamiento de agua se convierte en un gas atmosférico que contiene CO gaseoso en la composición. En el sentido de prevenir que el gas del interior del tanque se filtre fuera del tanque, la capacidad de cerramiento y de estanqueidad son funciones muy importantes necesarias para un tanque de almacenamiento de agua.

Los tanques de almacenamiento de agua en general son de dos tipos: depósitos estancos de acero y depósitos de alimentación del agua caliente de hormigón (la parte de la cubierta superior hecha de acero). Los depósitos estancos de acero tienen una buena capacidad de cerramiento, pero tienen problemas de corrosión y gastos de capital que aumentan. Por otra parte, los depósitos de alimentación del agua caliente de hormigón no tienen corrosión y son relativamente baratos en términos de gastos de capital también, pero tienen problemas en la estanqueidad con las cubiertas superiores de acero. En la siguiente descripción, la invención se explicará tomando como ejemplo principalmente estos últimos depósitos de alimentación del agua caliente de hormigón, pero la invención se puede aplicar igualmente a depósitos estancos de acero.

Hay dos asuntos con los depósitos de alimentación del agua caliente. El primero es que hay escape de gas que contiene CO de un depósito de alimentación del agua caliente. El segundo, es la supresión del daño al equipo cuando el agua de refrigeración dentro de un depósito de alimentación de agua caliente se desborda.

Como medio para tratar con esto, se usa ampliamente el método de hacer vacío a la fuerza en el interior del depósito de alimentación del agua caliente mediante un ventilador aspirante. Debido a esto, en el interior del depósito de alimentación del agua caliente hay una presión negativa constantemente y se reduce notablemente el peligro de escape del gas del interior. Sin embargo, el interior de un depósito de alimentación del agua caliente que tiene presión negativa debido a la aspiración de gas significa aspiración de aire por las juntas. Por consiguiente, el espacio entre las juntas se expande gradualmente. Si hubiera que parar el ventilador aspirante en este estado por alguna u otra razón, se escaparía una gran cantidad de gas que contiene CO por el espacio expandido de las juntas.

Además, incluso si la fuente alimentación del sistema de la bomba de retorno del depósito de alimentación del agua caliente se corta por alguna razón y la bomba de retorno se detiene, la bomba de suministro de la torre de refrigeración de gran tamaño continuaría funcionando. Siendo esto así, el agua de refrigeración en el depósito de alimentación del agua caliente continuaría aumentando y desbordaría. Como medida contra esto, se puede considerar unir una válvula de tres vías desde otro sistema de fuente de alimentación a la tubería de suministro al condensador y a la bomba hidráulica, pero esto requeriría un gran gasto para la tubería de larga distancia y la válvula de tres vías grande.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente invención tiene como objeto proporcionar un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo, que comprende refinar mediante soplado de un gas que contiene oxígeno gaseoso en un acero fundido que contiene cromo en un recipiente de refinado y permitir una reducción de la cantidad que se usa de gas inerte u oxígeno gaseoso y acortar el tiempo de refinado.

Además, la presente invención tiene como objeto proporcionar un método de refinado que pueda acortar el tiempo necesario para el refinado y reducir el coste del refinado en el refinado de descarburación de un fundido con contenido de carbono ultrabajo.

Además, la presente invención proporciona un método y aparato de control del vacío en un equipo de extracción de vacío que puede controlar el grado de vacío en un recipiente o conductos en el momento del refinado de un fundido por descarburación con oxígeno en un recipiente de refinado a vacío.

Además, la presente invención tiene como objeto proporcionar una unidad de sellado y método de sellado capaz de evitar el bloqueo de un puerto de adición de aleación y material secundario incluso en condiciones de refinado en las que el metal y la escoria salpican de forma notablemente violenta.

Además, la presente invención tiene como objeto detectar con una gran precisión el escape de agua en un aparato de tratamiento del gas de escape en un horno metalúrgico o en un recipiente de un aparato de refinado atmosférico o refinado a vacío, en particular en un conducto refrigerado con agua, unidad de refrigeración de gases de escape, u otra unidad que use agua de refrigeración, y proporciona una unidad de detección capaz de detectar incluso una pequeña cantidad escape de agua durante el tratamiento, fácil de manejar y mantener, y superior en durabilidad.

Además, la presente invención tiene como objeto proporcionar un aparato para resolver de forma sencilla los problemas en el depósito de alimentación del agua caliente, es decir, suprimir el escape de gas que contiene CO del depósito de alimentación del agua caliente y el daño al equipo en el momento del desbordamiento del agua de refrigeración en el depósito de alimentación del agua caliente.

Además, la presente invención se hizo para resolver los problemas anteriores, y tiene como aspectos principales los siguientes, expuestos en la reivindicación 1:

(1) Un método de refinado que refina por soplado de una mezcla de gases que incluye oxígeno gaseoso en un acero fundido que contiene cromo en un recipiente de refinado, caracterizado dicho método de refinado para un acero fundido que contiene cromo, porque tiene una primera etapa de soplado de dicha mezcla de gases aplicando una presión en el interior del recipiente en el intervalo de 400 Torr (53 kPa) a presión atmosférica, una segunda etapa de soplado de dicha mezcla de gases haciendo vacío en dicho recipiente de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa), y una tercera etapa de soplado de dicha mezcla de gases haciendo todavía vacío en el interior del recipiente como máximo a 250 Torr (33 kPa), y porque refina poco a poco pasando de la primera etapa a la segunda etapa a una concentración de carbono en el fundido de 0,8 a 0,3% y pasando de la segunda etapa a la tercera etapa a una concentración de carbono en el fundido de 0,4 a 0,1%.

(2) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1), caracterizado porque refina aplicando una velocidad de soplado de la mezcla de gases en dicha segunda etapa de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido.

(3) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1) o (2), caracterizado porque en dicha primera etapa, la realización del refinado comprende el refinado durante todo el periodo a presión atmosférica, refinado durante todo el periodo a presión reducida, o refinado primero a presión atmosférica y después a presión reducida.

(4) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1) o (3), caracterizado porque cuando se refina a presión atmosférica en dicha primera etapa, se refina usando tanto el soplado superior como soplado inferior como soplado de dicha mezcla de gases.

(5) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en uno cualquiera de (1) a (4), caracterizado porque cuando se refina a presión atmosférica en dicha primera etapa, se refina usando solo oxígeno para el soplado de dicha mezcla de gases.

(6) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1), caracterizado porque en dicha tercera etapa, se refina haciendo vacío además poco a poco en el interior del recipiente junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido.

(7) Un método del refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1), caracterizado porque en dicha tercera etapa, se refina por cualquier medio de suministro de gas inerte solo para el soplado de dicha mezcla de gases, se reduce gradualmente la relación de suministro de oxígeno gaseoso en dicha mezcla de gases junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido, o se suministra gas inerte después de la disminución de la relación de oxígeno gaseoso en dicha mezcla de gases.

(8) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1), caracterizado

porque se empieza a hacer vacío en el interior de dicho recipiente de refinado, después se sopla gas inerte, nitrógeno u otro gas no oxidante o una mezcla de gases de los mismos para reducir la concentración de oxígeno en el gas de escape a como máximo 7% en volumen, después se sopla dicha mezcla de gases en dicho recipiente de refinado en el que se ha hecho vacío y se inicia el refinado.

(9) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (1), caracterizado porque en la tercera etapa se reduce la concentración de carbono en el fundido como máximo a 0,08%, después se restablece la presión en el recipiente a al menos 400 Torr (53 kPa), después se sopla por la parte inferior la mezcla de gases y se refina a vacío a una velocidad de soplado de la mezcla de gases de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido, para así reducir el carbono a un nivel ultrabajo.

(10) Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (9), caracterizado porque después de dicha tercera etapa, se restablece la presión dentro del recipiente a al menos 400 Torr (53 kPa), después se sopla por la parte inferior la mezcla de gases, se reduce la relación de oxígeno gaseoso en la mezcla de gases soplada a como máximo 30%, se reduce la presión en el interior del recipiente a como máximo 100 Torr (13 kPa), y se continúa el refinado.

(11) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo, caracterizado dicho aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo porque comprende un recipiente de refinado a vacío, una unidad de adición de aleación y submaterial dispuesta encima del recipiente de refinado a vacío, refrigerador del gas de escape, válvula de vacío, unidad de extracción de vacío de tipo eyector de una etapa o múltiples etapas, y una bomba de vacío de tipo hidráulica, dispuestos de forma sucesiva, y porque tiene una válvula de control de la presión en condiciones de vacío para devolver parte del gas de escape desde el lado corriente abajo de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica al lado corriente arriba de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica.

(12) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque está provisto de un medio para ajustar el grado de abertura de dicha válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío, para controlar el grado de vacío en el interior de dicho recipiente de refinado a vacío, para devolver parte del gas de escape que sale de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica al lado corriente arriba del paso del gas de escape de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica.

(13) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona un medio que dispone una válvula de vacío entre un lado de escape de dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector de una etapa o de múltiples etapas y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica y dicho lado del recipiente de refinado a vacío de dicho refrigerador del gas de escape, cierra dicha válvula de vacío antes del inicio del refinado a vacío para poner dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica en un estado de vacío con antelación, y abre dicha válvula de vacío simultáneamente con el inicio del refinado a vacío para elevar el grado de vacío del recipiente de refinado a vacío.

(14) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona un medio para ajustar el grado de abertura de dicha válvula de control de la presión usada para controlar el vacío en condiciones de vacío con antelación para restablecer hasta 10% del flujo del gas de escape en el lado corriente arriba de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica, y después ajustar inmediatamente el grado de vacío en dicho recipiente de refinado a vacío cuando se añade aleación y submaterial durante el refinado en condiciones de vacío en el recipiente de refinado a vacío.

(15) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona una unidad de sellado que tiene una válvula de sellado para sellar un puerto de adición en la parte inferior de dicha unidad de adición de aleación y material secundario, y dispone una lanza ficticia integrada con dicha unidad de sellado en la parte inferior de dicha válvula de sellado o la dispone de forma que se puede elevar conectada con dicha unidad de sellado.

(16) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona un puerto de sellado para soplar gas de sellado a un espacio entre las paredes interiores del puerto de adición de dicha unidad de aleación y material secundario y dicha lanza ficticia.

(17) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona una cubierta central que tiene una función de refrigeración en la parte inferior de dicha unidad de adición de aleación y material secundario.

(18) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque proporciona en la parte posterior de dicho refrigerador del gas de escape dentro del sistema del aparato de refinado, una unidad de detección de escape de agua capaz de detectar el escape de agua midiendo al menos una de la temperatura del vapor o la presión del vapor en el gas de escape.

(19) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (11), caracterizado porque dispone en la parte posterior de dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector de una etapa o múltiples etapas y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica, un tanque de almacenamiento del agua de retorno conectado con estas y unido a una unidad de ventilación de gases.

(20) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (19), caracterizado porque proporciona una cubierta hidráulica que tiene una cubierta de separación, dispuesta sin estar fija, en la parte superior de dicho tanque de almacenamiento del agua de retorno.

(21) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (20), caracterizado porque el peso de dicha cubierta hidráulica cumple la siguiente fórmula (1):

$$(W1+W2) \times 9{,}8 > P \times S \quad \ldots (1)$$

en la que,

W1: peso de la cubierta de separación (kg)

W2: peso del peso colocado encima de la cubierta de separación (kg)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del tanque de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

S: área máxima de la proyección de la superficie interior de la cubierta de separación móvil en el plano horizontal (m^2).

(22) Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en (20) o (21), caracterizado porque la altura del agua de sellado de dicha cubierta hidráulica cumple la siguiente fórmula:

$$H-L > 9{,}8 \times 10^3 \times P \quad \ldots (2)$$

en la que,

H: altura exterior de las paredes laterales del tubo externo de la cubierta de separación de la cubierta hidráulica (m)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del tanque de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

L: altura del paso del agua de sellado entre el tubo interior y el tubo exterior en la cubierta hidráulica (m)

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las figuras 1 son vistas de un recipiente de refinado de la presente invención, en las que (a) muestra el estado en el momento del refinado a vacío y (b) muestra el estado en el momento del refinado a presión atmosférica.

La figura 2 es una vista de la relación entre la presión dentro de un recipiente de refinado y la eficacia del oxígeno para la descarburación.

La figura 3 es una vista de la relación entre la presión dentro de un recipiente de refinado y un índice de generación de polvo.

La figura 4 es una vista que muestra esquemáticamente una unidad de tratamiento del gas de escape de una instalación de refinado a vacío.

La figura 5 es una vista de las tendencias en el tiempo del tratamiento a vacío y el cambio en el grado de vacío en un horno de refinado a vacío y una unidad de extracción de vacío.

La figura 6 es una vista que muestra esquemáticamente una unidad de sellado en una unidad de refinado a vacío convencional.

La figura 7 es una vista de una realización de una unidad de sellado de acuerdo con la presente invención.

La figura 8 es una vista que muestra esquemáticamente la zona alrededor de un depósito de alimentación del agua caliente.

La figura 9 es una vista de una vista lateral de una cubierta hidráulica del depósito de alimentación del agua caliente.

MEJOR MODO DE LLEVAR A CABO LA INVENCIÓN

En la presente invención, en el momento del refinado a vacío, por ejemplo, cuando el recipiente de refinado 1 mostrado en la figura 1(a) realiza el refinado a presión atmosférica por ejemplo, se usa un recipiente de refinado 1 mostrado en la figura 1(b). El gas de refinado se sopla en el acero fundido que contiene cromo en el recipiente de refinado por una tobera de soplado inferior 2. Además, el recipiente de refinado 1 tiene una campana de extracción 3 separable. En el momento del refinado a vacío, como se muestra en la figura 1(a), se une una campana de extracción 3 al recipiente de refinado 1 y se aspira el gas para hacer vacío en el recipiente de refinado. En el momento del refinado a presión atmosférica, como se muestra en la figura 1(b), la campana de extracción 3 no está unida, de modo que el gas de soplado se puede soplar usando no sólo la tobera de soplado inferior 2, sino también una lanza de soplado superior 12.

La presente invención, como se ha explicado antes en (1), tiene como característica principal el tener una etapa de soplado de un gas que contiene oxígeno gaseoso mientras se hace vacío en el interior del recipiente de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa) en el procedimiento de refinado. Esta etapa se llama la “segunda etapa”. Al disponer esta etapa (en lo sucesivo denominadas en general la “segunda etapa”) en la región de carbono media alrededor de una concentración de carbono de 0,4% en peso y simultáneamente agitar enérgicamente el fundido, se puede mantener la eficacia del oxígeno para la descarburación en la región de carbono media en un valor alto y además se puede suprimir la generación de polvo.

La figura 2 muestra la relación entre la presión en el interior del recipiente de refinado y la eficacia del oxígeno para la descarburación, cuando se aplica una velocidad de soplado del gas soplado inferior de 0,4 a 0,9 Nm^3/min por tonelada de fundido. Se ha aprendido que hasta la región por encima de una presión en el interior del recipiente de 400 Torr (53 kPa), se puede mantener una eficacia alta del oxígeno para la descarburación. Obsérvese que por debajo de 100 Torr (13 kPa), la cantidad de generación de polvo es grande y no es posible la operación.

La figura 3 es una vista de la relación entre la presión dentro del recipiente de refinado y el índice de generación de polvo cuando se aplica una velocidad de soplado del gas soplado inferior de 0,4 a 0,9 Nm^3/min por tonelada de fundido. El índice de generación de polvo es un valor indexado del valor medio de la generación de polvo a una presión dentro del recipiente de 400 Torr (53 kPa). Se ha aprendido que aplicando una presión dentro del recipiente de refinado de al menos 250 Torr (33 kPa), se puede reducir en gran medida la generación de polvo.

Aplicando una presión en el intervalo de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa) en la segunda etapa, se puede lograr un aumento de la velocidad de soplado del gas soplado inferior y como resultado, se puede lograr un tiempo de refinado más corto. La velocidad de soplado del gas soplado inferior preferiblemente es de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido. Debido a esto, se puede producir una agitación fuerte para obtener una eficacia alta del oxígeno para la descarburación mediante una presión de al menos 250 Torr (33 kPa) y acortar el tiempo de refinado y se puede mantener la generación de polvo a un nivel bajo incluso si la velocidad de soplado del gas soplado inferior es al menos de 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido, si la presión es al menos 250 Torr (33 kPa). La velocidad de soplado del gas soplado inferior puede dar resultados incluso más preferidos si es superior a 0,5 Nm^3/min por tonelada de fundido.

Como momento adecuado del cambio de la primera etapa en la que la presión en el interior del recipiente de refinado es al menos 400 Torr (53 kPa) a la segunda etapa de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa), se prefiere el cambio cuando la concentración de carbono en el fundido es de 0,8 a 0,3%. Esto se debe a que en la región de carbono en la que la concentración de carbono es mayor que 0,8%, incluso si se hace el refinado a vacío, ajustar la presión a una presión mayor que 400 Torr (53 kPa) y aumentar la velocidad de soplado del oxígeno gaseoso permite un refinado más eficaz, o el refinado a presión atmosférica y simultáneamente el uso de soplado del oxígeno gaseoso de soplado superior asegura una velocidad alta de soplado del oxígeno gaseoso y permite un refinado eficaz. Por supuesto, si se inicia la segunda etapa desde la región en la que la concentración de carbono es al menos 0,8%, por ejemplo una concentración de carbono de 1,0%, se puede obtener el efecto de la presente invención. Por otra parte, si se continúa el refinado a una presión superior a 400 Torr (53 kPa) hasta la región de carbono de una concentración de carbono inferior a 0,3%, se produce una reducción de la eficacia del oxígeno para la descarburación y conduce a la prolongación del tiempo de refinado, por lo que esto no es preferible. Por supuesto, incluso si se inicia la segunda etapa desde la región en la que la concentración de carbono es como máximo 0,3%, por ejemplo una concentración de carbono de 0,2%, se puede obtener el efecto de la presente invención. Más preferiblemente, es suficiente cambiar a la segunda etapa cuando la concentración de carbono en el fundido es de 0,5 a 0,4%.

Como momento adecuado para cambiar de la segunda etapa en la que la presión en el interior del recipiente de refinado es de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa) a la tercera etapa en la que la presión es como máximo 250 Torr (33 kPa), se prefiere cambia cuando la concentración de carbono en el fundido es de 0,4 a 0,1%. Esto se debe a que aplicando una presión de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa) en la región de carbono en la que la concentración de carbono es mayor que 0,4%, se puede obtener el suficiente efecto de la presente invención de mejora de la eficacia del refinado y reducción de la generación de polvo. Por supuesto, incluso y se cambia a la tercera etapa desde la concentración de

carbono de 0,5%, se puede obtener el efecto de la presente invención. Por otra parte, sí se continúa el refinado mediante una presión por encima de 250 Torr (33 kPa) hasta la región de carbono con una concentración de carbono inferior a 0,1%, se produce una reducción de la eficacia del oxígeno para la descarburación y se produce una prolongación del tiempo de refinado, por lo que esto no es preferible. Por supuesto, incluso sí se empieza la tercera etapa desde la región en la que la concentración de carbono es como máximo 0,1%, por ejemplo la concentración de carbono es 0,05%, se puede obtener el efecto de la presente invención. Lo más preferiblemente, es suficiente cambiar a la tercera etapa a una concentración de carbono en el fundido de 0,3 a 0,2%.

El tipo de gas soplado del gas soplado inferior de la segunda etapa, puede ser una mezcla de gases de oxígeno y un gas inerte desde el principio de la segunda etapa, pero también se puede usar un patrón de primero soplar oxígeno gaseoso solo y después aumentar sucesivamente la relación de gas inerte en la segunda etapa.

La presión en el recipiente de refinado en la segunda etapa de puede mantener a una determinada presión en el intervalo de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa), pero si se adopta un patrón de cambio sucesivo desde una presión alta a una presión baja, se puede descarburizar el fundido mientras se mantiene una eficacia del oxígeno constante sustancialmente alta para la descarburación sin mezclar gas inerte, de modo que se pueden obtener resultados más preferibles.

En relación con la fase antes de la segunda etapa, es decir la primera etapa, es suficiente usar cualquiera de: el caso de refinado de la cantidad entera a presión atmosférica, el caso de refinado de la cantidad entera a vacío, y el caso de refinado primero a presión atmosférica y después a vacío.

Cuando se refina a presión atmosférica en la primera etapa, puesto que no se proporciona la campana de extracción 3 para el refinado a vacío encima del recipiente de refinado, se puede usar conjuntamente el soplado superior y soplado inferior para el soplado del gas. Además, puesto que el gas de escape se trata a presión atmosférica, se puede aumentar la capacidad de aspiración del gas de escape comparada con el refinado a vacío. En dichas condiciones, mediante de soplado superior además del soplado inferior, se puede aumentar la cantidad total de gas soplado y promover el avance en el refinado por descarburación. Cuanto menor es la concentración de carbono, menor es la presión parcial de monóxido de carbono P_{CO} en el gas en el equilibrio con el cromo en el fundido. Por lo tanto, cuando se refina a presión atmosférica, para prevenir la pérdida por oxidación de cromo, es necesario mezclar argón u otro gas inerte en el gas de soplado, reducir la concentración de carbono, aumentar la relación de gas inerte, y reducir la P_{CO} en la atmósfera.

Cuando se refina a presión atmosférica en la primera etapa, se puede usar solo oxígeno como gas soplado. Esto se debe a que con un intervalo de carbono la primera etapa de 0,8 a 0,3% o más, la P_{CO} en el equilibrio con el cromo en el fundido es al menos 0,7 atm. Incluso si se usa sólo oxígeno como gas soplado, el grado de disminución de la eficacia del oxígeno para la descarburación es pequeño y se obtiene una velocidad de descarburación alta. Además, se puede suprimir el uso del gas inerte caro. Obsérvese que sí se lleva el intervalo de carbono en la primera etapa a al menos 0,5%, la P_{CO} en el que el equilibrio con el cromo en el fundido se hace de al menos 0,9 atm, por lo tanto se obtiene un efecto mayor.

Se puede llevar a cabo la reducción de la primera etapa a presión atmosférica primero y después llevar la a cabo en condiciones de vacío a una presión de al menos 400 Torr (53 kPa). Si se usa el refinado a vacío en la segunda mitad de la primera etapa, comparado con el caso de refinado en la misma región a presión atmosférica, se puede mantener la P_{CO} baja incluso cuando se reduce la relación de la mezcla de gas inerte o se sopla solo oxígeno gaseoso sin usar gas inerte en absoluto, y se puede llevar a cabo el refinado previniendo la oxidación del cromo. Como momento adecuado para cambiar de presión atmosférica a vacío, se prefiere cambiar en la región de la concentración de carbono de 0,8 a 0,5%. Este se debe a que por debajo de esta concentración de carbono, la adición de un medio para reducir la P_{CO} de modo que la P_{CO} en el equilibrio con el cromo en el fundido no sea mayor que 1 atm permite la descarburación más eficaz. La razón para aplicar la presión de al menos 400 Torr (53 kPa) es que si en la región de concentración de carbono de la primera etapa, el contenido de carbono se hace alto, entonces se puede obtener una eficacia del oxígeno suficientemente buena para la descarburación incluso a presión alta. Además, en la región del carbono, es importante asegurar la cantidad de gas soplado y asegurar una eficacia de refinado alta, pero si se usa la misma unidad de aspiración de vacío, cuanto mayor es la presión, mayor es la capacidad de aspiración de gas de escape y mayor es la cantidad de gas soplado que se puede obtener. Junto con esto, una presión alta permite suprimir la generación de polvo y la salpicadura de las partículas finas de metal producida desde la superficie del fundido en el recipiente de refinado a vacío, incluso con la misma velocidad de soplado del gas.

En relación con el grado de vacío en cada etapa, es posible la descarburación con oxígeno a vacío mientras se controla el vacío al grado de vacío objetivo mediante el último control explicado. Además, puede haber una pluralidad de grados de vacío objetivo controlados en cada etapa.

Aunque la extensión del efecto es menor comparada con la segunda etapa, también en la primera etapa cuanto

mayor es la velocidad de soplado del gas desde el soplado inferior, mayor es la fuerza de agitación del fundido y mayor es el nivel de eficacia del oxígeno para la descarburación que se puede mantener, por lo que se prefiere que la velocidad sea al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido. Además, cuanto mayor es la velocidad de soplado, mayor es la velocidad de suministro de oxígeno obtenida y el tiempo de refinado que se puede obtener es menor.

También se puede llevar a cabo el refinado a vacío desde el principio de la primera etapa. Por ejemplo, cuando hay un margen extra en la capacidad de producción y se puede prolongar el tiempo de refinado, el refinado a vacío se lleva a cabo desde el principio de la primera etapa. Debido a esto, la velocidad de suministro del oxígeno disminuye y el tiempo de refinado se hace más largo, pero permite mantener la eficacia del oxígeno para la descarburación a un nivel alto en el conjunto del refinado. Por ejemplo, permite asegurar una eficacia del oxígeno para la descarburación del refinado en conjunto de al menos 90%. Junto con esto, se puede mantener al mínimo el uso del gas de dilución caro.

En relación con la etapa después de la segunda etapa, es decir, la tercera etapa, se hace el vacío en el interior del recipiente hasta 250 Torr (33 kPa) y se sopla dentro el gas. Cuanto más disminuye la concentración de carbono en el fundido, menor es la presión óptima en el recipiente para obtener una eficacia alta del oxígeno para la descarburación, de modo que en la tercera etapa cuando avanza la descarburación se prefiere usar una presión menor que en la segunda etapa. Junto con esto, cuanto menor es la concentración de carbono, mayor es el efecto de agitación del fundido en la reacción de descarburación. Con la misma velocidad de soplado del gas, cuanto menor es la presión en el interior del recipiente, mayor es la expansión del gas y mayor la fuerza de agitación del fundido, de modo que preferiblemente se aplica una presión menor que en la segunda etapa.

En la tercera etapa, se prefiere hacer el vacío sucesivamente en el recipiente poco a poco junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido. Además se prefiere hacer vacío sucesivamente en el interior del recipiente hasta una presión en el interior del recipiente en la fase final del refinado por descarburación como máximo de 50 Torr (7 kPa). En la región de concentración baja de carbono, junto con la disminución de la concentración de carbono, disminuye rápidamente la P_{CO} en el equilibrio con el cromo en el fundido. Por ejemplo, a una concentración de carbono de 0,2%, la P_{CO} en el equilibrio es aproximadamente 0,3 atm, pero a una concentración de carbono de 0,1%, es como máximo 0,1 atm. Sí se hace el vacío en el recipiente poco a poco de forma correspondiente a esto, se puede mantener de forma estable la eficacia del oxígeno para la descarburación en un nivel alto.

En la tercera etapa, la concentración de carbono disminuye suficientemente de modo que el gas soplado puede ser una mezcla de gases que no contenga oxígeno gaseoso o sólo un gas inerte. Además, cuando se suministra una mezcla de gases de oxígeno gaseoso y un gas inerte como gas soplado, se prefiere reducir gradualmente la relación de oxígeno gaseoso en la mezcla de gases junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido. Comparado con cuando el gas soplado es sólo un gas inerte, cuando se mezcla de forma adecuada oxígeno gaseoso, se puede realizar la descarburación eficaz después de asegurar la tasa de suministro de oxígeno, de modo que se puede acortar el tiempo de refinado. Además, junto con la disminución de la concentración de carbono, la P_{CO} en el equilibrio con el cromo en el fundido disminuye rápidamente, de modo que sí se reduce la relación de oxígeno gaseoso del gas soplado, es posible la descarburación eficaz. Además, hay casos en los que el refinado se lleva a cabo usando gas soplado solo con gas inerte en la fase final de la tercera etapa. Además, se puede cargar ferrosilicio inmediatamente antes o después de hacer que el gas soplado sea un gas inerte, para así reducir el ácido crómico en la escoria sobre el fundido y mejorar el rendimiento del cromo u otros metales valiosos.

Como se ha explicado antes, cuanto menor es la concentración de carbono mayor es el efecto de la agitación del fundido en la reacción de descarburación. En la tercera etapa se hace más vacío en el recipiente que en la segunda etapa, pero la velocidad del gas soplado preferiblemente es al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido. Obsérvese que si la velocidad del gas soplado es demasiado grande, se generará una gran cantidad de salpicadura y dificultará la operación, por lo tanto se prefiere que la velocidad sea como máximo 0,1 Nm^3/min por tonelada de fundido.

Obsérvese que cuando se suministra el gas soplado inferior dentro del recipiente de refinado, en general se usa una tobera doble. Con una tobera doble, el gas de refinado se pasa por un tubo interior y el gas de refrigeración por un tubo exterior. Incluso cuando se sopla oxígeno gaseoso solo en la presente invención, se suministra en el tubo exterior una pequeña cantidad de un gas de refrigeración tal como nitrógeno o argón o propano u otro hidrocarburo gaseoso o una mezcla de gases de los mismos. Además, el gas mezclado con el oxigeno (O_2) puede ser argón u otro gas inerte, N_2, CO o CO_2 solos o en una mezcla.

En el método de refinado a vacío de la presente invención, comparado con el método de refinado a vacío convencional, la cantidad de gas soplado es mayor, por lo que es necesario considerar una unidad de extracción de vacío para hacer el vacío en el interior del recipiente de refinado. Se puede tratar un aumento en la cantidad de generación de calor debido al aumento de la cantidad de gas de escape, aumentando el número de refrigeradores de gas 8 instalados en la tubería de escape 7 entre la campana de extracción 3 y la unidad de extracción de vacío (eyector de vapor 10 o bomba de agua 11) mostrados en la figura 1(a), o la capacidad de refrigeración por unidad. Además, un aumento de la cantidad de generación de polvo debido al aumento en la cantidad de gas de escape, se puede tratar

aumentando el número de filtros de manga 9 instalados en la tubería de escape entre la campana de extracción 3 y la unidad de extracción de vacío, o la capacidad de tratamiento del polvo por unidad. En la presente invención, como resultado de aplicar una presión en el interior del recipiente de refinado en la segunda etapa mayor que en la anterior, se reduce la cantidad de generación de polvo, de modo que incluso cuando se aumentan los filtros de mangas, es suficiente un aumento mínimo.

Además, en la presente invención, cuando se refina un fundido con cromo con contenido de carbono ultrabajo, se restablece la presión en el recipiente a al menos 400 Torr (53 kPa) después del primer refinado a vacío hasta la tercera etapa. Al restablecer la presión de esta forma y después llevar a cabo el segundo refinado a vacío y haciendo que la velocidad de soplado del gas del segundo refinado a vacío sea al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido, se puede mejorar mucho la eficacia del oxígeno de la descarburación en la región de contenido de carbono ultrabajo. Si se está produciendo acero al cromo con contenido de carbono ultrabajo con una concentración de carbono como máximo de 0,01% en el refinado a vacío de la primera etapa como en el pasado, es necesario continuar el refinado a vacío durante al menos 20 minutos, mientras que si como en la presente invención se restablece la presión en el medio del refinado a vacío para hacer el vacío en dos etapas, se puede acortar el tiempo total de refinado a vacío en aproximadamente 10 minutos y producir acero con contenido de carbono ultrabajo.

Cuando la concentración de carbono disminuye a una concentración predeterminada, se suspende el refinado a presión atmosférica, se une la campana de extracción 3 al recipiente de refinado 1, y se inicia del refinado a vacío. En ell procedimiento de reducción del grado de vacío en el momento de iniciar el refinado a vacío desde la presión atmosférica, se desarrolla una reacción de descarburación rápida incluso sin el suministro de oxígeno gaseoso. Se disuelve en el fundido una cantidad de oxígeno en equilibrio con la presión parcial de CO gaseoso de la atmósfera. Al hacer el vacío en el recipiente, la presión parcial del CO gaseoso de la atmósfera disminuye, de modo que el oxígeno que no puede disolverse se une al carbono en el fundido dando como resultado la reacción. Esto se denomina “descarburación natural”. Los autores de la invención llevaron a cabo diferentes experimentos y encontraron de forma cuantitativa que la cantidad de descarburación natural no depende en gran medida de la composición del fundido, temperatura del fundido, el vacío que se hace, u otras condiciones, y es aproximadamente 0,05%.

La razón por la que se promueve la descarburación en la región de contenido ultrabajo de carbono al restablecer la presión en el medio del primer refinado a vacío y aplicar una velocidad de soplado del gas del segundo refinado a vacío de 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido no está necesariamente clara, pero se cree que con una agitación fuerte mediante el gas soplado inferior, se obtiene el efecto de descarburación natural mencionado antes incluso en la región en la que la concentración de carbono disminuye. Es decir, se cree que restableciendo la presión en el medio del refinado a vacío, aumenta la concentración de oxígeno que se disuelve en el fundido y que haciendo el vacío en el recipiente otra vez, surge fácilmente una reacción de descarburación en el procedimiento de disminución de la concentración de oxígeno que puede disolverse.

Como momento adecuado para restablecer la presión, si el restablecimiento de la presión es cuando la concentración de carbono disminuye a de 0,05 a 0,12% en peso, se puede obtener el efecto de la presente invención. Como se ha explicado antes, la cantidad de descarburación natural que se produce cuando se hace el vacío en el recipiente es aproximadamente 0,05%. Es suficiente descarburizar el fundido hasta la concentración de carbono en el momento del restablecimiento de la presión menos esta cantidad en el segundo refinado a vacío. Si la concentración de carbono en el momento del restablecimiento de la presión supera 0,12%, la cantidad de descarburación en el segundo refinado a vacío aumenta y ya no se puede obtener un efecto suficiente. Como se ha expuesto antes en (9) en la presente invención, se puede obtener el efecto más preferible si se restablece la presión después de descarburizar el fundido hasta una concentración de carbono en el fundido de como máximo 0,08% en peso en el primer refinado a vacío.

La velocidad de soplado del gas en el segundo refinado a vacío es al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido. Por ejemplo, incluso si se restablece la presión en medio del refinado a vacío, con una velocidad de soplado del gas en el segundo refinado a vacío de aproximadamente 0,3 Nm^3/min por tonelada de fundido a un nivel como en el pasado, el tiempo de refinado a vacío para producir el acero con contenido ultrabajo de carbono sólo se puede acortar en aproximadamente 1 a 3 minutos comparado con el refinado a vacío en una etapa convencional. Además, incluso si se usa una velocidad de soplado del gas en el refinado a vacío de la primera etapa de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido de la misma forma que en la presente invención, sólo se puede obtener un acortamiento muy pequeño del tiempo de refinado a vacío. Se pueden obtener resultados más preferibles si se usa una velocidad de soplado del gas en el segundo refinado a vacío de al menos 0,5 Nm^3/min por tonelada de fundido. La concentración de carbono después de la descarburación natural en el segundo refinado a vacío es como máximo 0,05%. La reacción de descarburación está totalmente regulada por la difusión del carbono. Al promover el avance de la descarburación, la velocidad de soplado del gas se convierte en un factor importante. En la presente invención, los autores de la invención descubrieron que la velocidad es al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido.

En el momento de iniciar el segundo refinado a vacío, la concentración de carbono se ha reducido a como

máximo 0,1% o similar, de modo que la presión que se aplica en el interior del recipiente es una presión como máximo de 200 Torr (25 kPa) para suprimir la oxidación del cromo y asegurar una eficacia alta del oxígeno para la descarburación. Además, como se ha expuesto en (10) en la presente invención, la presión en el interior del recipiente en el segundo refinado a vacío es preferiblemente como máximo 100 Torr (13 kPa). Esto se debe a que cuanto menor es la presión en el recipiente, menor es la concentración de oxígeno que se disuelve en el fundido, y a que con la misma velocidad de suministro de gas, la fuerza de agitación debida a la expansión del gas se hace mayor y por lo tanto la velocidad de descarburación se hace mayor. Para obtener estos efectos, es eficaz aplicar una presión como máximo de 100 Torr (13 kPa). Más preferiblemente, la presión en el interior del recipiente en el segundo refinado a vacío es como máximo de 50 Torr (7 kPa).

El gas soplado en el segundo refinado a vacío puede ser una mezcla de gases de oxígeno gaseoso y un gas inerte. En el segundo refinado a vacío, la concentración de carbono disminuye, por lo tanto no se puede suprimir la oxidación del cromo y obtener una alta eficacia del oxígeno para la descarburación, con una proporción de oxígeno gaseoso tan alta. Como se ha expuesto antes en (10) en la presente invención, la proporción de oxígeno gaseoso en el gas soplado en el segundo refinado a vacío preferiblemente es como máximo 30%. Si la proporción de oxígeno gaseoso es mayor que 30%, aumenta rápidamente la cantidad de oxígeno usado para la oxidación del cromo en el fundido. Más de la mitad del oxígeno gaseoso soplado se usa para la oxidación del cromo, por lo que la proporción preferiblemente es como máximo 30%. Más preferiblemente, la proporción del oxígeno gaseoso puede ser aproximadamente 10%.

A continuación se explicará el aparato de refinado de acuerdo con la presente invención mediante los dibujos.

En la figura 4 se muestra una vista conceptual del equipo de tratamiento del gas de escape de la presente invención. El gas de escape 15 producido en el horno de refinado a vacío 1 pasa por el conducto refrigerado con agua 13 y es enfriado mediante un refrigerador del gas de escape 16 conectado al mismo. Después, pasa por el conducto 14, es limpiado del polvo por el colector de polvo 9, pasa por la unidad de extracción de vacío de tipo eyector 10 de múltiples etapas, después es aspirado por la bomba de vacío de tipo hidráulica 11 y se descarga a la atmósfera.

Aquí, se mide el grado de vacío en cualquiera del manómetro de vacío 17 en el horno, el manómetro de vacío 18 después del refrigerador del gas de escape, el manómetro de vacío 19 después del colector de polvo y el manómetro de vacío 20 después de la unidad de extracción de vacío de tipo eyector de múltiples etapas, y la señal de presión se introduce en la unidad de control 21. Parte del gas de escape se devuelve a la parte delantera de la bomba de vacío 11 ajustando el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22. Debido a esto, se puede controlar el interior del recipiente de refinado a vacío o el interior de los conductos a un grado de vacío objetivo predeterminado. Al controlar el grado de vacío, se puede seleccionar libremente que señal de manómetro de vacío usar de acuerdo con la fase del refinado.

El nivel del grado de vacío controlado depende de la cantidad de salpicadura del metal desde el recipiente de refinado a vacío y la cantidad de oxidación del cromo en el fundido. En general, si el grado de vacío es mejor (el valor de la presión es menor), el carbono en el fundido se oxidará con preferencia y disminuirá la cantidad de oxidación del cromo. Sin embargo, la cantidad de metal y escoria salpicada desde el recipiente de refinado a vacío aumentará. Es decir, desde la región de perdida pequeña por oxidación del cromo, es mejor aumentar el grado de vacío, pero desde la región de poco metal y escoria, es mejor reducir el grado de vacío. Por lo tanto, considerando los dos, hay un intervalo óptimo de grado de vacío controlado. Además, la cantidad de oxidación de cromo en el fundido y la cantidad de salpicadura de metal y la escoria también dependen de la cantidad de carbono en el fundido.

A continuación se explicará el método de uso de este aparato basándose en la figura 4.

Antes de empezar el refinado a vacío, se cierra una válvula de vacío 23 en la parte delantera de la unidad de extracción de vacío, y el lado del equipo de extracción de vacío, incluyendo los eyectores y la bomba de vacío de tipo hidráulica, y el lado del recipiente de refinado a vacío, incluyendo el refrigerador de gas de escape o el colector de polvo, se separan mediante la válvula de vacío 23. Aquí, se controla en el interior del lado del equipo de vacío el grado de vacío hasta un objetivo de 98 Torr (13 kPa) basándose en la señal del manómetro de vacío 20. (Esto se llama “operación de tratamiento de prevacío”).

La bomba de vacío 11 controla el grado de vacío estableciendo el grado de vacío anterior, puesto que cuando el grado de vacío llega de 51 a 61 Torr (7 a 8 kPa), el agua se evapora rápidamente y produce cavitación. En el pasado, cuando se llegaba por debajo de 61 Torr (8 kPa), se usaba una válvula de prevención de la cavitación para aliviar la presión y ajustar el grado de vacío, pero el aumento en la frecuencia de funcionamiento de la válvula de prevención producía el problema de escapes del cuerpo de la válvula. Sin embargo, por la presente invención, la frecuencia de funcionamiento de la válvula de prevención se reduce mucho y ya no hay más escapes del cuerpo de la válvula. Por consiguiente, el grado de vacío se controla a un intervalo de 61 Torr (8 kPa) o más.

Además, cuando después se iguala la presión con el lado del recipiente de refinado a presión atmosférica, se

prefiere que el grado de vacío del tratamiento de prevacío sea un nivel de vacío tan alto como sea posible para suprimir una caída del grado de vacío. Por consiguiente, el intervalo de control del grado de vacío del tratamiento de prevacío era de 61 a 205 Torr (8 a 27 kPa) considerando la capacidad de controlar la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22.

Después de terminar las preparaciones para el tratamiento en el lado del recipiente de refinado, se empieza a hacer el vacío en el interior del horno. Simultáneamente con el inicio del tratamiento, se abre la válvula de vacío 14, se hace el mismo grado de vacío en el lado del equipo de extracción de vacío y el lado del recipiente de refinado a vacío, después se hace rápidamente el paso en conjunto a un vacío alto mediante la unidad extracción de vacío.

Cuando se inicia el tratamiento de vacío y se hace el vacío en el paso en su conjunto, es conveniente cerrar rápidamente la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22 y elevar el grado de vacío. Sin embargo, antes de abrir la válvula de vacío 23, la válvula de ajuste de la presión 22 se abre completamente mediante el control del grado de vacío. Por ejemplo, mediante el control del grado de vacío basado en el control de la retroalimentación por la señal del manómetro de vacío 17 en el interior del recipiente, es difícil cerrar rápidamente la válvula de control de la presión a un grado de abertura. Por lo tanto, fijando de forma forzosa el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión a como máximo 20%, preferiblemente a completamente cerrada, al mismo tiempo que la señal para iniciar el vacío y eliminando el retorno del gas de escape después de la bomba de vacío, se puede aumentar rápidamente el grado de vacío. Se obtiene el efecto de aumento del grado de vacío de (a) en la figura 5. Aquí, respecto a las características generales de la válvula, de la válvula de ajuste de la presión 22, si el grado de abertura es como máximo 20%, se cierra completamente y tiene la característica de bloqueo del fluido.

Para acortar el tiempo de tratamiento, es conveniente empezar la descarburación con oxígeno tan pronto como sea posible después de empezar el vacío. Sin embargo, se produce una gran cantidad de CO gaseoso simultáneamente con el oxígeno que se sopla. Si el oxígeno permanece en el recipiente de refinado a vacío o los conductos de vacío, reaccionará con el CO gaseoso producido y dará lugar al peligro de combustión y explosión. Por lo tanto, es necesario reducir rápidamente la concentración de oxígeno en el recipiente de refinado a vacío y conductos de vacío por debajo del límite de explosión. Como método para esto, es eficaz soplar en el horno de refinado a vacío una gran cantidad de gas inerte, que no contenga oxígeno, o nitrógeno o una mezcla de gases de los mismos. Sin embargo, si no se sopla un gas de dilución en el estado después de elevar el grado de vacío, es necesaria una gran cantidad de gas de dilución. La concentración de oxígeno en el gas de escape que se convierte en el límite de explosión del CO, los autores de la invención encontraron como resultado de experimentos que era desde por encima de 7% en volumen a como máximo 9% en volumen. Por consiguiente, la concentración de oxígeno en el gas de escape se lleva como máximo a 7% en volumen.

Cuando se descarburiza con oxígeno un fundido en un recipiente de refinado a vacío, hay el peligro de que el CO gaseoso producido de la forma anterior produzca la salpicadura violenta del metal y escoria desde el fundido y ebullición con la que el metal produce salpicaduras rápidamente. Por lo tanto, es necesario disminuir rápidamente el grado de vacío después de empezar a soplar oxígeno y controlar el vacío hasta un grado de vacío que pueda evitar los problemas en la operación. Por lo tanto, la válvula de control de la presión usada para controlar el vacío 22 se abre para devolver el gas de escape desde la parte trasera a la delantera de la bomba de vacío para disminuir el grado de vacío, pero antes de empezar el soplado de oxígeno, el control del grado de vacío da como resultado que la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22 se cierre completamente. Con un modo automático, es difícil abrir rápidamente la válvula de control de la presión usada para controlar el vacío 22 en un grado de abertura. Por lo tanto, fijando de forma forzosa el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22 a al menos 80% simultáneamente con la señal para el inicio del soplado del oxígeno y aumentando el retorno del gas de escape después de la bomba de vacío al límite superior de la capacidad de la válvula de ajuste, se puede disminuir rápidamente el grado de vacío. Si se aplica un grado de abertura de al menos 80% respecto a las características generales de la válvula, de una válvula de ajuste de la presión, fluye un caudal del estado cerrado al totalmente abierto, de modo que aquí el grado de abertura es al menos 80%.

En la realización de la figura 5, fijando el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 al 100% durante 50 segundos después del inicio del soplado de oxígeno en el interior del recipiente de refinado como se muestra en (c), se puede devolver rápidamente grado de vacío una vez elevado de 152 Torr (20 kPa) a 300 Torr (40 kPa) en el control. El grado de vacío al que se controla difiere dependiendo de la concentración de carbono en el fundido y la velocidad de soplado del oxígeno. En la investigación los autores de la invención encontraron que es adecuado un intervalo de 60 a 403 Torr (8 a 53 kPa). Además, el tiempo para fijar la válvula de control de la presión usada para controlar el vacío 22 a al menos 80% después empezar el soplado de oxígeno se determina por el grado de vacío que se va a controlar y el volumen interno en el que se va a hacer vacío desde el recipiente de refinado a vacío a la unidad de extracción de vacío. En la experiencia los autores de la invención encontraron que el intervalo óptimo era de 30 segundos a 120 segundos. Por consiguiente, fijando el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22 a al menos 80% durante un tiempo predeterminado después de empezar el soplado de oxígeno en el interior del recipiente de refinado, se puede controlar rápidamente el grado de vacío a un grado de vacío

de 60 a 403 Torr (8 a 53 kPa).

Cuando se descarburiza fundido con oxígeno a vacío de la forma anterior, es necesario disminuir el grado de vacío a una determinada medida (elevar la presión) para la descarburización con oxígeno para evitar la salpicadura de metal y escoria y la ebullición. Sin embargo, hay un grado adecuado de vacío determinado por la concentración de carbono en el fundido y la velocidad de soplado del oxígeno. Cuanto menor es la concentración de carbono o menor es la velocidad de soplado del oxígeno, mayor es el peligro de salpicadura o se puede evitar la ebullición del metal. Por otra parte, la disminución de la concentración de carbono en el fundido hace que aumente la pérdida por oxidación de hierro y cromo, haciendo que metalúrgicamente sea preferible aumentar el grado de vacío tanto como sea posible para suprimir dicha pérdida por oxidación. Por lo tanto, el grado de vacío se controla de modo que cuando la concentración de carbono del fundido es alta, se disminuye el grado de vacío, mientras que cuando la concentración de carbono se hace baja, se eleva de forma relativa el grado de vacío. De esta forma, se puede satisfacer simultáneamente los requisitos de evitar la ebullición corriente arriba y la ebullición del metal y reducción de la pérdida por oxidación de hierro y cromo.

Como realizaciones de la presente invención, el control se llevó a cabo mediante un grado de vacío de 300 Torr (40 kPa) para una concentración de carbono en el fundido en porcentaje en peso, de 0,60 a 0,40%, mediante un grado de vacío de 205 Torr (27 kPa) para una concentración de carbono en el fundido de 0,40 a 0,25%, y mediante un grado de vacío de 100 Torr (13 kPa) para una concentración de carbono en el fundido de 0,25 a 0,20%. Estos niveles de grado de vacío difieren dependiendo del tipo de acero que se esté refinando, la velocidad de soplado del oxígeno, tipo y estado del recipiente de refinado, y otras condiciones de la operación, y deben determinarse para cumplir con las condiciones locales. Además, la reducción sucesiva de la velocidad de soplado del oxígeno, como el grado de vacío que se controla, de acuerdo con la reducción en la concentración de carbono en el fundido, también es eficaz desde el punto de vista metalúrgico y de funcionamiento. La presente invención controla el grado de vacío, basándose en esto su alcance. Se basa en el control sucesivo del grado de vacío en el lado de vacío alto por la disminución de la concentración de carbono en el fundido.

En el control del grado de vacío, en el método de cambio sucesivo del grado de vacío al que se controla a un vacío alto junto con una disminución de la concentración de carbono en el fundido, es preferible cambiar al vacío más alto rápidamente. Sin embargo, justo antes de cambiar el grado de vacío, la experiencia muestra que la disminución del caudal del gas de escape hace que la válvula de ajuste de la presión 22 se cierre completamente. Con un modo automático, es difícil cerrar rápidamente la válvula de control de la presión en un grado de abertura justo después de cambiar a un vacío alto. Por lo tanto, al mismo tiempo que la señal de cambio al vacío mayor, se fija de forma forzosa el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 de 0% a 20% y se mantiene durante 60 segundos. Los resultados se muestran en (d) en la figura 5. Debido a esto, el gas de escape ya no vuelve después de la bomba de vacío y se puede mejorar rápidamente el grado de vacío. Sin embargo, aquí “0%” significa cerrar completamente la válvula de control de la presión 22. Respecto a las características generales de la válvula, de la válvula de ajuste de la presión el 22, cuando el grado de abertura se hace menor de 20%, la válvula queda completamente cerrada y tiene la característica de cortar el fluido. Por lo tanto, el grado de abertura era como máximo de 20%. Además, cuando se cambia el grado de vacío al lado de vacío alto, el tiempo para fijar el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío 22 a como máximo 20%, se determina por el grado de vacío que se va a controlar y el volumen interior etc. en el que se va hacer vacío del recipiente de refinado a vacío a la unidad extracción de vacío. Se aprende de la experiencia que el intervalo óptimo es de 30 segundos a 120 segundos.

Los materiales secundarios, aleación de hierro, etc., a veces se añaden al recipiente de refinado a vacío durante el control del grado de vacío. En este caso, el material secundario, aleación de hierro, etc., que se van a añadir se almacenan previamente en una tolva intermedia y se añaden al recipiente después de hacer un grado de vacío en la tolva intermedia sustancialmente igual que en el interior del horno. Por lo tanto, apenas debería haber efecto en el caudal del gas de escape en el momento de la adición. Sin embargo, si los materiales secundarios que se van a añadir incluyen cal anhidra, se producen componentes gaseosos tales como el CO_2 residual en la cal anhidra o se produce una reacción que produce un gas sostenido en el recipiente debido a las otras aleaciones, o materiales secundarios, etc. El gas producido aquí, hace que aumente rápidamente el caudal del gas de escape, de modo que el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión no se puede mantener y se produce un rápido deterioro del grado de vacío (elevación de la presión). Por lo tanto, durante 40 segundos después de la adición al interior del recipiente de la aleación, materiales secundarios, etc., el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión se fija a 0% para aspirar positivamente el gas de escape. Debido a esto, se puede suprimir el deterioro del grado de vacío debido al rápido aumento del caudal del gas de escape, como se muestra en (e) en la figura 5. Sin embargo, aquí “0%” significa cerrar completamente la válvula de control de la presión. Respecto a las características generales de la válvula, de la válvula de ajuste de la presión 22, cuando el grado de abertura se hace menor de 20%, la válvula queda completamente cerrada y tiene la característica de cortar el fluido. Por lo tanto, la válvula de ajuste de la presión 22, se ajusta para devolver hasta 10% del flujo del gas de escape al lado corriente arriba de la bomba de vacío de tipo hidráulica 11 para así mejorar rápidamente el grado de vacío dentro del recipiente de refinado a vacío. Sin embargo, si el caudal del gas de escape devuelto supera 10%, el grado de vacío no mejorará rápidamente, por lo tanto este se hace como máximo de

10%.

Además, el tiempo para ajustar el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 para controlar el grado de vacío después de la adición de la aleación, materiales secundarios, etc. en el recipiente y devolver 10% del caudal del gas de escape, se determina por el grado de vacío al que se va a controlar, la capacidad de la tolva de adición de aleación, el grado de vacío en el interior de la tolva, y el volumen interior en el que se va a hacer vacío desde el recipiente de refinado a vacío a la unidad de extracción de vacío. De la experiencia se aprende que el intervalo óptimo es de 30 segundos a 90 segundos.

Los materiales secundarios, aleación de hierro, etc., añadidos al recipiente de refinado a vacío normalmente tienen un efecto refrigerante en el fundido, de modo que la temperatura del fundido disminuye. Además, puesto que la adición es intermitente, las cantidades de las adiciones tienen tamaños considerables, y la temperatura del fundido se enfría mucho temporalmente. Cuando disminuye mucho la temperatura del fundido, la eficacia del oxígeno para la descarburación se deteriora desde el punto de vista metalúrgico y se hace mayor la pérdida por oxidación del hierro, cromo, etc. Para suprimir esto, es eficaz elevar el grado de vacío y elevar la eficacia del oxígeno para la descarburación en el momento en el que la temperatura disminuye temporalmente. Por lo tanto, incluso después de que el aumento temporal del caudal del gas de escape se calme después de la adición al recipiente de refinado a vacío de los materiales secundarios, aleación de hierro, etc., el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 continúa estando fijada a 0% durante 120 segundos para así mantener el grado de vacío en un vacío mayor. Debido a esto, se puede suprimir una disminución de la eficacia de la reacción de descarburización debido a la disminución de la temperatura del fundido producida por la adición de los materiales secundarios y la aleación. Sin embargo, aquí “0%” significa cerrar completamente la válvula de control de la presión. Respecto a las características generales de la válvula, de la válvula de ajuste de la presión 22, cuando el grado de abertura se hace menor de 20%, la válvula queda completamente cerrada y tiene la característica de cortar el fluido. Por lo tanto, el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 para controlar el grado de vacío es de 0 a 20%. Además, el tiempo para aplicar el grado de abertura de la válvula de ajuste de la presión 22 para controlar el grado de vacío después de la adición al recipiente de la aleación, materiales secundarios, etc., a menos de 20% se determina por el grado de vacío al que se va a controlar, la cantidad de adición de aleación, la concentración de carbono en el fundido, las concentraciones de cobre, níquel y otros componentes de aleación en el fundido, y el volumen interior en el que se va a hacer el vacío desde el recipiente de refinado a vacío hasta la unidad de extracción de vacío. Se ha aprendido que el intervalo óptimo es de 90 segundos a 240 segundos.

La figura 6 y la figura 7 muestran esquemáticamente una realización de una unidad de sellado de la presente invención. Cuando se descarburiza a vacío un fundido en el recipiente de refinado a vacío 1, la parte superior del horno 1 se cubre mediante una cubierta de vacío 30, disponiéndose una cubierta central 31 para prevenir la salpicadura del metal y la escoria en la parte superior del espacio debajo de la cubierta de vacío 30. Sin embargo, el centro de la cubierta central 31 está formada con una gran abertura para añadir la aleación y los materiales secundarios. Normalmente, el metal soplado corriente arriba llega directamente al puerto de adición de la aleación y material secundario provisto en la cubierta de vacío 30.

Por lo tanto, en la presente invención, se proporciona una lanza ficticia 33 como una estructura integrada con el cuerpo de la válvula en la parte inferior de la válvula de sellado inferior 34. Además, en la presente invención, las paredes interiores del puerto de adición de aleación y material secundario 40 se proporcionan con un agujero de sellado 37 para soplar el gas de sellado (nitrógeno) a las paredes laterales de la lanza ficticia 33. Cuanto más estrecho es el espacio entre las paredes laterales de la lanza ficticia 33 y las paredes interiores del puerto de adición de aleación y material secundario 40, mayor es el efecto de sellado, pero es necesario ajustar la extensión del espacio considerando la agitación lateral en el momento de la elevación o descenso de la válvula de sellado inferior 34 y la lanza ficticia 33 y la deposición inevitable de algo de metal. Por ejemplo, es preferible ajustar un espacio de 10 a 20 mm.

La válvula de sellado inferior 34 y la lanza ficticia 33 normalmente están conectadas a una unidad elevadora dispuesta en la parte superior (no se muestra en la figura 6 y la figura 7) y se suben o bajan mediante presión neumática, presión de aceite o un torno a través de tamiz. Si fuera posible mantener más pequeña la agitación lateral en el momento de la elevación o descenso por la unidad elevadora, sería posible estrechar más el espacio entre las paredes laterales de la lanza ficticia 33 y las paredes interiores del puerto de adición de aleación y material secundario 40 y potenciar el efecto de sellado.

Para evitar la interferencia con la aleación y los materiales secundarios en el momento de cargar la aleación y los materiales secundarios cuando se eleva o desciende la válvula de sellado inferior 34 provista de la lanza ficticia 33, debe hacerse más larga la distancia de recorrido de la elevación. Es decir, es necesario hacerla más larga que la distancia de recorrido de elevación convencional mediante la altura de la lanza ficticia 33.

Además, el espacio por encima del recipiente de refinado a vacío 1 normalmente tiene un transportador, tobera u otro equipo y aparatos para el transporte, carga y almacenamiento de la aleación, materiales secundarios, etc., una cubierta de vacío o conducto de vacío para hacer el vacío en el recipiente de refinado a vacío, y una unidad elevadora,

unidades accesorias, etc., dispuestos en el mismo, de manera que forma un espacio extremadamente ocupado. Por lo tanto, es difícil disponer una unidad elevadora con una distancia de recorrido larga en el mismo.

Por lo tanto, en la presente invención, como medio para abortar esto, se dispone una pareja de unidades elevadoras 36 (por ejemplo, cilindros de aire o cilindros hidráulicos) en los dos lados del canal de carga de aleación y material secundario, una varilla unida con la válvula de sellado inferior está conectada con la parte superior de la barra de conexión de las unidades elevadoras, y ésta es empujada hacia arriba por la pareja de unidades elevadoras 36 para así subir o bajar el cuerpo de la válvula (válvula de sellado inferior y lanza ficticia). Debido a este medio, se puede usar de forma eficaz el espacio muy ocupado por encima del recipiente de refinado a vacío 1 y extender la distancia de recorrido de elevación de la válvula de sellado inferior 34 con la lanza ficticia 33. En la presente invención, la lanza ficticia 33 no interferirá con la aleación y los materiales secundarios en el momento de la carga de la aleación y los materiales secundarios. Por otra parte, cuando hay algo de margen en el espacio superior, se puede hacer que la válvula de sellado inferior y la lanza ficticia no sean una estructura integrada y disponer la válvula de sellado inferior en la tobera de vacío intermedia y dejar la lanza ficticia sola en el puerto de adición de aleación y material secundario. Sin embargo, en este caso, se puede mantener la carga suave de la aleación y la estanqueidad subiendo y bajando las dos unidas entre sí.

Además, en la presente invención, para aumentar más el efecto de sellado, el agujero de sellado 37 para soplar el gas de sellado (principalmente nitrógeno) a la lanza ficticia 33 se proporciona en las paredes interiores del puerto de adición de aleación y material secundario 40.

El caudal del gas de sellado se puede controlar de forma adecuada mediante una válvula de ajuste del flujo (no se muestra) de acuerdo con las condiciones de refinado. En el periodo desde el inicio a la fase media de la descarburación en la que la concentración en el fundido es alta y la relación de soplado de oxígeno es grande, la salpicadura del metal y la escoria es violenta, de modo que el caudal del gas de sellado se hace mayor. En el periodo desde el medio a la fase final de la descarburación en el que la salpicadura del metal y escoria es pequeña, se reduce el caudal del gas de sellado. La región de caudal bajo del gas de sellado en la fase final de la descarburación también contribuye a la mejora del grado de vacío en el horno, por lo que esto promueve ventajosamente la reacción metalúrgica y simultáneamente es eficaz para la reducción de la concentración de nitrógeno en el fundido.

Además, en el momento de la adición de la aleación y los materiales secundarios, se prefiere reducir el caudal del gas de sellado de modo que la aleación y los materiales secundarios fluyan suavemente al interior del horno. En este momento, es un problema que el metal y la escoria entren en el puerto de adición de aleación y material secundario 40 y se depositen sobre las paredes interiores, pero la aleación y los materiales secundarios pasan simultáneamente a través del puerto de adición 40, de modo que la entrada del metal y la escoria no son un problema en absoluto.

Por otra parte, el procedimiento de soplado de gas de sellado incluye, además del procedimiento anterior, el procedimiento de introducir el gas desde el exterior por una lanza ficticia y varilla de la válvula de sellado inferior y soplarlo desde una pluralidad de agujeros provistos alrededor de la lanza ficticia a las paredes interiores del puerto de adición de aleación 40. En la parte superior del espacio debajo de la cubierta de vacío, está dispuesta la cubierta central 31 para prevenir la salpicadura del metal y escoria, pero la cubierta central 31 es enfriada por el gas inerte (principalmente nitrógeno).

En la presente invención, se puede usar el gas inerte anterior como gas de sellado para ser soplado desde el agujero de sellado 37 hacia la lanza ficticia 33. Normalmente, el gas que enfría el centro de metal de la cubierta central 31 se envía en la dirección opuesta a la ruta de suministro y se descarga a la atmósfera, pero el gas está a alta temperatura y el ruido en el momento de la descarga del gas se convierte en un problema, por lo que tiene que ser manipulado mediante un equipo complicado y al final los costes de capital se reducen.

Además, en la presente invención, se puede usar conjuntamente una fuente de suministro para el gas para enfriar el centro de metal de la cubierta central 31 y el gas de sellado soplado desde el agujero de sellado (ambos principalmente nitrógeno), de modo que se puede lograr una reducción en el coste del gas.

Además, el gas (nitrógeno) usado para enfriar el centro de metal de la cubierta central 31 se transforma en gas de temperatura alta, de modo que incluso aunque se use la misma cantidad que de gas de sellado, el caudal del gas cuando se descarga del inyector del agujero de sellado y pasa por el espacio entre las paredes interiores del puerto de adición de aleación y material secundario 40 y la lanza ficticia 33, se hace mayor. Como resultado, se puede prevenir más la entrada de metal y salpicadura y el efecto de sellado se hace mayor.

Cuando no se usa una cubierta central 31, el gas de sellado se sopla directamente en el puerto de adición de aleación 40, pero en la presente invención también se incluye el método de colocar una tubería en el interior del conducto de gas de escape a alta temperatura para el intercambio de calor, aumentando la temperatura del gas de sellado, y soplando el gas al puerto de adición de aleación 40 para así obtener el efecto de una temperatura del gas

mayor y caudal mayor.

Como gas de sellado, se usa principalmente nitrógeno, pero solo es necesario que el gas sea inerte. Además de nitrógeno, se puede usar argón, CO_2, vapor etc. solos. Además, se puede usar una mezcla de estos gases.

La lanza ficticia se expone a una temperatura alta, de modo que es preferible dejar parte de la misma fuera de los refractarios. Además, se puede enfriar mediante refrigeración con agua, refrigeración con aire, etc. Estos métodos también están incluidos en la presente invención.

A continuación, se explicará una unidad de detección de escape de agua en el aparato de refinado de la presente invención. El gas de escape 15 producido en el horno de refinado a vacío 1 pasa por el conducto de refrigeración con agua 13, es enviado al refrigerador de gas 16 conectado al mismo, y aquí se enfría. Después de esto, pasa del refrigerador de gas 16 por el conducto 14, es enviado a un colector de polvo de tipo seco 9, después es enviado otra vez por el conducto 14 a la unidad de extracción de vacío 10, y después se descarga a la atmósfera.

Aquí, ramificando el conducto de aspiración del gas de escape 24 para el higrómetro y el analizador desde una fase después del colector de polvo 9, parte del gas de escape se ramifica y se introduce en el higrómetro 25. Como resultado, se mide la humedad del gas de escape en el higrómetro 25, pero el analizador del gas de escape también está dispuesto en esta posición. El analizador del gas de escape se proporciona después del colector de polvo 9, pero también se puede proporcionar después del refrigerador de gas 16. Además, el analizador proporcionado conjuntamente aquí puede estar situado en el mismo sitio en algunos casos, pero también puede estar situado separado del higrómetro después de la unidad de extracción de vacío 10 o después del colector de polvo 9 en otros casos.

El analizador se proporciona conjuntamente para así medir simultáneamente al menos una de la concentración o la presión parcial de CO, CO_2, O_2, H_2 u otro gas, cuando se mide la humedad del gas de escape. Estos valores de análisis se usan para obtener un control del estado del avance de la reacción en el recipiente de refinado a vacío o el horno metalúrgico y se usan como guía de funcionamiento para el soplado de gas en el horno metalúrgico, cargar los materiales secundarios y el material refrigerador, etc. o se usan como información para juzgar el final de la operación metalúrgica. Además, el valor medido del higrómetro se puede usar no solo como información para valorar el escape de agua, sino también como información para valorar el estado de la reacción dentro del recipiente o dentro del horno.

En relación con el método de uso del aparato, en el tratamiento del gas de escape del recipiente de refinado a vacío 1, el gas de escape a alta temperatura producido se enfría mediante un refrigerador de gas 16 en el medio de los conductos o se enfría con agua la parte intermedia de los conductos. Con un sistema con este medio, se mide continuamente la humedad relativa del gas de escape y se controla después del colector de polvo. Por ejemplo, suponiendo que durante el refinado a vacío, las tuberías de agua del refrigerador de gas 16 se agrietan y el agua de refrigeración es pulverizada fuera al gas de escape; en este caso, el escape de agua se evapora por la alta temperatura del gas de escape y la presión parcial del vapor del gas de escape aumenta, de modo que el higrómetro 25 proporcionado después más adelante puede detectar el aumento de la humedad relativa. Es decir, en el caso de que no haya escape de agua dentro del paso del gas de escape y continúe una humedad alta durante un determinado tiempo con respecto a la humedad relativa del gas de escape en el estado normal, se considera que indica la aparición de escape de agua y el equipo inicia la acción y se lleva a cabo la operación. Obsérvese, que la invención no se limita a la detección de sólo humedad. También se puede detectar la presión parcial del vapor.

Como ejemplo específico de mediciones del equipo y operación, la acción necesaria para el trabajo de reparación del sitio del escape de agua, por ejemplo, inmediatamente después de la detección del escape de agua se separan el horno metalúrgico y los conductos de escape o se proporciona un canal de derivación, cambiando el camino al lado de la derivación. Es importante el trabajo de reparación rápido para un sitio de escape de agua. La detección temprana del escape de agua permitirá mantener en cantidades minoritarias los sitios a reparar en la mayoría de los casos y permitirá que la reparación sea terminada fácilmente en un tiempo corto. Además, en algunos casos, es posible emitir solo una advertencia y parar de forma adecuada la operación del equipo.

Normalmente, cuando se separa parte del gas de escape y se mide la humedad en el gas de escape o se analiza y mide el gas, el gas de escape en el conducto es aspirado por la bomba de aspiración y el gas de escape para el análisis se suministra directamente al analizador. Por consiguiente, es suficiente una sola bomba de aspiración. Sin embargo, cuando se mide la humedad del gas de escape en condiciones de vacío o se analiza y mide el gas, hay el que proporcionar dos bombas de aspiración. Las razones para esto se explicarán a continuación. Cuando se aspira el gas de escape en condiciones de vacío, el gas suministrado a la unidad de análisis tiene una presión correspondiente a la presión atmosférica, por lo que el caudal absoluto del gas de escape aspirado desde el vacío por la misma bomba de aspiración (caudal del gas convertido al estado estándar) fluctuará mucho de acuerdo con el grado de vacío. Es decir, el caudal absoluto del gas de escape de aspiración se hará considerablemente pequeño en el momento de un vacío alto comparado con el mismo momento de vacío bajo. Por consiguiente, cuando se usa la misma bomba de aspiración, el caudal de gas suministrado al higrómetro o el análisis y la medición del gas fluctuarán mucho dependiendo del grado de

vacío. Por otra parte, para mantener la precisión de la medida de la unidad de medición de humedad o del analizador de gas, debe evitarse la fluctuación del caudal de gas suministrado a estos medidores. Como medio para esto, se proporcionan dos bombas de aspiración.

Obsérvese que la presión parcial del vapor del gas de escape durante el refinado a vacío aumenta en algunos casos debido a razones distintas del escape de agua del equipo. El recipiente de refinado a vacío carga con la aleación de hierro, material de refrigeración, cal anhidra y otros materiales secundarios durante la operación. Estos materiales secundarios contienen algo de humedad, por lo que después de cargarlos, la presión parcial del vapor en el gas de escape aumenta temporalmente. En particular, la cal anhidra y otros materiales secundarios absorben fácilmente la humedad y tienen contenidos altos de humedad, de modo que la cantidad de generación de vapor después de la carga aumenta notablemente. Por consiguiente, sí se considera de forma precipitada que un aumento de la humedad relativa significa escape de agua, el resultado será la detección errónea. Por lo tanto, los autores de la invención investigaron en detalle el comportamiento de la humedad relativa y como resultado encontraron que el aumento de humedad debido al escape de agua es continuo. Aunque hay alguna fluctuación, una vez que aumenta la humedad, continúa en un estado alto hasta el final del tratamiento. Por otra parte, se aprendió que el aumento de humedad debido a la adición de aleación, material de refrigeración, materiales secundarios, etc., al recipiente de refinado es un periodo corto y cuando transcurre un determinado tiempo después de la carga, la humedad disminuye al nivel anterior a la carga. Por lo tanto, se puede usar la diferencia de comportamiento del nivel de humedad para valorar sí hay un escape de agua del sistema de agua de refrigeración.

Además, como otras razones para el aumento de humedad en el gas de escape distintas del escape de agua, a veces se queman hidrocarburos que contienen gas combustible, sólido combustible etc., con el propósito de proporcionar la fuente de calor en el momento del refinado en el recipiente de refinado. Por ejemplo, si se quema GNL, GLP, queroseno, u otro combustible basado en hidrocarburos en el recipiente, entra una gran cantidad de vapor en el gas de escape. Sin embargo, el tiempo de suministro y la cantidad de suministro están claras y se puede calcular la cantidad de entrada de vapor en el gas de escape con una precisión relativamente buena. Por lo tanto, posiblemente es suficiente separar estos efectos de los resultados de la medición de la presión parcial del vapor en el gas de escape.

Específicamente, para considerar un escape de agua, es suficiente encontrar con antelación y fijar igualmente el tiempo de aumento continuo de la humedad después de la carga a partir de los parámetros previos de la velocidad de cambio de la humedad y los niveles de humedad de los mismos y los tipos y cantidades de la aleación, material de refrigeración, y material secundario u otros componentes añadidos al interior del recipiente en esos momentos, fijar además previamente el aumento de humedad calculado desde el momento de suministro y la cantidad de suministro de combustibles que contienen hidrocarburos, y considerar que hay escape de agua y producir automáticamente una señal de advertencia o señal de control cuando los parámetros de la humedad continua y el tiempo de humedad superen el patrón de nivel de humedad fijado, y el nivel de tiempo.

A continuación se explicará la unidad de ventilación de gases y la cubierta hidráulica del tanque de almacenamiento del agua de retorno del aparato de refinado de la presente invención.

El gas de escape producido en el recipiente de refinado a vacío 1 se enfría mediante el refrigerador del gas de escape 16, es limpiado por el colector de polvo 9, y se introduce en la unidad de extracción de vacío de tipo eyector de múltiples etapas. La unidad de extracción de vacío de múltiples etapas lleva a cabo primero la aspiración mediante el eyector nº 1, condensada el vapor en este último condensador nº 1 y repite la aspiración y condensación del vapor en el eyector nº 2 y condensador nº 2. Finalmente, el gas es aspirado en la bomba de vacío de tipo hidráulica 11, después pasa por el tanque separador y se descarga a la atmósfera.

Aquí, el agua de condensador de los condensadores nº 1 y nº 2, el agua de sellado de la bomba de vacío de tipo hidráulica y el agua de refrigeración del tanque separador, pasan por la tubería 26 y son recogidos en el tanque de almacenamiento de agua constituido por el depósito de alimentación del agua caliente 27. El nivel del agua de refrigeración del depósito de alimentación del agua caliente 27 en el tanque se controla mediante un medidor de nivel de agua. Cuando sube a un determinado nivel de agua o más, se pone en marcha la bomba de retorno 28 y el agua se devuelve desde el depósito de alimentación del agua caliente 27 a la torre de refrigeración 29 por la tubería de retorno. El agua de refrigeración enfriada en la torre de refrigeración pasa por la tubería de alimentación desde la bomba de alimentación 30 y es enviada a los condensadores, bomba hidráulica, etc. Como se ha explicado antes, normalmente la bomba de alimentación pertenece a un sistema de fuente de alimentación diferente al de la bomba de retorno del depósito de alimentación del agua caliente.

En la figura 8 se muestra esquemáticamente un ejemplo detallado de la zona alrededor del depósito de alimentación del agua caliente 27. El depósito de alimentación del agua caliente 27 es una estructura de hormigón para almacenar el agua de los condensadores y el agua de sellado de la bomba hidráulica etc. La parte superior está recubierta por una placa de hierro 52 en varios sitios distintos del hormigón 50. El agua de los condensadores y el agua de refrigeración fluyen hacia dentro desde la tubería del agua de sellado de la bomba hidráulica 26, se almacena

temporalmente en la unidad de agua del depósito de alimentación del agua caliente 53. Se pone en marcha una bomba de suministro de acuerdo con el nivel del agua almacenada en el lado izquierdo de la figura, para enviar el agua a través de la tubería de alimentación 54 a la torre de refrigeración 29.

En la técnica anterior, como se ha explicado antes, el agua de los condensadores y el agua de sellado de la bomba hidráulica van acompañadas de burbujas de gas en que contienen CO, de modo que aumenta la concentración de CO en el depósito de alimentación del agua caliente. Además, durante el tiempo de refinado a vacío, el caudal del agua de refrigeración cambia mucho. Junto con esto, el interior del depósito de alimentación del agua caliente cambia entre la presión positiva y la presión negativa. Cuando la presión se hace positiva, el gas que contiene CO se escapará por las juntas del hormigón superior y la placa de hierro dando como resultado un estado que extremadamente peligroso de envenenamiento por CO en los alrededores.

Por lo tanto, la práctica es proporcionar un conducto de escape 55 y ventilar el interior del depósito de alimentación del agua caliente mediante un ventilador aspirante 56 desde el puerto de salida de aire. Sin embargo, sólo con extracción, el interior del depósito de alimentación del agua caliente tendrá presión negativa, las juntas mencionadas antes se romperán, el espacio libre se expandirá y se aspirará aire al interior. Normalmente, esto no es un problema, pero cuando el ventilador aspirante pare debido a una rotura o corte de electricidad, se escapará CO hacia fuera por las juntas quedando en una situación de peligro el gran espacio libre del depósito de alimentación de agua caliente.

Por lo tanto, los autores de la invención descubrieron que evacuando el gas del conducto de escape conectado a la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente usando un medio de aspiración y guiando el gas de ventilación desde el conducto de aspiración del gas de ventilación conectado a la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente al interior del tanque de almacenamiento del agua de retorno, se puede reducir la presión negativa en el interior del depósito de almacenamiento del agua caliente y se puede eliminar casi completamente el daño a las juntas entre el hormigón y la parte de la placa de hierro.

Específicamente, esto se logra poniendo el conducto de escape 55 en la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente, haciendo vacío en el interior del depósito de alimentación del agua caliente mediante un ventilador aspirante 56 que sirve como medio de aspiración, poniendo un conducto del gas de escape 55-1 en la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente, haciendo que el aire fluya desde el puerto de introducción del gas de ventilación 57, y ventilando positivamente el interior del depósito de alimentación del agua caliente. Aquí, como gas de ventilación se prefiere usar aire desde el punto de vista del coste y desde el punto de vista de la seguridad.

Por ejemplo, se produce un flujo de ventilación en el tanque mostrado como el flujo 58 del gas de ventilación. El interior del depósito de alimentación del agua caliente se transforma en aire de la atmósfera mientras que el gas que contiene CO es aspirado fuera. Además, la presión negativa en el interior del depósito de alimentación del agua caliente se hace más pequeña que el aire que fluye dentro desde el conducto. Se puede eliminar casi completamente el daño a las juntas entre el hormigón posterior y la parte de la placa de hierro.

Además, los autores de la invención llevaron a cabo una vigilancia detallada de la presión interior dentro de un depósito de alimentación del agua caliente en relación con las operaciones de refinado a vacío y como resultado encontraron que, como se ha explicado antes, el interior de un depósito de alimentación del agua caliente no tiene sólo una presión negativa, sino que también tiene una presión positiva o una presión negativa. Por ejemplo, como operación antes de empezar la operación a vacío, hay el método de operación de cerrar la válvula de vacío 23 de la figura 4, haciendo el vacío en el espacio desde el colector de polvo 9 a la bomba de vacío 11 usando la bomba de vacío de tipo hidráulica 11 previamente (en lo sucesivo denominado "tratamiento de prevacío") y, simultáneamente con el inicio de la operación, abrir la válvula de vacío 23 y hacer el vacío en el lado del recipiente de refinado a vacío. En este momento, el grado de vacío del lado de tratamiento de prevacío se deteriora rápidamente (por ejemplo, disminuye de $1{,}33 \times 10^4$ Pa a $6{,}67 \times 10^4$ Pa), de modo que el agua del condensador fluye rápidamente al depósito de alimentación del agua caliente, mientras que durante un tiempo corto, el gas dentro del depósito de alimentación del agua caliente es comprimido dando como resultado una presión positiva grande. Un examen de los autores de la invención puso de manifiesto que se alcanzaban $1{,}96 \times 10^3$ Pa en muchas cargas. Por consiguiente, incluso aunque un ventilador aspirante aspire el gas hacia fuera, en este momento, el interior del depósito de alimentación del agua caliente no se puede mantener a una presión negativa. Sin embargo, con el método de la presente invención, el daño a las juntas es pequeño, de modo que se puede mantener pequeña la cantidad de escape de gas. Además, el interior del depósito de alimentación del agua caliente se sustituye positivamente con aire, de modo que aunque el interior del depósito de alimentación del agua caliente tenga una presión positiva y se escape una pequeña cantidad de gas, el CO gaseoso contenido se puede mantener a un nivel que no produce problemas de salud.

La figura 9 ilustra el caso en el que se proporcionan dos cubiertas hidráulicas 51 (vista lateral).

La cubierta hidráulica 51 proporcionada en la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente está compuesta de un recipiente de forma cilíndrica con doble tubo que tiene un tubo exterior 59 y un tubo interior 60 en una

placa de hierro 52 en la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente y una placa de separación 61 para insertar entre los tubos interior y exterior. De acuerdo con la necesidad, se usa un peso 62 para aumentar el peso de la cubierta de separación. Sin embargo, puesto que solo el peso de la cubierta de separación normalmente no es suficiente para aguantar la presión de gas en el depósito de alimentación del agua caliente, normalmente preferiblemente se usa el peso.

Específicamente, el tubo interior 59 es más bajo que el tubo exterior 60. En la situación en la que la cubierta de separación 61 está insertada, el agua de sellado de la cubierta hidráulica se suministra desde fuera del tubo exterior 60. El agua se suministra continuamente de modo que el agua de sellado entra en el lado del tubo interior desde el lado del tubo exterior de la cubierta de separación y rebosa del extremo superior del tubo interior, se mueve a lo largo de las paredes interiores del tubo interior fluye al depósito de alimentación del agua caliente.

La altura del agua de sellado se diseña para que en el momento de una operación de refinado a vacío normal, debido al agua de sellado, el gas dentro del depósito de alimentación del agua caliente no escape al exterior y el agua de sellado no se corte incluso con fluctuaciones de la presión de presión positiva y presión negativa del gas en el depósito de alimentación del agua caliente. Si, no obstante, el agua dentro del depósito de alimentación del agua caliente rebosa e invade el interior de la cubierta hidráulica debido a una u otra razón como se ha explicado antes, el aumento del nivel de agua hará que la cubierta de separación 61 se levante y escape agua al exterior desde el espacio libre entre los tubos interior y exterior. Debido a esto, se puede facilitar mucho la fuerza que actúa en las partes que conectan la placa de hierro y hormigón en la parte superior del depósito de alimentación del agua caliente y se puede mantener en una cantidad minoritaria el daño a las juntas.

El tamaño y número de las cubiertas hidráulicas colocadas en el depósito de alimentación del agua caliente se puede establecer de forma adecuada de acuerdo con la cantidad total de agua del agua del condensador suministrada, el agua de sellado para la bomba hidráulica, etc. Por ejemplo, si la cantidad total de agua es 600 t/h o similar, se pueden mencionar como una realización de sentido común proporcionar dos cubiertas hidráulicas de forma cilíndrica y de 500 mm de diámetro para permitir que el agua que rebosa escape al exterior.

A continuación, se explicará un intervalo preferido de los parámetros del peso de la cubierta de separación. La presión dentro del depósito de alimentación del agua caliente, como se ha explicado antes, a veces alcanza más de $1,96 \times 10^3$ Pa. Como presión, ésta es pequeña, pero si esta presión actúa en un área de un determinado tamaño, se convierte en una presión grande. Para explicar esto usando la cubierta hidráulica mencionada antes, la cubierta tiene forma cilíndrica y un diámetro de 500 mm, de modo que si actúa una presión de $1,96 \times 10^3$ Pa en la misma, actuará una fuerza de aproximadamente 40 kg empujando hacia arriba la cubierta de separación 61. Por lo tanto, si el peso de la cubierta de separación es 10 Kg, será necesario ajustar el peso añadiendo un peso de 30 para llegar a aproximadamente 40 Kg. Por consiguiente, el peso de la parte de la cubierta de la cubierta hidráulica constituida por la cubierta de separación 61 y el peso 62, si se generaliza, debe cumplir la siguiente fórmula (1):

$$(W1+W2) \times 9,8 > P \times S \quad \ldots (1)$$

en la que,

W1: peso de la cubierta de separación (kg)

W2: peso del peso colocado sobre la cubierta de separación (kg)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del depósito de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

S: área máxima de la proyección de la superficie interior de la cubierta de separación móvil en el plano horizontal (m^2)

En la figura 9, W1+W2 es el peso total de la cubierta de separación móvil 61 y el peso 62, P es la presión de gas máxima en el depósito de alimentación del agua caliente, y S es el área proyectada horizontal de la cubierta de separación 61.

A continuación, se explicará la altura del agua de sellado preferible de la cubierta de separación. La presión dentro del depósito de alimentación del agua caliente, como se ha explicado antes, a veces alcanza más de $1,96 \times 10^3$ Pa. Por lo tanto, es necesario asegurar en cierta medida la altura del agua de sellado de modo que el sellado con agua no se rompa y no escape gas al exterior.

Por ejemplo, en la figura 9, si se supone que actúa una presión de $1,96 \times 10^3$ Pa en el interior, el nivel de agua exterior de las paredes laterales de la cubierta de partición 61 será aproximadamente de 200 mm más alto que la pared de agua en el interior. Por lo tanto, la altura H del tubo exterior 59 en el exterior de las paredes laterales de la cubierta de separación debe estar por encima de (200+L) mm considerando la altura del paso de agua de sellado L mm que conecta

el interior y el exterior de la cubierta de separación.

Por consiguiente, la altura del agua de sellado de la cubierta hidráulica, si se generaliza, debe cumplir la siguiente fórmula (2):

$$H\text{-}L > 9{,}8 \times 10^3 \times P \quad \ldots (2)$$

en la que,

H: altura exterior de la paredes laterales del tubo externo de la cubierta de separación de la cubierta hidráulica (m)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del tanque de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

L: altura del paso del agua de sellado entre el tubo interior y el tubo exterior en la cubierta hidráulica (m)

EJEMPLOS

La presente invención se aplicará en la producción de acero inoxidable SUS304 (níquel al 8% en peso y cromo al 18% en peso) en un horno de AOD de 60 toneladas de fundido como se muestra en la figura 1. En el refinado a presión atmosférica, se lleva a cabo el soplado inferior en el estado mostrado en la figura 1(b) y, según la necesidad, se usa conjuntamente el soplado superior. En el refinado a vacío, el soplado inferior se lleva a cabo después de reducir la presión en el interior del recipiente de refinado en el estado mostrado en la figura 1(a). La concentración de carbono en el fundido en el momento de empezar la producción es aproximadamente 1,6%. El refinado por descarburación se lleva a cabo hasta una concentración de carbono de 0,04%, después la presión en el interior del recipiente se devuelve a presión atmosférica, añadiendo aleación de Fe-Si como agente de reducción para reducir el cromo oxidado durante la descarburación, y se sopla sólo gas argón para la reducción. El acero se traspasa a una cuchara.

Ejemplo 1

Se usó el patrón mostrado en la tabla 1 para el refinado. La primera etapa era el refinado a presión atmosférica con soplado superior e inferior y uso de oxígeno gaseoso solo como gas soplado inferior. Se llegó a la segunda etapa con una concentración de carbono de 0,5% a 0,15%. La presión en el interior del recipiente en la segunda etapa se aplicó como presión en dos etapas de 350 Torr (46 kPa) y 250 Torr (33 kPa), las velocidades de soplado del gas soplado inferior eran 0,9 y 0,5 Nm^3/min, y el gas soplado era oxígeno gaseoso solo. En la tercera etapa se llevó a cabo el refinado por descarburación hasta una concentración de carbono de 0,04% a una presión en el interior del recipiente aplicada como presión en dos etapas de 100 Torr (13 kPa) y 40 Torr (5 kPa) y una velocidad de soplado del gas soplado inferior mantenida a 0,5 Nm^3/min.

En la primera etapa, el oxígeno gaseoso se sopla solo hasta que la concentración de carbono alcanza 0,5%, de modo que aunque la eficacia del oxígeno para la descarburación disminuye algo y aumenta la oxidación del cromo, se podía reducir la cantidad de argón gaseoso caro que se usaba. Obsérvese que en la región de la concentración de carbono de 0,7 a 0,5% de la primera etapa, si la relación de gas soplado inferior O_2/argón no era 1/10 sino 4/1, aunque aumentaba la cantidad de argón gaseoso caro que se usaba, mejoraba la eficacia del oxígeno para la descarburación en esta región de carbono.

En la segunda etapa, la velocidad de soplado del gas soplado inferior se elevó a de 0,9 a 0,5 Nm^3/min para hacer así que la presión en el interior del recipiente aumentará de 350 (46 kPa) a 250 Torr (33 kPa) mientras se mantenía la eficacia del oxígeno para la descarburación. Como resultado, se podía realizar una reducción de la generación de polvo y un acortamiento del tiempo de refinado.

En la tercera etapa también, la presión en el interior del recipiente se llevó a 100 Torr (13 kPa) y la velocidad de soplado del gas soplado inferior se mantuvo en 0,5 Nm^3/min en condiciones de 40 Torr (5 kPa), de modo que se podía mantener la eficacia alta del oxígeno para la descarburación y contribuir a un acortamiento del tiempo de refinado.

Tabla 1

	Fase de descarburación						Fase de reducción
Etapa	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		
Clase	Presión atmosférica		Vacío				
Preión (Torr)	760 (100 kPa)		350 (45 kPa)	250 (33 kPa)	100 (13 kPa)	40 (5 kPa)	760 (100 kPa)
Velocidad de soplado del gas soplado inferior (Nm^3/min/t)	1,4	1,2	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5
Relación de O_2/argón del gas soplado inferior	1/0	1/0	1/0	1/0	1/5	0/1	0/1
Velocidad de soplado del gas soplado superior (Nm^3/min/t)	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Concentración de carbono (%)	1,6	0,7	0,5	0,25	0,15	0,08	0,04

Ejemplo comparativo 1

Se usó el patrón mostrado en la tabla 2 para el refinado. Se llevó a cabo el refinado a presión atmosférica para una concentración de carbono de 1,6 a 0,4% y se llevó a cabo el refinado a vacío para una concentración de carbono de 0,4% o inferior. Las condiciones de refinado en el refinado a presión atmosférica eran similares a las de la primera etapa de ejemplo 1. La velocidad de soplado del gas soplado inferior en el refinado a vacío se llevó a 0,3 Nm^3/min como el nivel convencional. Puesto que la velocidad de soplado del gas soplado inferior era baja, desde el punto de vista de prevenir una disminución de la eficacia del oxígeno para la descarburación y prevenir un aumento de la generación de polvo, la presión en el interior del recipiente se llevó como máximo a 150 Torr (20 kPa).

Puesto que la velocidad de soplado del gas soplado inferior era muy inferior a la del ejemplo anterior de la presente invención, el tiempo de refinado se prolongó mucho. Comparado con el ejemplo 1, el tiempo de refinado a vacío era aproximadamente 2,5 veces más largo y el tiempo de refinado total necesario también era aproximadamente 1,8 veces más largo. Por lo tanto, era imposible la colada continua para cargar la colada de forma continua en un procedimiento de colada continua.

Tabla 2

	Fase de descarburación						Fase de reducción
Etapa	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa		
Clase	Presión atmosférica		Vacío				
Preión (Torr)	760 (100 kPa)		150 (20 kPa)	150 (20 kPa)	100 (13 kPa)	40 (5 kPa)	760 (100 kPa)
Velocidad de soplado del gas soplado inferior (Nm^3/min/t)	1,4	1,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5
Relación de O_2/argón del gas soplado inferior	1/0	1/0	1/0	1/0	1/5	0/1	0/1
Velocidad de soplado del gas soplado superior (Nm^3/min/t)	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Concentración de carbono (%)	1,6	0,7	0,4	0,25	0,15	0,08	0,04

Ejemplo 2

En el primer refinado a vacío, la presión se restableció a presión atmosférica una vez cuando la descarburación avanzó a una concentración de carbono de 0,08%, después se hizo otra vez vacío en el recipiente y se llevó a cabo el refinado por descarburación hasta la concentración objetivo de carbono. La velocidad de soplado del gas soplado inferior en el refinado a vacío se llevó a 0,5 Nm^3/min por tonelada de fundido. La tabla 3 muestra los resultados de la presente invención.

En un ejemplo comparativo, se llevó a cabo el refinado a vacío de forma continua hasta alcanzar la concentración objetivo de carbono. La velocidad de soplado del gas soplado inferior en el refinado a vacío se llevó a 0,5 Nm^3/min por tonelada de fundido de la misma forma que en el ejemplo de la presente invención, hasta una concentración de carbono de 0,15%. En una región de concentración de carbono menor que esta, se llevó a 0,3 Nm^3/min por tonelada de fundido de la misma manera que en el pasado. La tabla 4 presenta los resultados del ejemplo comparativo.

Tabla 3

	Fase de descarburación						Fase de reducción
Clase	Presión atmosférica		Vacío		Presión restablecida	Vacío	
Presión (Torr)	760 (100 kPa)		200 (26 kPa)	150 (20 kPa)	760 (100 kPa)	100 (13 kPa) / 50 (7 kPa)	760 (100 kPa)
Velocidad de soplado del gas soplado inferior (Nm^3/min/t)	1,4	1,2	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3
Relación de O_2 del gas soplado inferior	100	100	100	100	0	20	0
Velocidad de soplado del gas soplado superior (Nm^3/min/t)	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tiempo de tratamiento (min)	10, 5		11,5		3,0	5,0	5,0
Concentración de carbono (%)	1,6	0,7	0,5	0,25	0,08		0 ,01

Tabla 4

	Fase de descarburación						Fase de reducción
Clase	Presión atmosférica		Vacío				
Presión (Torr)	760 (100 kPa)		200 (26 kPa)	150 (20 kPa)	100 (13 kPa)	40 (5 kPa)	760 (100 kPa)
Velocidad de soplado del gas soplado inferior (Nm^3/min/t)	1,4	1,2	0,5	0,5	0,3	0,3	0,5
Relación de O_2 del gas soplado inferior	100	100	100	100	100	0	0
Velocidad de soplado del gas soplado superior (Nm^3/min/t)	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tiempo de tratamiento (min)	10,5		12,5			21,0	5,0
Concentración de carbono (%)	1,6	0,7	0,5	0,25	0,15	0,08	0,01

En el ejemplo comparativo mostrado en la tabla 4, el refinado por descarburación desde una concentración de carbono de 0,08% a 0,01% requería 21 minutos de tiempo. Por otra parte, en la presente invención mostrada en la tabla 3, el refinado por descarburación desde una concentración de carbono de 0,08% a 0,01% se completó en 8 min

combinando el tiempo de restablecimiento de la presión y el tiempo de vacío. Es decir, cuando se refina acero fundido que contiene cromo con concentración ultrabaja de carbono, con una concentración de carbono objetivo de 0,01%, cuando se usa la presente invención, se pudo acortar el tiempo de refinado en más de 13 minutos comparado con el pasado.

Como resultado de poder acortar el tiempo de refinado por descarburación, se pudieron obtener efectos de reducción de las unidades de suministro de gas inerte, reducción de las unidades de suministro refractarias debido a la prolongación del tiempo de vida del recipiente de refinado, reducción de las unidades de suministro de vapor usadas para los eyectores de vapor de extracción de vacío, reducción de la pérdida de calor debido al refinado prolongado, etc. Además, con el método de la presente invención, se puede producir acero incluso con concentración ultrabaja de carbono sin prolongar mucho el tiempo de producción comparado con el acero de concentración de carbono habitual, y por lo tanto es posible la colada continua en un procedimiento de colada continua.

APLICABILIDAD INDUSTRIAL

La presente invención permite la agitación forzada del fundido en la región media de carbono, en particular en la región de una concentración de carbono de 0,2 a 0,5%, en el refinado a vacío de acero fundido que contiene cromo, para permitir así el refinado a vacío de una alta eficacia del oxígeno para la descarburación a una presión de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa). Como resultado, se puede suprimir la generación de polvo y además se puede lograr un aumento de la velocidad de soplado del gas soplado inferior, de modo que puede acortarse el tiempo de refinado.

La presente invención permite además la selección de una presión mayor que la atmosférica en el recipiente de refinado incluso en la región de carbono mayor que la región de carbono en la que se lleva a cabo la operación a vacío de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa) para permitir así el uso de una operación a vacío en lugar de una operación a presión atmosférica y de esta forma permitir reducir la cantidad de gas inerte caro que se usa y mejorar la productividad.

La presente invención permite además adoptar un tratamiento a vacío de dos etapas que comprende llevar a cabo el refinado por descarburación de acero fundido que contiene cromo y contenido ultrabajo de carbono en un horno de refinado a vacío de AOD, en el que la presión en el interior del recipiente se hace subir un vez en un estado en el que la descarburación ha avanzado en una determinada medida en el refinado a vacío, después otra vez se disminuye la presión y se reanuda el refinado en condiciones de vacío y un gran aumento de la velocidad de soplado del gas soplado inferior comparado con el pasado, para así obtener una gran mejora en la velocidad de descarburación en la región de carbono bajo y una gran reducción en el tiempo total de refinado por descarburación. Como resultado, se puede producir de forma barata y fácil acero al cromo con contenido ultrabajo de carbono que tiene una concentración de carbono como máximo de 0,01% en peso.

Además, la presente invención establece una unidad extracción de vacío y método de control que permite el control del grado de vacío dentro de un horno de refinado a vacío o sus conductos para el refinado por descarburación con oxígeno de un fundido en condiciones de vacío. Los defectos en el equipo y operación obtenidos debido a esto son los siguientes:

Primero, de puede obtener un tiempo de tratamiento a vacío total más corto, se puede mejorar la productividad y se pueden mejorar la duración refractaria del horno de refinado a vacío.

Segundo, se puede prevenir eficazmente la salpicadura del metal y la escoria durante el refinado con oxígeno a vacío, ebullición del metal, etc. y se puede lograr la prevención del bloqueo del puerto de adición de aleación, prevención de la deposición de metal sobre la cubierta superior, prevención del bloqueo de los conductos de extracción de vacío, etc. Debido a esto, se acorta mucho el tiempo de inactividad del equipo y se puede lograr la reducción de los costes de mantenimiento y mejora de la productividad de la operación.

Además, la presente invención permite el sellado suficiente de un puerto de adición de aleación y material secundario en el procedimiento de refinado sin los problemas causados por la salpicadura del metal y la escoria, por lo que se puede reducir mucho las unidades de suministro de materiales y materiales secundarios, se puede acortar el tiempo de operación, y se puede reducir mucho los costes de operación.

Además, la presente invención puede medir y seguir la humedad del gas de escape para así detectar una pequeña cantidad de escape de agua dentro del paso del gas de escape y detectar de esta forma el escape de agua tempranamente y simultáneamente mejorar sorprendentemente la fiabilidad de la detección del escape de agua.

La presente invención permite proporcionar un método y aparato que trata de forma sencilla los problemas de los depósitos de alimentación del agua caliente, es decir escape de gas que contiene CO del depósito de alimentación del agua caliente y supresión del daño al equipo en el momento en que se produce el rebosamiento del agua de refrigeración en el depósito de alimentación de agua caliente.

REIVINDICACIONES

1. Un método de refinado que refina mediante soplado de una mezcla de gases que incluye oxígeno gaseoso en un acero fundido que contiene cromo en un recipiente de refinado, caracterizado dicho método de refinado para un acero fundido que contiene cromo, porque tiene una primera etapa de soplado de dicha mezcla de gases aplicando una presión en el interior del recipiente en el intervalo de 400 Torr (53 kPa) a presión atmosférica, una segunda etapa de soplado de dicha mezcla de gases haciendo vacío en dicho recipiente de 250 a 400 Torr (33 a 53 kPa), y una tercera etapa de soplado de dicha mezcla de gases haciendo todavía vacío en el interior del recipiente como máximo a 250 Torr (33 kPa), y porque refina poco a poco pasando de la primera etapa a la segunda etapa a una concentración de carbono en el fundido de 0,8 a 0,3% y pasando de la segunda etapa a la tercera etapa a una concentración de carbono en el fundido de 0,4 a 0,1%.

2. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque refina aplicando una velocidad de soplado de la mezcla de gases en dicha segunda etapa de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido.

3. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque en dicha primera etapa, la realización del refinado comprende el refinado durante todo el periodo a presión atmosférica, refinado durante todo el periodo a presión reducida, o refinado primero a presión atmosférica y después a presión reducida.

4. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1 ó 3, caracterizado porque cuando se refina a presión atmosférica en dicha primera etapa, se refina usando tanto soplado superior como soplado inferior como el soplado de dicha mezcla de gases.

5. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque cuando se refina a presión atmosférica en dicha primera etapa, se refina usando solo oxígeno para el soplado de dicha mezcla de gases.

6. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque en dicha tercera etapa, se refina haciendo vacío además poco a poco en el interior del recipiente junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido.

7. Un método del refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque en dicha tercera etapa, se refina por cualquier medio de suministro de gas inerte solo para el soplado de dicha mezcla de gases, se reduce gradualmente la relación de suministro de oxígeno gaseoso en dicha mezcla de gases junto con la disminución de la concentración de carbono en el fundido, o se suministra gas inerte después de la disminución de la relación de oxígeno gaseoso en dicha mezcla de gases.

8. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque se empieza a hacer vacío en el interior de dicho recipiente de refinado, después se sopla gas inerte, nitrógeno u otro gas no oxidante o una mezcla de gases de los mismos para reducir la concentración de oxígeno en el gas de escape a como máximo 7% en volumen, después se sopla dicha mezcla de gases en dicho recipiente de refinado en el que se ha hecho vacío y se inicia el refinado.

9. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque en la tercera etapa se reduce la concentración de carbono en el fundido hasta como máximo 0,08%, después se restablece la presión en el recipiente a como máximo 400 Torr (53 kPa), después se sopla por la parte inferior la mezcla de gases y se refina a vacío a una velocidad de soplado de la mezcla de gases de al menos 0,4 Nm^3/min por tonelada de fundido, para así reducir el carbono a un nivel ultrabajo.

10. Un método de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 1, caracterizado porque después de dicha tercera etapa, se restablece la presión dentro del recipiente a al menos 400 Torr (53 kPa), después se sopla por la parte inferior la mezcla de gases, se reduce la relación de oxígeno gaseoso en la mezcla de gases soplada a como máximo 30%, se reduce la presión en el interior del recipiente a como máximo 100 Torr (13 kPa), y se continúa el refinado.

11. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo, caracterizado dicho aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo porque comprende un recipiente de refinado a vacío (1), una unidad de adición de aleación y submaterial dispuesta encima del recipiente de refinado a vacío (1), refrigerador del gas de escape (8), válvula de vacío, unidad de extracción de vacío (10) de tipo eyector de una etapa o múltiples etapas, y (11) una bomba de vacío de tipo hidráulica, dispuestos de forma sucesiva, y porque tiene una válvula de control de la presión en condiciones de vacío (22) para devolver parte del gas de escape (15) desde el lado corriente abajo de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica (11) al lado corriente arriba de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica (11).

12. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque está provisto de un medio para ajustar el grado de abertura de dicha válvula de ajuste de la presión usada para controlar el vacío (28), para controlar el grado de vacío en el interior de dicho recipiente de refinado a vacío, para devolver parte del gas de escape que sale de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica (11) al lado corriente arriba del paso del gas de escape de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica.

13. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque proporciona un medio que dispone una válvula de vacío (23) entre un lado de escape de dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector (10) de una etapa o de múltiples etapas y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica (11) y dicho lado del recipiente de refinado a vacío de dicho refrigerador del gas de escape, cierra dicha válvula de vacío antes del inicio del refinado a vacío para poner dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica en un estado de vacío con antelación, y abre dicha válvula de vacío simultáneamente con el inicio del refinado a vacío para elevar el grado de vacío del recipiente de refinado a vacío.

14. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque proporciona un medio para ajustar el grado de abertura de dicha válvula de control de la presión usada para controlar el vacío en condiciones de vacío con antelación, para restablecer hasta 10% del flujo del gas de escape en el lado corriente arriba de dicha bomba de vacío de tipo hidráulica, y después ajustar inmediatamente el grado de vacío en dicho recipiente de refinado a vacío cuando se añade aleación y submaterial durante el refinado en condiciones de vacío en el recipiente de refinado a vacío.

15. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque proporciona una unidad de sellado que tiene una válvula de sellado (34) para sellar un puerto de adición en la parte inferior de dicha unidad de adición de aleación y material secundario, y dispone una lanza ficticia (33) integrada con dicha unidad de sellado en la parte inferior de dicha válvula de sellado o la dispone de forma que se puede elevar conectada con dicha unidad de sellado.

16. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 15, caracterizado porque proporciona un puerto de sellado para soplar gas de sellado a un espacio entre las paredes interiores del puerto de adición (40) de dicha unidad de aleación y material secundario y dicha lanza ficticia (33).

17. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque proporciona una cubierta central (31) que tiene una función de refrigeración en la parte inferior de dicha unidad de adición de aleación y material secundario.

18. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque proporciona en la parte posterior de dicho refrigerador del gas de escape (8) dentro del sistema del aparato de refinado, una unidad de detección de escape de agua capaz de detectar el escape de agua midiendo al menos una de la temperatura del vapor o la presión del vapor en el gas de escape.

19. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 11, caracterizado porque dispone en la parte posterior de dicha unidad de extracción de vacío de tipo eyector de una etapa o múltiples etapas y dicha bomba de vacío de tipo hidráulica, un tanque de almacenamiento del agua de retorno (27) conectado con estas y unido a una unidad de ventilación de gases (29).

20. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 19, caracterizado porque proporciona una cubierta hidráulica que tiene una cubierta de separación (16), dispuesta sin estar fija, en la parte superior de dicho tanque de almacenamiento del agua de retorno.

21. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación (20), caracterizado porque el peso de dicha cubierta hidráulica cumple la siguiente fórmula (1):

$$(W1+W2) \times 9,8 > P \times S \quad \ldots (1)$$

en la que,

W1: peso de la cubierta de separación (kg)

W2: peso del peso colocado encima de la cubierta de separación (kg)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del tanque de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

S: área máxima de la proyección de la superficie interior de la cubierta de separación móvil en el plano horizontal (m^2).

22. Un aparato de refinado para un acero fundido que contiene cromo como se expone en la reivindicación 20 ó 21, caracterizado porque la altura del agua de sellado de dicha cubierta hidráulica cumple la siguiente fórmula:

$$H\text{-}L > 9{,}8 \times 10^3 \times P \quad \ldots (2)$$

en la que,

H: altura exterior de las paredes laterales del tubo externo de la cubierta de separación de la cubierta hidráulica (m)

P: presión máxima del gas que actúa dentro del tanque de almacenamiento del agua de retorno (Pa)

L: altura del paso del agua de sellado entre el tubo interior y el tubo exterior en la cubierta hidráulica (m).

Fig.1(a)

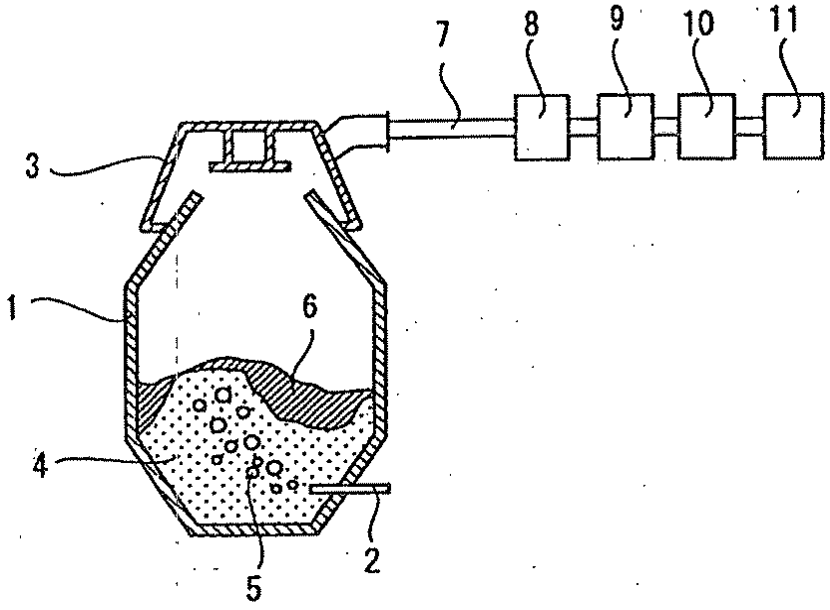

Fig.1(b)

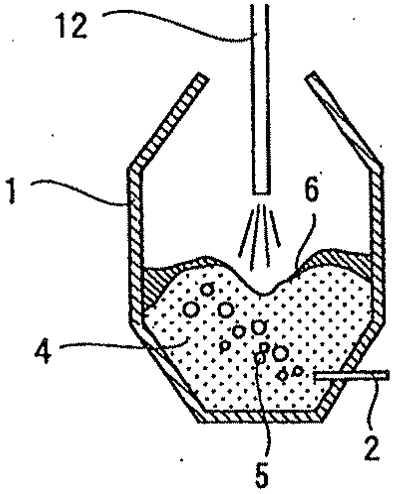

Fig.2

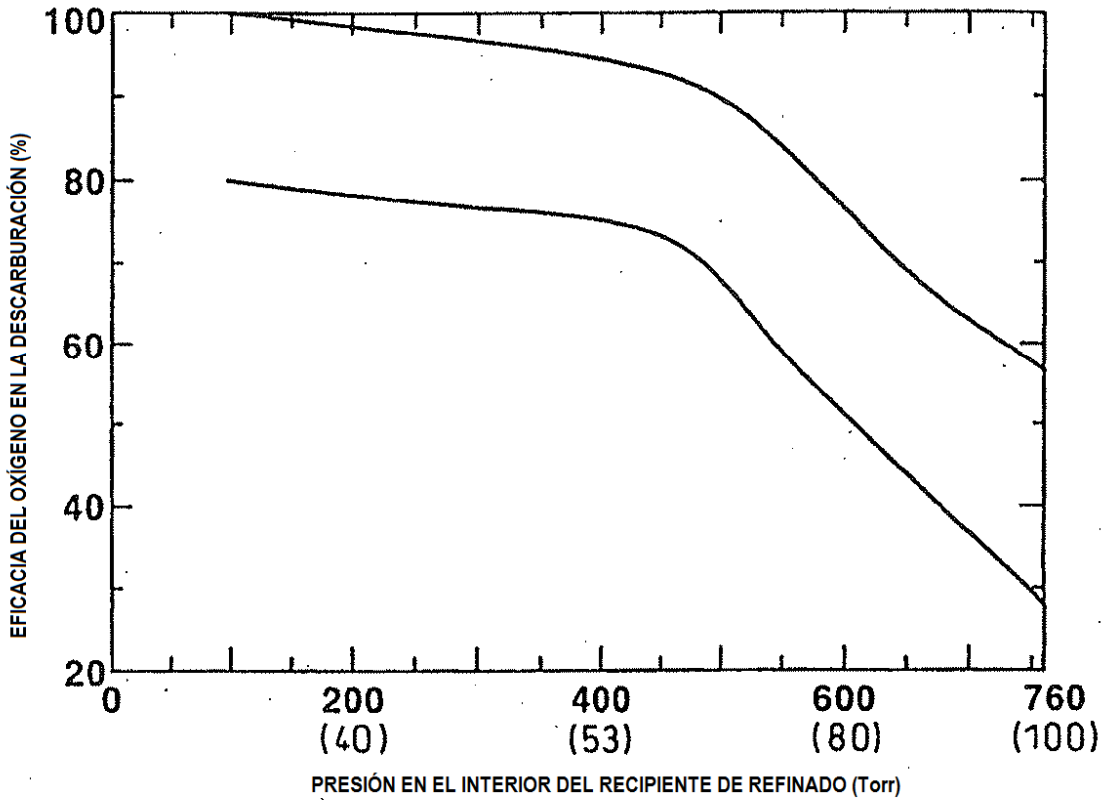
100
80
60
40
20
EFICACIA DEL OXÍGENO EN LA DESCARBURACIÓN (%)
0
200
(40)
400
(53)
600
(80)
760
(100)
PRESIÓN EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE DE REFINADO (Torr)
LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS SON kPa

Fig.3

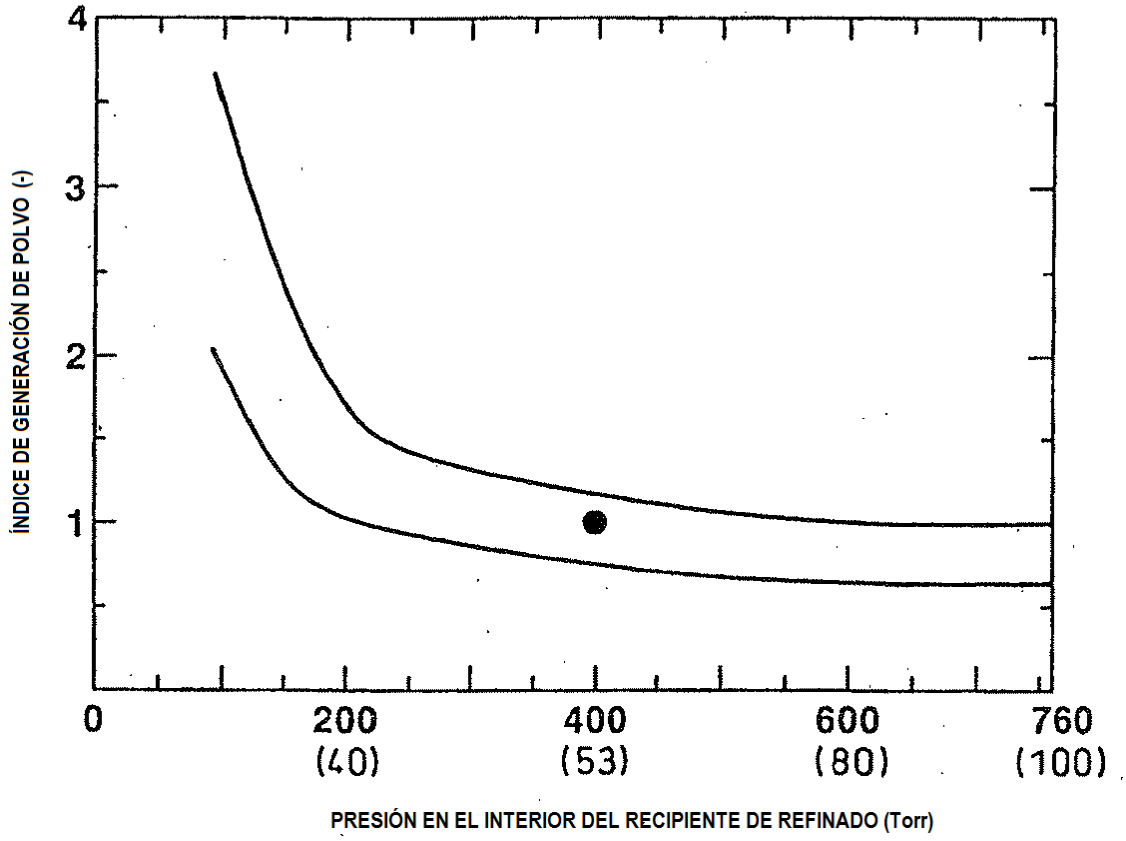
4
3
2
1
ÍNDICE DE GENERACIÓN DE POLVO (-)
0
200
(40)
400
(53)
600
(80)
760
(100)
PRESIÓN EN EL INTERIOR DEL RECIPIENTE DE REFINADO (Torr)
LOS NÚMEROS ENTRE PARÉNTESIS SON kPa

Fig. 4

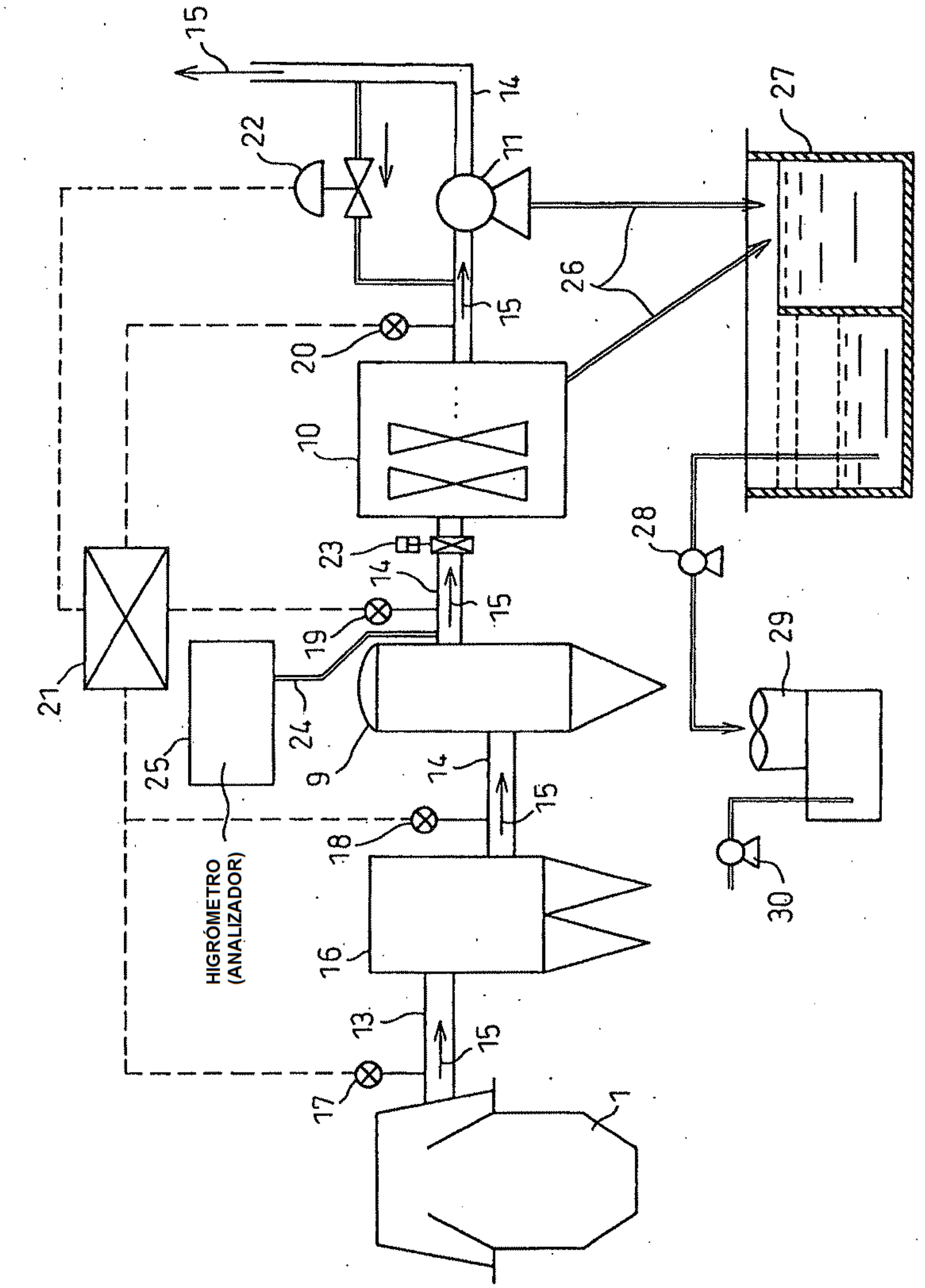

Fig.5

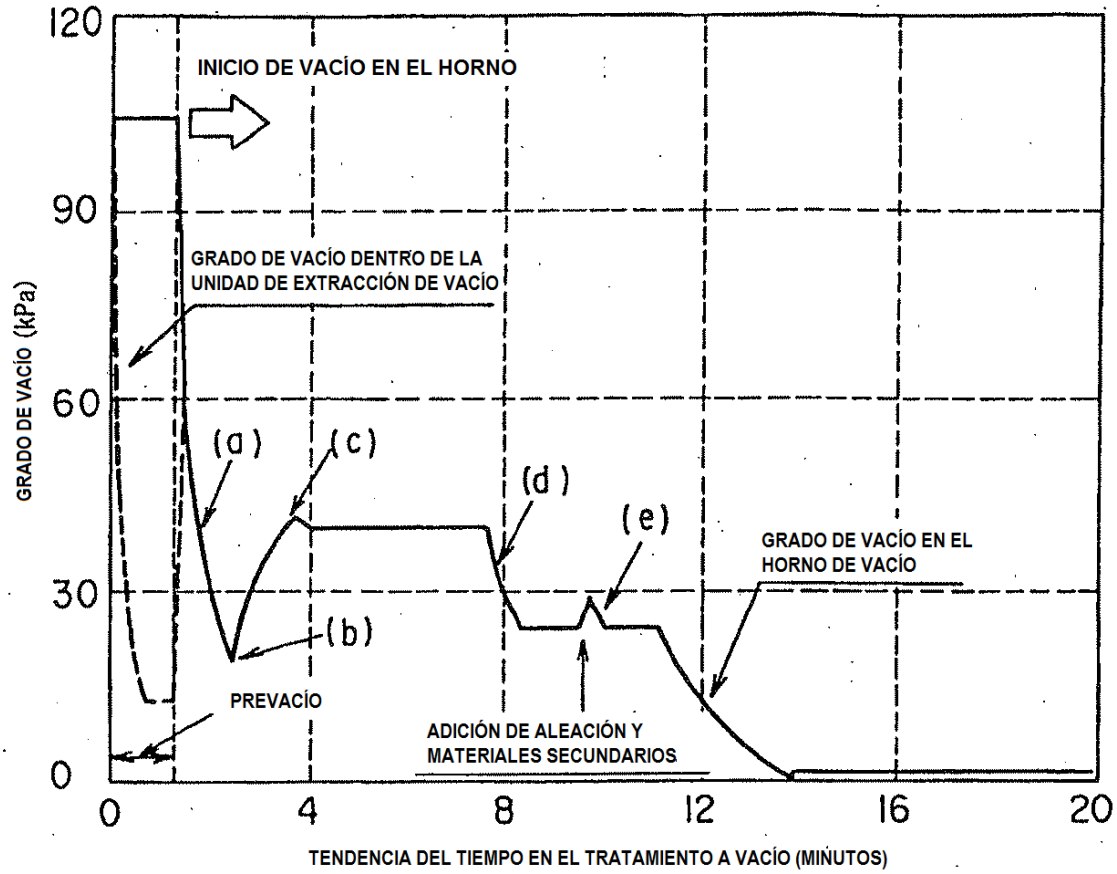
120
90
60
30
0
GRADO DE VACÍO (kPa)
INICIO DE VACÍO EN EL HORNO
GRADO DE VACÍO DENTRO DE LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN DE VACÍO
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
GRADO DE VACÍO EN EL HORNO DE VACÍO
PREVACÍO
ADICIÓN DE ALEACIÓN Y MATERIALES SECUNDARIOS
0
4
8
12
16
20
TENDENCIA DEL TIEMPO EN EL TRATAMIENTO A VACÍO (MINUTOS)

Fig.6

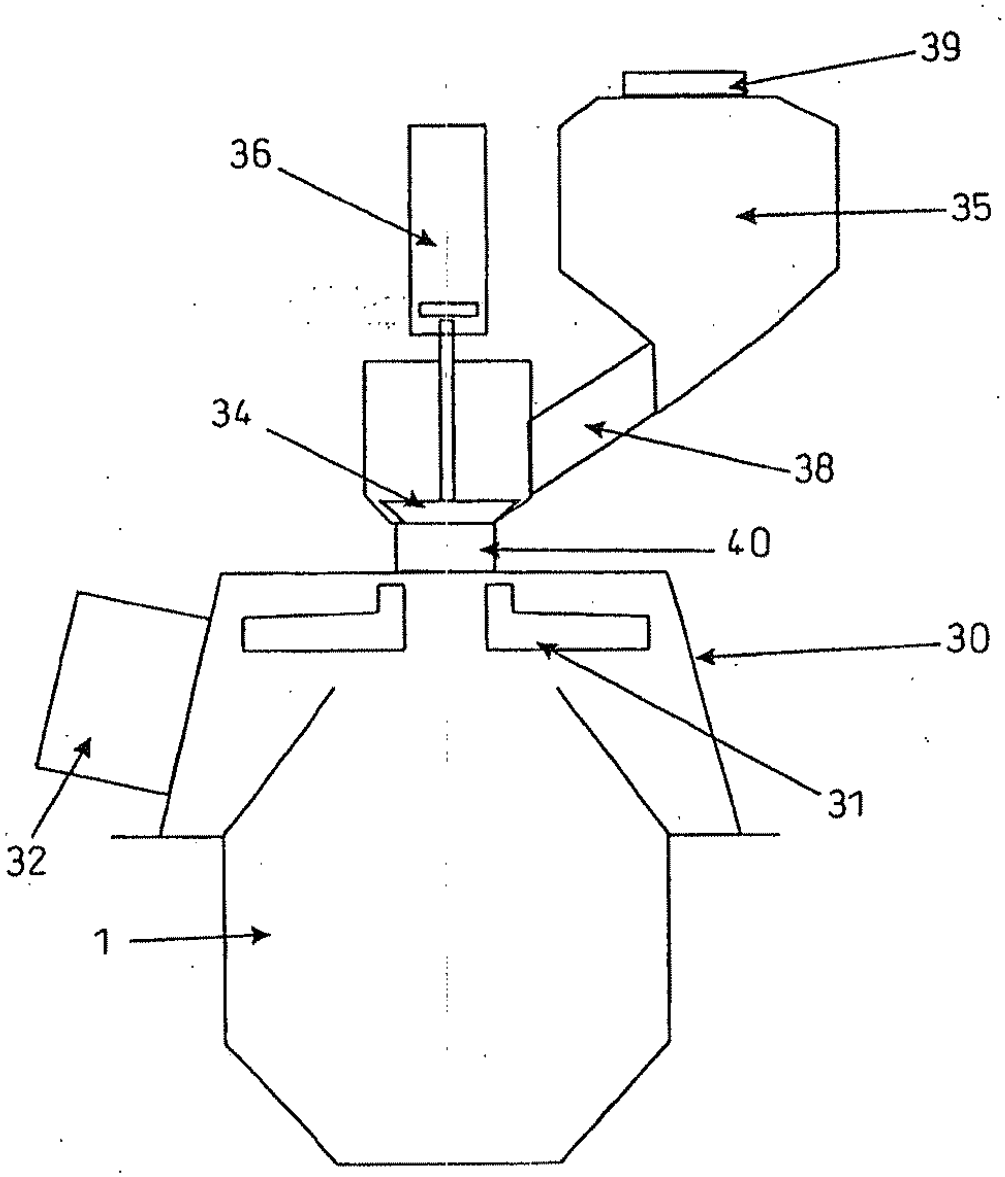

Fig.7

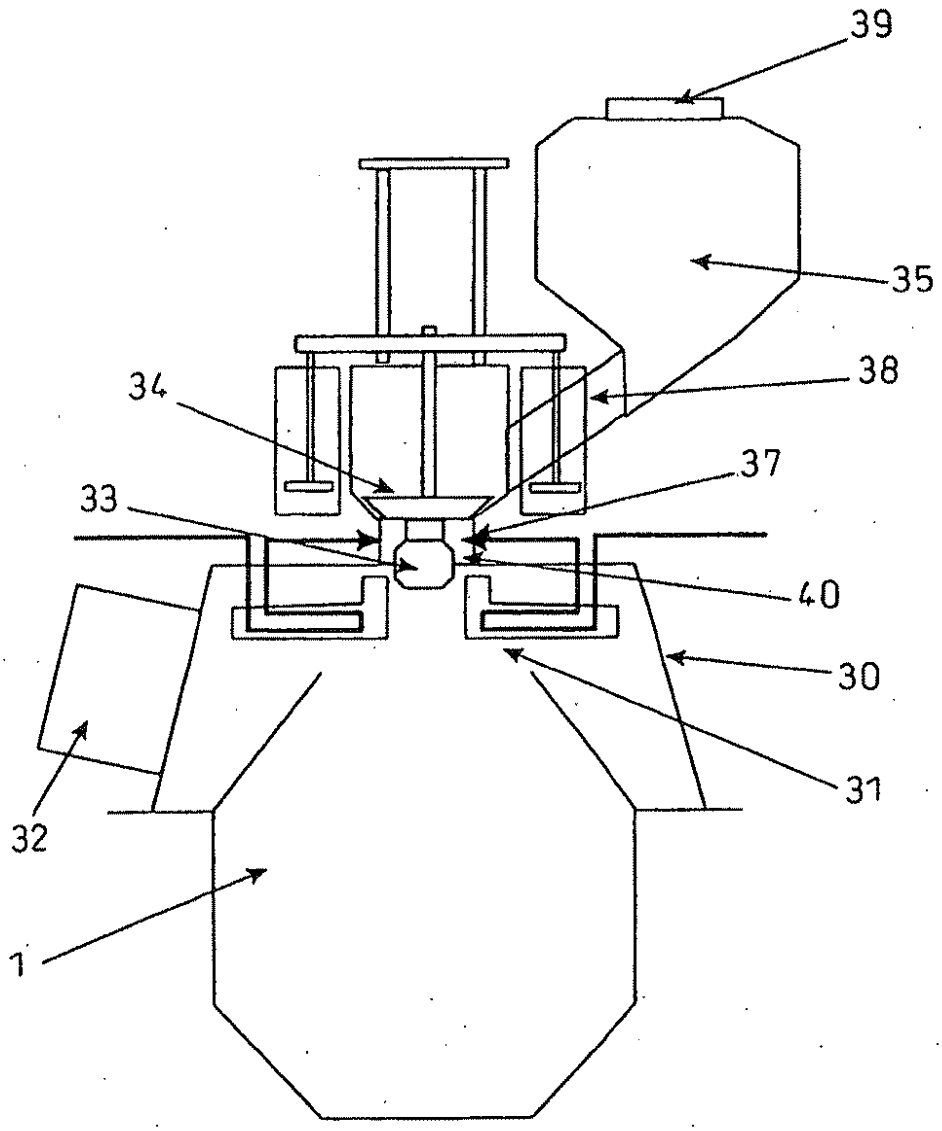

Fig.8

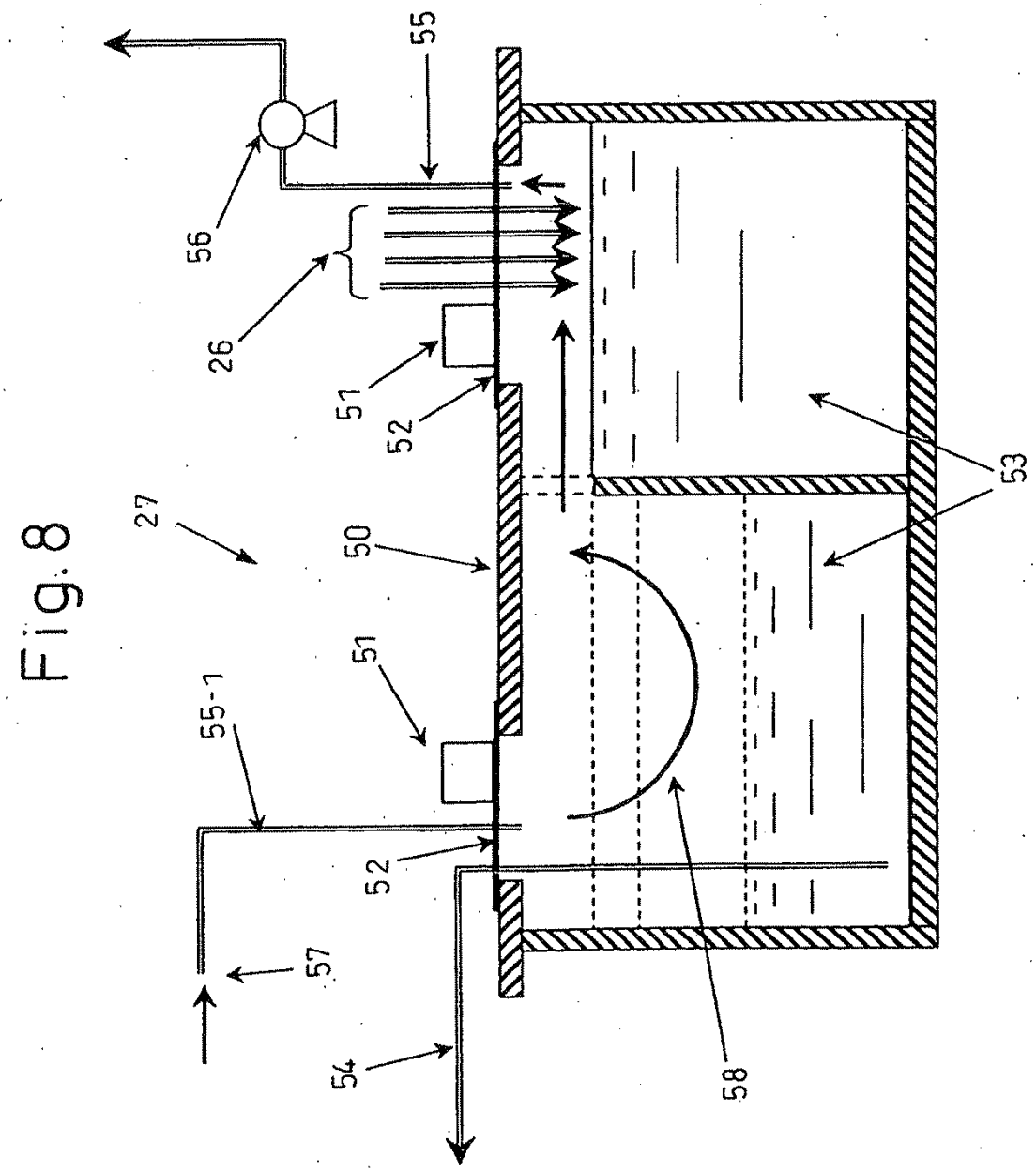
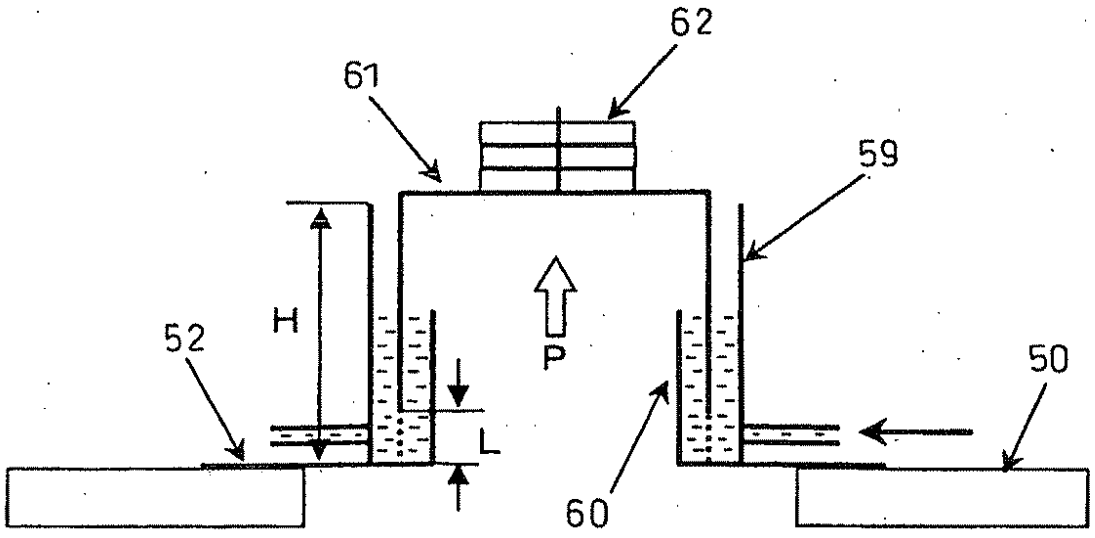
Fig.9