

ESPAÑA

19 ES	11 NUMERO	10 A 1
	21 440.934	
	22 FECHA DE PRESENTACION	
	13.9.75	

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:		
31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	C21C	
54 TITULO DE LA INVENCION		
PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE ACERO		
CONCEDIDA 25 FEB. 1977		
71 SOLICITANTE (S)		
TOSHIN SEIKO KABUSHIKI KAISHA.		
DOMICILIO DEL SOLICITANTE		
7-2, Otemachi 1-Chome, Chiyoda-ku, TOKYO-TO, Japon.		
72 INVENTOR (ES)		
Isao Udo; Tatsuya Kai; Masahiro Kuwashiro, los cuales cedieron sus derechos a la Compañia Solicitante.		
73 TITULAR (ES)		
74 REPRESENTANTE		
DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU.		

**POOR
QUALITY**

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Una carga fría de chatarra de acero se funde en un horno de arco provisto de quemadores especiales de oxígeno-combustible, por medio de los cuales se obtiene una rápida fusión, estando mantenido el interior del horno a una presión negativa por medio de un dispositivo de evacuación y de filtración de humos con el cual se aspira aire secundario a partir de la atmósfera externa y además se aumenta el rendimiento de combustión de los quemadores. El horno de arco está provisto de dispositivos de refrigeración por agua que incluyen un anillo refrigerado por agua, ladrillos carbonáceos, masas de apisonado de alto contenido de alumina, y bloques de mampostería de quemador en unas partes de la pared y del techo del horno, particularmente en las partes de la pared donde están montados los quemadores, la pared situada encima de la línea de escoria, y una parte del techo donde está formado el orificio de salida de los humos.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

El invento se refiere de manera general a procedimientos de fabricación de acero, y más particularmente, a un procedimiento de fabricación de acero en el cual se utiliza un horno de arco (eléctrico) con una combustión auxiliar.

Más precisamente, el invento se refiere a un procedimiento de fusión rápida del acero en un horno de arco para producir aceros al carbono corrientes y aceros aleados a partir de una carga fría de chatarra de acero como materia prima, y se refiere al aparato correspondiente que incluye una combinación integrada de horno de arco, quemadores especiales de oxígeno-aceite combustible instalados en el horno para producir una fusión auxiliar, y un sistema de evacuación de humo, estando

además dotado este aparato de un cierto número de innovaciones en varias partes.

5 Gracias al invento, el aparato de fabricación de acero puede funcionar de manera continua y eficaz durante un largo periodo de tiempo, con una reducción muy importante de las paradas necesarias para su mantenimiento.

10 En los años recientes, se ha utilizado ampliamente el procedimiento llamado procedimiento de potencia ultra-elevada (procedimiento U.H.P.) y, en ciertos casos, unos sistemas con combustión auxiliar, con el objeto de aumentar el rendimiento de los hornos de arco eléctrico destinados a la fabricación del acero y en los cuales se emplea una carga fría, por ejemplo de chatarra de acero, como materia prima.

15 En este procedimiento U.H.P. que ha suscitado bruscamente un fuerte interés debido a las propuestas y a los descubrimientos de W.E. Schwabe y otros, se emplea un transformador que tiene una capacidad igual a 1,5 a 2 veces la de un horno convencional de la misma capacidad de funcionamiento, y se efectúa la operación con un arco corto. Sin embargo, este procedimiento
20 sigue presentando varias dificultades, entre las cuales el coste de inversión o coste inicial elevado de los equipos y la obligación de situar la instalación en un emplazamiento donde se dispone de una importante fuente de energía. Además, durante su funcionamiento, se presentan las siguientes dificultades debidas a que
25 el funcionamiento se realiza con un bajo factor de potencia, a tensión baja y corriente elevada.

30 1). En el procedimiento U.H.P., ya que el funcionamiento se hace generalmente con corriente elevada, el calor debido al efecto Joule y la fuerza electromagnética son importantes y se producen desperfectos acelerados en los porta-electro-

dos, así como una oxidación y un desgaste de los electrodos. Además, las tensiones térmicas debidas a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior del electrodo tienden a producir desperfectos, tales como rotura, disociación, y desconchado de los electrodos.

2). En general, ya que se aumenta la capacidad eléctrica, el tiempo de fusión de la chatarra de acero disminuye, y la relación entre el tiempo total de aplicación de energía A desde el comienzo hasta el momento del sangrado, (es decir, el tiempo durante el cual se efectúa realmente el trabajo de fabricación del acero) y el tiempo B durante el cual la energía está desconectada a partir del sangrado hasta el comienzo de la operación (es decir, el tiempo que transcurre desde el sangrado hasta la siguiente aplicación de la energía y el tiempo gastado por ejemplo para cargar la chatarra de acero y efectuar reparaciones en partes del horno, tales como refractarios de pared), es decir el porcentaje del tiempo de funcionamiento eficaz o relación práctica $A/(A+B) \times 100\%$ del horno, tiende a disminuir, y, en ciertos casos, el rendimiento de la inversión de equipo disminuye también.

3). Ya que la distancia entre la chatarra de acero y los electrodos fluctúa, en el periodo de fusión en el cual la densidad aparente de la chatarra de acero contenida en el horno es reducida, el funcionamiento con arco corto es menos ventajoso que con arco largo para acortar el tiempo de fusión.

4). Se producen elevados desperfectos concentrados en ciertos puntos, debido a la fusión de los refractarios de las paredes y del techo del horno por los potentes arcos eléctricos generados entre los electrodos y la chatarra de acero.

En razón de las dificultades mencionadas más arriba, la relación práctica del horno en su conjunto disminuye,

y cuando se examina desde el punto de vista de un funcionamiento durante periodos largos y continuos el procedimiento acarrea la utilización de varios dispositivos que no son ventajosos para mejorar la productividad y la economía

5 Por una parte, el quemador llamado "Shell Toroidal" utilizado en el procedimiento llamado Combustible, Oxígeno y Chatarra (F.O.S.) desarrollado en Inglaterra, constituye actualmente un ejemplo representativo de un quemador auxiliar para proceso de fusión auxiliar. Las ventajas que presenta la instalación de este sistema en un horno de arco para fabricación de acero son las siguientes:

1. Este sistema puede ser instalado con relativa comodidad en un horno de arco ya existente.

15 2. No se necesita una enorme inversión de equipo como en el procedimiento U.H.P.

Sin embargo, en la práctica real se plantean varios problemas de los cuales el principal, que constituye una limitación impuesta al rendimiento del sistema es el siguiente:

20 Un quemador corriente del tipo constituido por ejemplo por el quemador "Shell Toroidal" se emplea con el objeto de precalentar y fundir la chatarra de acero por medio de una llama a alta temperatura. En un horno cerrado, tal como un horno de arco, sin embargo, no existe cámara de combustión y es difícil utilizar una gran cantidad de combustible. Además, como consecuencia natural, es preciso generar una llama corta. A este efecto, se han imaginado varias disposiciones, pero éstas dan lugar a los siguientes problemas:

1. Bajo rendimiento térmico.

30 En el caso de un quemador "Shell Toroidal" en el cual se atomiza el combustible con oxígeno puro, la tempera-

horno.

Se producen importantes desperfectos debidos a fusión localizada en cada orificio de quemador y en las piezas en contacto con la llama, y al mismo tiempo, una elevación excesiva de la temperatura de la atmósfera en el interior del
5 horno, acelera generalmente los desperfectos debidos a la fusión que se producen en los ladrillos de la pared del horno, aumenta el gasto de ladrillos y acarrea inconvenientes económicos. Por otra parte, la elevación de la temperatura de los humos está acompañada por la elevación de la temperatura del agua
10 de refrigeración del cuerpo del horno, y es fácil que se planteen problemas asociados con la tubería de agua de refrigeración. Además, en el colector de polvo también se producen dificultades tales como rotura de la bolsa de filtro y una aspiración defectuosa, lo que aumenta los deterioros en los equipos accesorios del horno.
15

4. Dificultad de mantenimiento debido a la complejidad del mecanismo del quemador y de todo el aparato.

En el caso de un quemador en el cual se quema el combustible atomizándolo directamente con oxígeno puro, se producen desperfectos en su extremidad de trabajo en razón de retornos de llama a alta temperatura. Además, en razón de disposiciones especiales, tales como un dispositivo de seguridad para impedir cualquier retorno de llama en el cilindro del quemador,
20 una estructura complicada en la extremidad del quemador para obtener una curva toroidal, y un dispositivo de reglaje de relación para obtener un control proporcional de la relación combustible-aire, todo el dispositivo quemador es complicado, su fabricación es costosa y su mantenimiento dificultoso.
25

30 En razón de los problemas 1 y 2 enumerados más

arriba, el límite de la producción que puede ser obtenida en este procedimiento se considera generalmente del orden del 20% de la energía total aplicada al horno de arco, desde el punto de vista de funcionamiento y desde el punto de vista económico, aunque esto dependa de los factores de rendimiento de los quemadores y del precio de la energía eléctrica, del oxígeno y del aceite combustible. Gracias al invento, la producción aumenta por el mecanismo original que consiste en cortar y fundir la carga fría de chatarra o parecida por medio de los quemadores. Además, en razón de los problemas 3 y 4 mencionados más arriba, se presentan dificultades de mantenimiento, pero gracias a las mejoras introducidas en la construcción de los quemadores para la inyección del oxígeno y del aceite combustible y en los elementos de montaje de los quemadores y otras innovaciones de acuerdo con el invento, se superan estas dificultades y se obtienen las mejoras notables que se describen más adelante.

RESUMEN DEL INVENTO

Un objeto del invento consiste en aportar una solución a los problemas enumerados más arriba que acompañan al procedimiento de alta potencia (procedimiento H.P.) llevado a la práctica conjuntamente con un horno de arco, y que acompañan al procedimiento de combustión auxiliar utilizando quemadores "Shell Toroidal" y en proporcionar un procedimiento y una serie de dispositivos para un horno de arco, por medio de los cuales se aporta una solución a los problemas mencionados más arriba, y es posible obtener un funcionamiento continuo y con rendimiento elevado durante un largo periodo de tiempo en condiciones de estabilidad y productividad elevadas.

Aunque este invento utilice quemadores de aceite especiales para oxígeno-combustible (llamados a continuación

quemadores de oxígeno-combustible) en un horno de arco previsto para fabricar aceros al carbono corrientes y aceros aleados con una carga fría de chatarra de acero como materia prima, su característica principal no consiste solamente en la introducción de energía elevada por medio de quemadores especiales además de energía eléctrica, sino en la utilización de una técnica completa que incluye características tales como la utilización de paredes de horno dotadas de ladrillos carbonáceos y de un dispositivo de refrigeración por agua para impedir los desperfectos producidos por la fusión en los refractarios de la pared del horno eléctrico, un techo de horno dotado de un anillo de refrigeración por agua destinado a aumentar su duración, y un sistema de evacuación de humos para obtener un funcionamiento con rendimiento elevado, así como la organización integrada de los dispositivos utilizados a este efecto.

De acuerdo con un aspecto del invento, en resumen, se proporciona un procedimiento de fabricación de acero en el cual se utiliza un horno de arco para producir aceros corrientes y aceros aleados a partir de una carga fría de chapa de acero como materia prima en el horno de arco, y que consiste en inyectar un aceite combustible y oxígeno en el interior del horno por medio de quemadores de oxígeno-combustible instalados con un ángulo de montaje particular en la pared del horno, realizando así la combustión del aceite combustible para colaborar con el arco para obtener la fusión rápida de la materia prima y, al mismo tiempo, extraer los humos del interior del horno por medio de un dispositivo de evacuación de humos, de modo que el interior del horno esté sometido a una presión negativa para aspirar aire secundario desde el exterior del horno en el interior del mismo, aumentando así el rendimiento de la combustión

del horno.

De acuerdo con el invento en otro aspecto del mismo, se proporciona un aparato de fabricación de acero que incluye un horno de arco para producir aceros corrientes, aceros aleados y metales parecidos a partir de una carga fría de chatarra de acero como materia prima y un dispositivo de evacuación de humos para extraer los gases de combustión y el polvo fuera del interior del horno y, al mismo tiempo, crear una presión negativa en el interior del horno, estando el horno de arco caracterizado por: 1) una pared de horno hecha de ladrillos carbonáceos hasta un punto ligeramente superior a la línea de escoria en el interior del horno y que está refrigerada por cajas enfriadas por agua empotradas en la pared; 2) un techo de horno que tiene una parte externa periférica hecha de ladrillos de magnetita-cromo recubiertos de acero, una parte central alrededor de los agujeros de penetración de los electrodos constituida por una masa comprimida de elevado contenido de alumina, y una parte alrededor de un orificio de escape provista de un anillo enfriado por agua y de una masa comprimida de elevado contenido de alumina dispuesta alrededor; y 3) una multiplicidad de quemadores de oxígeno-combustible que están introducidos con una orientación particular en la pared del horno y que están dotados de medios para proyectar oxígeno y un combustible de modo que una llama de combustión sea inyectada en el interior del horno, y de medios de refrigeración por agua en la parte del quemador que atraviesa la pared del horno, estando la parte de la pared del horno situada alrededor del dispositivo de refrigeración por agua provista de bloques de mampostería de soporte de quemador.

La naturaleza, la utilidad, así como otras características del invento, podrán verse claramente leyendo la si

guiente descripción detallada que se refiere a un ejemplo del modo de realización preferido del invento, tomada conjuntamente con los dibujos que la acompañan y en los cuales las mismas partes están designadas por los mismos números de referencia.

5

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

En los dibujos:

10

La figura 1 es un diagrama de instalación que representa los componentes esenciales y la disposición de los mismos, en un ejemplo de equipo de fabricación de acero según el invento;

la figura 2 es una vista lateral en sección longitudinal, de un quemador de oxígeno-aceite, según el invento;

15

la figura 3 es una vista lateral relativamente ampliada, en sección longitudinal, que ilustra un ejemplo de una pieza del cuerpo de boquilla del quemador ilustrado en la figura 2;

20

la figura 4 es una vista en planta simplificada que representa las posiciones y las orientaciones de instalación de los quemadores de oxígeno-aceite en un horno de arco según el invento;

25

la figura 5 representa una vista simplificada en alzado y en sección vertical que representa el ángulo de instalación de un quemador con relación al plano horizontal;

la figura 6 es una vista en alzado relativamente ampliada, en su mayor parte en sección vertical, que representa unos detalles de la parte de un quemador de oxígeno-aceite que está adaptada y sujeta en el horno;

30

la figura 7 es una vista en alzado simplificada, en sección vertical que representa la construcción de la pared

del horno;

la figura 8 es una vista en alzado, en sección vertical del techo del horno;

5 la figura 9 es una vista en planta que representa la mitad del techo del horno que se ilustra en la figura 8;

la figura 10 es una vista relativamente ampliada, en planta parcial que representa un orificio de salida de humos del techo del horno;

10 la figura 11 es una vista relativamente ampliada, en alzado parcial, en sección vertical, del orificio de salida de humos ilustrado en la figura 10; y

15 la figura 12 es un gráfico o diagrama de tiempos que representa un ejemplo de programa de funcionamiento utilizado para llevar a la práctica el procedimiento según el invento.

DESCRIPCION DETALLADA DEL INVENTO

Organización General del Aparato

El ejemplo de equipo de fabricación de acero según el invento que se ilustra en la figura 1, incluye esencialmente un horno de arco 1, que tiene una pared de horno 2 y un techo de horno 4, una multiplicidad de quemadores de oxígeno-aceite 3 situados en la pared 2 del horno y un sistema de evacuación de humos que incluye un codo de aspiración 6 enfriado por agua conectado con el techo 4 del horno, un conducto 7 enfriado por agua conectado con la extremidad externa del codo 6, una cámara de combustión 8 cuya parte superior está conectada a la otra extremidad del conducto 7, una torre de refrigeración de gas 10, una camisa externa enfriada por agua que conecta la parte superior de la torre de refrigeración de gas 10 con la parte inferior de la cámara de combustión 8, una tubería 11 de circulación

20
25
30

de humos conectada en una extremidad con la parte inferior de la torre 10, un ventilador de evacuación 5 conectado con la otra extremidad de la camisa de aire 11 y que sirve para aspirar los humos a través del techo 4 del horno y a través de las partes mencionadas más arriba del sistema de evacuación de humos, y un filtro de bolsas 12 que atraviesan los humos así aspirados para ser filtrados, saliendo a continuación a la atmósfera.

Se describirán ahora detalladamente los varios componentes que constituyen este equipo de fabricación de acero.

1. Quemadores de Oxígeno-Combustible

De acuerdo con el invento, unos quemadores de oxígeno-combustible especiales 3 están montados en el horno de arco 1 y efectúan una fusión rápida de la chatarra de acero. La función de estos quemadores especiales con respecto a la fusión de la chatarra de acero difiere fundamentalmente de la de los quemadores convencionales incluidos en los equipos auxiliares de fusión, los cuales, con una llama de alta temperatura calientan y provocan la fusión de las cargas frías tales como chatarra de acero.

La función de los quemadores especiales según el invento consiste en: 1) primeramente, calentar al rojo la carga fría constituida, por ejemplo por chatarra de acero, por medio de la combustión del combustible y proyectar una gran cantidad de oxígeno que todavía no ha reaccionado, bajo la forma de un chorro de alta velocidad, (aproximadamente 800 m/segundo) con el fin de desmenuzar y fundir directamente la chatarra de acero o materia parecida y 2) producir una eficaz reacción de oxidación con la materia combustible (por ejemplo el aceite adherido a la chatarra de acero) que se introduce simultáneamente con la chatarra de acero en el horno, aplicándose el calor

resultante a la carga fría constituida por ejemplo por chatarra de acero.

1-1. Mecanismo del quemador

5 Cada uno de estos quemadores de oxígeno -combustible especiales tiene una construcción que se describirá más detalladamente en lo que sigue, gracias a la cual una corriente de mezcla de gas resultante de la atomización de un acei
10 te combustible con aire es proyectada a través del centro de la extremidad activa del cilindro del quemador, y una gran cantidad de oxígeno es proyectada a gran velocidad desde la zona situada alrededor de la corriente central de modo que la rodee. Durante este funcionamiento, el aire de atomización del aceite combusti-
15 ble está obligado a efectuar un movimiento en forma de espiral por una aleta helicoidal dispuesta en el interior del cilindro del quemador y además, se efectúa un mezclado íntimo del aceite combustible y del aire por un impulsor de agitación situado en una cámara mezcladora. Se imparte un movimiento de rotación a es
20 ta corriente de mezcla. Esta corriente de mezcla está obligada por una zona restringida de forma cónica a tomar una velocidad elevada y a salir a través del orificio de inyección constituyen
do una corriente de chorro en forma de barra, que no se difunde en la región circundante antes de recorrer una cierta distancia, estando rodeada durante este recorrido por el oxígeno proyecta-
25 do a gran velocidad a partir de por lo menos otros tres orificios de inyección. Por este motivo, estas corrientes a gran velocidad convergen a una distancia importante y se concentran en un solo punto realizando así el corte y la fusión de la chatarra de acero.

1-2. Construcción del quemador

30 Un ejemplo particular de un quemador se ilus-

tra en las figuras 2 y 3 y se describirá ahora.

Haciendo referencia a la figura 2, se ve que el quemador de oxígeno-combustible 3 está dotado de un cilindro de refrigeración 15 que constituye una envoltura externa con la cual están conectadas una tubería de suministro de agua de refrigeración 13 y una tubería de salida de agua de refrigeración 14. A través de este cilindro de refrigeración 15 y en su línea central longitudinal, se ha introducido un cilindro de quemador 16 adaptado para mezclar un aceite combustible y aire y proyectar la mezcla. Una multiplicidad (tres en este ejemplo) de tuberías de suministro de oxígeno 17 están dispuestas en el interior del cilindro de refrigeración 15 y alrededor del cilindro 16 del quemador.

El cilindro 16 del quemador incluye en su interior una pared divisoria 18 en su parte posterior, y a través de esta pared 18 y a lo largo de la línea central del cilindro 16 del quemador, está dispuesta una tubería relativamente delgada de suministro de aceite combustible 19 de modo que se extiende desde la pared 18 hacia la extremidad frontal o extremidad activa del cilindro del quemador, o hacia la derecha según se ve en las figuras 2 y 3. El espacio así formado entre el cilindro 16 del quemador y el tubo de suministro de combustible 19 constituye un pasillo destinado al aire, que recibe aire por medio de una tubería de suministro de aire 20 conectada con el cilindro 16 del quemador en la parte posterior del conducto de aire. Una aleta helicoidal 21 está situada alrededor del tubo de suministro de combustible 19 a partir de la conexión del tubo de suministro de aire 20 con la extremidad frontal del tubo de suministro de combustible. Delante de la extremidad abierta de la tubería de suministro de combustible 19 y en una posición

tal que corresponda con ella, está dispuesta una estructura de aleta de agitación 22 destinada a efectuar el mezclado del com bustible y del aire. Esta estructura de aleta de agitación 22 está montada en un eje 25 alineado coaxialmente con el tubo de suministro de combustible 19 y montado de manera giratoria en unos elementos de soporte de cojinete 23 y 24 sujetos en la superficie de la pared interna del cilindro 16 del quemador, y es ta aleta gira al ser arrastrada por la corriente de aceite com bustible y aire.

La extremidad frontal de proyección del cilindro 16 del quemador presenta una conicidad que converge hacia un orificio de eyección 26. Las boquillas de descarga de los tubos de suministro de oxígeno 17 mencionados más arriba, están orientadas de tal manera que sus ejes de circulación corten el eje de circulación del orificio de eyección 26 en un punto situado delante del orificio de eyección 26, o río abajo respecto a éste.

Gracias a la construcción del quemador 3 que se acaba de describir, el aceite combustible suministrado a través del tubo de suministro de combustible 19 y el aire suministrado a través del tubo de suministro de aire 20 y que están obligados por la aleta helicoidal 21 situada en el interior del cilindro 16 del quemador a desplazarse con un movimiento de rotación, se unen por delante de la extremidad delantera del tubo de suministro de combustible 19. Como resultado de esta circulación combinada del combustible y del aire, la estructura de aleta de agitación 22 gira, con lo cual el combustible y el aire se mezclan íntimamente y son proyectados en línea recta por el orificio de eyección 26. Al mismo tiempo, el oxígeno procedente de los tubos de suministro de oxígeno 17 es proyectado de tal mane

ra que rodee el chorro de mezcla de combustible-aire hasta que se encuentre con este chorro de mezcla en una región donde se produce la combustión y la generación de la temperatura máxima.

1-3. Número y posiciones de los quemadores

5 Los quemadores de oxígeno-combustible especiales 3 que se utilizan en el aparato según el invento, están instalados en zonas frías de la pared 2 del horno de arco, según se representa en las figuras 4 y 5, estudiando la altura de instalación y el ángulo de inclinación del quemador, (con relación a la horizontal) para obtener el máximo efecto de corte y de fusión de la carga fría de chararra de acero o material parecido introducida en el horno. Cada quemador está pues instalado en el horno en una dirección tal que la prolongación de la línea central de su cilindro de quemador no paso por ninguno de los electrodos 27 y corte el plano de la línea de escoria en un punto situado a una corta distancia de la línea central vertical del horno.

 En el horno de arco de 50 toneladas del ejemplo, estos quemadores 3 están instalados en la pared del horno en unas posiciones situadas aproximadamente 600 a 1.000 mm por encima de la línea de escoria, con un ángulo de inclinación de aproximadamente 20° y en direcciones que no pasan por los electrodos. Además, el número de estos quemadores se elige basándose en factores tales como el tamaño del horno. Las figuras 4 y 5 representan las posiciones y el número de los quemadores de oxígeno-combustible especiales instalados en un horno de arco de 50 toneladas. En este ejemplo, la prolongación de la línea central de cada quemador corta la línea de escoria en un punto situado a una corta distancia de la línea central vertical del horno.

 En general, cuando se instalan quemadores de este tipo en un horno de arco, la extremidad delantera de cada

quemador está sometida no solamente al calentamiento producido por su propia llama de alta temperatura, sino también al calor debido a la llama y que es reflejado por los materiales de combustión en el interior del horno así como al calor radiado por el acero fundido y esta extremidad delantera del quemador se oxida fuertemente y sufre desperfectos.

Estos desperfectos no se limitan a la extremidad delantera de cada quemador de alta temperatura, sino que se producen también de modo análogo en la pared del horno cerca de cada quemador y la frecuencia de dichos desperfectos es muy elevada.

La utilización de un quemador debe ser interrumpida no solamente cuando la extremidad delantera de su cilindro de quemador está deteriorada, sino también cuando se observan desperfectos en la pared del horno. Por consiguiente, una interrupción intermitente del funcionamiento del horno con una frecuencia elevada, da lugar a una reducción del rendimiento de la fabricación de acero y a la subida correspondiente de los gastos de producción.

Además, mientras que un cilindro de quemador deteriorado puede ser cambiado fácilmente, la pared del horno debe ser reparada cada vez que una porción de la misma sufre desperfectos. Por otra parte, para efectuar esta reparación, en razón de la necesidad de formar el orificio de inserción del quemador, es preciso utilizar materiales especiales y costosos, tales como materiales refractarios de forma especial y bloques de mampostería de soporte de quemador con relleno de materiales refractarios de forma indeterminada, tales como refractarios moldeables, dando lugar a un incremento suplementario de los costes de producción.

Otro problema que se plantea en un equipo con-

vencional de este tipo es la proyección de calor y ruido a partir del interior del horno hacia el exterior a través de los intervalos formados entre la parte periférica de cada quemador y la superficie interna del orificio de inserción del quemador, lo que deteriora mucho el ambiente de trabajo.

1-4. Elementos de montaje de los quemadores

El invento prevé la manera de superar estas dificultades proporcionando nuevas mejoras igualmente para los elementos de montaje de los quemadores. Para formar la estructura situada alrededor de los orificios a través de los cuales se introducen los quemadores en el horno, la cual ya que está expuesta a la llama de alta temperatura fuertemente oxidante, es más propensa a ser deteriorada por el calor, se utilizan en lugar de elementos refractarios bloques de soporte de quemador hechos de un metal provisto de una excelente resistencia a la oxidación y de una elevada conductividad térmica tal como el cobre puro, y que tiene un punto de fusión superior a los 1.000°C . Además, alrededor de los bloques de soporte de quemador se sitúan unas cajas de quemador hechas de un metal tal como el acero dotado de una buena conductividad térmica y de una buena resistencia a la oxidación con una resistencia adecuada a altas temperaturas y además relativamente económico. Otra innovación es un dispositivo de estanqueidad constituido esencialmente por una placa de acero y un muelle para ejercer una presión sobre la placa y que está instalado entre cada cuerpo de quemador y el bloque de soporte de quemador correspondiente para cerrar de manera hermética el intervalo formado entre estos elementos. Se describirá ahora con referencia a la figura 6, un ejemplo particular de este dispositivo.

La pared 2 del horno en su parte donde se intro

duce a través de ella cada quemador de oxígeno-aceite 3, está provista de cajas de agua dobles (refrigeración) interna y externa 30 y 31. La caja de agua interna 30 tiene una forma cilíndrica hueca y está provista de un orificio central 32 que permite introducir en ella la extremidad delantera o extremidad activa del quemador 3 y está hecha de un metal tal como cobre puro, que tiene una buena resistencia a la oxidación, una elevada conductividad térmica y un punto de fusión superior a 1.000°C. Esta caja de agua interna 30 está provista de unos orificios de entrada y de salida de agua de refrigeración 34 y 33.

La caja de agua externa 31 está hecha de hierro fácil de trabajar y soporta la caja de agua interna 30 en la pared del horno, 2. Esta caja de agua externa 31 está provista de unos orificios de entrada y de salida de agua de refrigeración, 36 y 35 respectivamente, y sirve para enfriar la extremidad interna de la caja de agua interna 30 y la región de la pared 2 del horno alrededor del orificio 32 de penetración del quemador.

Aunque esto no haya sido ilustrado en los dibujos, dicho quemador de oxígeno-combustible 3 está provisto de un bastidor móvil que puede desplazarse libremente hacia adelante (adelantado) y hacia atrás (retraído), de un mecanismo adaptado para arrastrar el bastidor móvil y que está accionado por un motor con el objeto de desplazar el bastidor hacia adelante y hacia atrás, así como de unas piezas auxiliares. El quemador 3 tiene una pestaña fija 37 en una posición particular de su parte posterior y una placa de estanqueidad móvil en forma de anillo 38 que está adaptada de manera deslizante alrededor del quemador y delante de la pestaña fija 37. Esta placa de estanqueidad 38 está conectada a la pestaña fija 37 por medio de un muelle helicoidal de compresión 39 situado entre estos elementos y al-

rededor del quemador 3, pudiendo así efectuar un movimiento hacia atrás conservando sin embargo, una fuerza elástica para efectuar un movimiento de deslizamiento hacia adelante cuando se empuja a partir de la parte delantera.

5 El quemador de oxígeno-combustible 3 con sus elementos accesorios de la construcción descrita más arriba, está montado en su posición de funcionamiento, de la siguiente manera. Se desplaza hacia delante el quemador y su extremidad delantera se introduce en el orificio de inserción 32 del quemador. A continuación, conforme la distancia de esta penetración del quemador aumenta, la placa de estanqueidad 38, que ha entrado en contacto con la extremidad externa de la caja de agua interna 30 y ha sido parada por ésta, se aplica con una fuerza creciente contra la cara extrema externa de la caja de agua 30 y de este modo
10 cierra herméticamente el intervalo entre el quemador 3 y la caja de agua interna 30. El estado resultante de estas piezas está indicado por líneas de puntos dobles en la figura 6.

15 Cuando las piezas descritas más arriba ocupan la posición adecuada, se inyecta una llama desde la extremidad delantera del quemador 3. Por consiguiente, la extremidad delantera del quemador 3 está sometida a un calor elevado debido no solamente al calentamiento del mismo quemador, sino también al calor reflejado de los materiales de combustión, al calor de radiación del acero fundido, y a otras fuentes, pero sin embargo
20 esta extremidad del quemador está enfriada por el agua de refrigeración que fluye a través de la caja de agua interna 30. Además, la caja de agua interna 30 y la pared 2 del horno en su parte que rodea las piezas de soporte del quemador son enfriadas por el agua de refrigeración que fluye a través de la caja de agua externa 31.
25 Por consiguiente, las partes del quemador 3 y de la pared 2 del
30

horno sometidas a un calor elevado son ampliamente refrigeradas y mantenidas en condiciones de seguridad.

Otro dispositivo de seguridad del montaje de quemador descrito más arriba, consiste en que, ya que el intervalo entre la caja de agua interna 30 y el quemador 3 en el orificio 32 está herméticamente cerrado por la placa de estanqueidad 38, se impide la proyección hacia el exterior de las llamas y del calor presentes en el interior del horno y el ruido generado en el horno no puede propagarse hacia el exterior.

1-5. Rendimiento del quemador y otros detalles

La tabla 1 indica, para unos quemadores de oxígeno-combustible 3 especiales instalados en un horno de arco, las cantidades normal y máxima de aceite combustible, oxígeno y aire gastadas para producir una tonelada de acero fundido con un elevado rendimiento.

TABLA I

Consumo de aceite, oxígeno y aire durante el funcionamiento del horno de arco con quemadores de oxígeno-combustible especiales

Fluido gastado	Consumo normal	Consumo máximo
Aceite	6,0 l/t	8,0 l/t
Oxígeno	35 Nm ³ /t (28 Nm ³ /t para quemador)	55 Nm ³ /t (42 Nm ³ /t para quemador)
Aire	2,0 Nm ³ /t	2,5 Nm ³ /t

A título de ejemplo, en la tabla 2 se indican los detalles de un ejemplo de funcionamiento experimental con

elevado rendimiento relacionado con un horno de arco de capacidad nominal de 50 toneladas, en el cual se utilizan los quemadores de oxígeno-combustible especiales según el invento. Las características de un quemador de oxígeno-combustible especial se ilustran en la tabla 3.

5

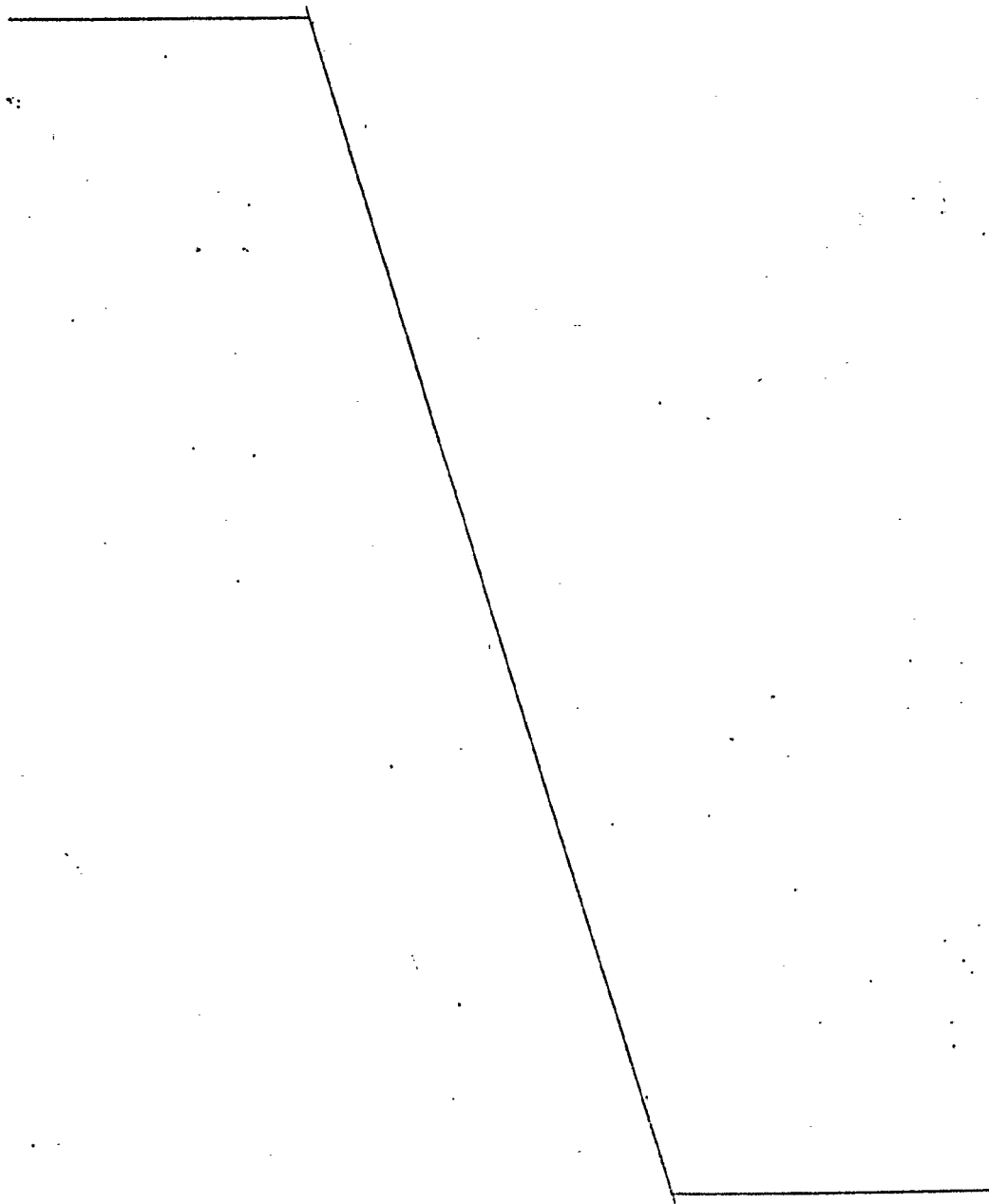


TABLA 2

Nº de cargas	Nº de serie de la carga	Tiempo de comienzo de la operación horas:minutos	Tiempo para: fusión minutos	Tiempo refinado minutos	Tiempo para: reparación minutos	Tiempo fabricación acero (sangrado a sangrado) horas minutos	Peso de chatarra cargada (t)	Peso de lingote obtenido (t)	Consumo total de aceite (L)	Consumo de aceite por cada ton. de ling. (L/t)	Consumo total de oxígeno (Nm ³)	Con: oxif cada ling
1	2398	6 14	45	14	8	1 07	52.300	49.260	291	5,9	2040	4
2	2399	7 21	46	13	6	1 05	52.580	49.460	268	5,4	2020	4
3	2400	8 26	48	13	6	1 07	53.200	48.280	272	5,6	2180	4
4	2401	9 33	50	12	7	1 09	52.640	47.020	287	6,1	2080	4
5	2402	10 42	47	11	8	1 06	53.460	47.920	278	5,8	1850	4
6	2403	11 48	50	13	6	1 09	52.935	49.460	273	5,5	2130	4
7	2404	12 57	48	12	6	1 06	52.820	47.130	277	5,9	2110	4
8	2405	14 03	48	14	8	1 10	53.100	49.180	291	5,9	2290	4
9	2406	15 13	51	10	6	1 07	52.580	49.080	311	6,3	2270	4
10	2407	16 20	43	12	7	1 02	52.510	48.130	310	6,4	2280	4
11	2408	17 22	48	12	5	1 05	52.660	47.500	308	6,5	2210	4
12	2409	18 27	46	13	7	1 06	52.760	50.080	338	6,8	2300	4
13	2410	19 33	43	10	7	1 00	51.180	48.100	312	6,5	2020	4
14	2411	20 33	47	11	6	1 04	52.540	49.520	312	6,3	2250	4
15	2412	21 37	52	13	6	1 11	52.120	49.390	295	6,0	2270	4
16	2413	22 48	47	15	6	1 08	52.580	49.790	252	5,1	2200	4
17	2414	23 55	49	12	6	1 07	52.640	49.480	296	6,0	2350	4
18	2415	1 04	50	13	6	1 09	51.960	47.490	265	5,6	2260	4
19	2416	2 12	48	14	6	1 08	52.200	48.580	277	5,7	2380	4
20	2417	3 17	47	12	6	1 05	51.940	47.350	280	5,9	2300	4
21	2418	4 26	51	12	6	1 09	52.420	48.680	295	6,1	2360	4
22	2419	5 36	52	11	7	1 10	52.280	48.670	296	6,1	2320	4
Promedio			48	12	6	1 07	52.520	48.616	290	6,0	2191	4

tipo fabricación no (sangrado a grade) is minutos	Peso de chatarra cargada (t)	Peso de lingote obtenido (t)	Consumo total de aceite (l)	Consumo de aceite por cada ton. de ling. (l/t)	Consumo total de oxígeno (m ³)	Consumo de oxígeno por cada ton. de lingote (m ³ /t)	Consumo de energía total (kwh)	Consumo energía total por cada ton. de ling. (kwh/t)
07	52.300	49.260	291	5,9	2040	41,4	17.700	359
05	52.580	49.460	268	5,4	2020	40,8	16.000	335
07	53.200	48.280	272	5,6	2180	45,0	16.300	337
09	52.640	47.020	287	6,1	2080	44,2	15.900	338
06	53.460	47.920	278	5,8	1850	38,6	16.400	344
09	52.935	49.460	273	5,5	2130	43,1	17.100	346
06	52.820	47.130	277	5,9	2110	44,8	16.600	352
10	53.100	49.180	291	5,9	2290	46,6	16.600	337
07	52.580	49.080	311	6,3	2270	46,3	17.200	350
02	52.510	48.130	310	6,4	2280	47,4	15.100	314
05	52.660	47.500	308	6,5	2210	46,5	16.200	341
06	52.760	50.080	338	6,8	2300	45,9	16.300	326
00	51.180	48.100	312	6,5	2020	42,0	14.700	306
04	52.540	49.520	312	6,3	2250	45,4	15.500	313
11	52.120	49.390	295	6,0	2270	46,0	16.400	332
08	52.580	49.790	252	5,1	2200	44,2	16.600	333
07	52.640	49.480	296	6,0	2350	47,5	16.100	325
09	51.960	47.490	265	5,6	2260	47,6	16.200	341
08	52.200	48.580	277	5,7	2380	49,0	16.200	334
05	51.940	47.350	280	5,9	2300	48,6	16.200	343
09	52.420	48.680	295	6,1	2360	48,5	16.400	338
10	52.280	48.670	296	6,1	2320	47,7	15.300	315
07	52.520	48.616	290	6,0	2191	45,1	16.250	335

TABLA 2

Nº de cargas	Nº de serie de la carga	Tiempo de comienzo de la operación		Tiempo para:			Tiempo fabri acero (sangr sangrado)		
		horas	minutos	fusión minutos	refinado minutos	reparacion minutos	horas	minu	
5	1	2398	6	14	45	14	8	1	07
	2	2399	7	21	46	13	6	1	05
	3	2400	8	26	48	13	6	1	07
	4	2401	9	33	50	12	7	1	09
	5	2402	10	42	47	11	8	1	06
10	6	2403	11	48	50	13	6	1	09
	7	2404	12	57	48	12	6	1	06
	8	2405	14	03	48	14	8	1	10
	9	2406	15	13	51	10	6	1	07
	10	2407	16	20	43	12	7	1	02
15	11	2408	17	22	48	12	5	1	05
	12	2409	18	27	46	13	7	1	06
	13	2410	19	33	43	10	7	1	00
	14	2411	20	33	47	11	6	1	04
	15	2412	21	37	52	13	6	1	11
20	16	2413	22	48	47	15	6	1	08
	17	2414	23	55	49	12	6	1	07
	18	2415	1	04	50	13	6	1	09
	19	2416	2	12	48	14	6	1	08
	20	2417	3	17	47	12	6	1	05
25	21	2418	4	26	51	12	6	1	09
	22	2419	5	36	52	11	7	1	10
Promedio					48	12	6	1	07

Tiempo para:			Tiempo fabricación		Peso de chatarra cargada (t)	Peso de lingote obtenido (t)	Consumo total de aceite (l)	Consumo aceite cada ling
fusión minutos	refinado minutos	reparacion minutos	acero (sangrado a sangrado) horas	minutos				
45	14	8	1	07	52.300	49.260	291	
46	13	6	1	05	52.580	49.460	268	
48	13	6	1	07	53.200	48.280	272	
50	12	7	1	09	52.640	47.020	287	
47	11	8	1	06	53.460	47.920	278	
50	13	6	1	09	52.935	49.460	273	
48	12	6	1	06	52.820	47.130	277	
48	14	8	1	10	53.100	49.180	291	
51	10	6	1	07	52.580	49.080	311	
43	12	7	1	02	52.510	48.130	310	
48	12	5	1	05	52.660	47.500	308	
46	13	7	1	06	52.760	50.080	338	
43	10	7	1	00	51.180	48.100	312	
47	11	6	1	04	52.540	49.520	312	
52	13	6	1	11	52.120	49.390	295	
47	15	6	1	08	52.580	49.790	252	
49	12	6	1	07	52.640	49.480	296	
50	13	6	1	09	51.960	47.490	265	
48	14	6	1	08	52.200	48.580	277	
47	12	6	1	05	51.940	47.350	280	
51	12	6	1	09	52.420	48.680	295	
52	11	7	1	10	52.280	48.670	296	
48	12	6	1	07	52.520	48.616	290	

so de atarra rgada (t)	Peso de lingote obtenido (t)	Consumo total de aceite (l)	Consumo de aceite por cada ton. de ling. (l/t)	Consumo total de oxígeno (Nm ³)	Consumo de oxígeno por cada ton. de lingote (Nm ³ /t)	Consumo de energía total (kwh)
2.300	49.260	291	5,9	2040	41,4	17.700
2.580	49.460	268	5,4	2020	40,8	16.000
3.200	48.280	272	5,6	2180	45,0	16.300
2.640	47.020	287	6,1	2080	44,2	15.900
3.460	47.920	278	5,8	1850	38,6	16.400
2.935	49.460	273	5,5	2130	43,1	17.100
2.820	47.130	277	5,9	2110	44,8	16.600
3.100	49.180	291	5,9	2290	46,6	16.600
2.580	49.080	311	6,3	2270	46,3	17.200
2.510	48.130	310	6,4	2280	47,4	15.100
2.660	47.500	308	6,5	2210	46,5	16.200
2.760	50.080	338	6,8	2300	45,9	16.300
1.180	48.100	312	6,5	2020	42,0	14.700
2.540	49.520	312	6,3	2250	45,4	15.500
2.120	49.390	295	6,0	2270	46,0	16.400
2.580	49.790	252	5,1	2200	44,2	16.600
2.640	49.480	296	6,0	2350	47,5	16.100
1.960	47.490	265	5,6	2260	47,6	16.200
2.200	48.580	277	5,7	2380	49,0	16.200
1.940	47.350	280	5,9	2300	48,6	16.200
2.420	48.680	295	6,1	2360	48,5	16.400
2.280	48.670	296	6,1	2320	47,7	15.300
2.520	48.616	290	6,0	2191	45,1	16.250

Consumo de oxígeno por cada ton. de lingote (Nm ³ /t)	Consumo de energía total (kwh)	Consumo energía total por cada ton. de ling. (kwh/t)
41,4	17.700	359
40,8	16.000	335
45,0	16.300	337
44,2	15.900	338
38,6	16.400	344
43,1	17.100	346
44,8	16.600	352
46,6	16.600	337
46,3	17.200	350
47,4	15.100	314
46,5	16.200	341
45,9	16.300	326
42,0	14.700	306
45,4	15.500	313
46,0	16.400	332
44,2	16.600	333
47,5	16.100	325
47,6	16.200	341
49,0	16.200	334
48,6	16.200	343
48,5	16.400	338
47,7	15.300	315
45,1	16.250	335

TABLA 3
Características del quemador de oxígeno

Característica	Valor numérico
<u>Dimensiones del cuerpo del quemador</u>	
Longitud del cilindro del quemador	650 mm
Diámetro externo del cilindro del quemador	665 mm
Diámetro del tubo de suministro de aceite	10 mm
Diámetro del tubo de suministro de oxígeno	5 mm
<u>Capacidades de suministro de fluido</u>	
Aceite combustible	Max. 500 l/h (a 2 Kg/cm ²)
Oxígeno	Max. 1.000 Nm ³ /h (a 7 Kg/cm ²)
Aire	Max. 150 Nm ³ /h (a 4 Kg/cm ²)
<u>Carrera del cuerpo del quemador</u>	
Longitud introducida en el horno	250 mm
Longitud de retroceso fuera del horno	600 mm

2. Paredes y techo del horno

25 Durante el funcionamiento del equipo de fabricación de aceros según el invento, se utilizan los quemadores de oxígeno-combustible especiales que se acaban de describir para inyectar la energía elevada generada por la combustión del aceite combustible en el horno de arco, produciendo así la fusión rápida de

30 la chatarra de acero. Para realizar esta operación durante un lar

go periodo de tiempo de manera estable, la pared 2 y el techo 4 del horno de arco 1 deben tener una amplia resistencia para soportar el calor elevado. Este invento aporta una solución a este problema gracias a la utilización de innovaciones especiales en los propios refractarios de pared y de techo del horno, y en su construcción que se describe más adelante.

2-1. Refractarios de la pared del horno

La pared 2 del horno de arco tiene en el equipo según el invento, una construcción en la cual esencialmente, unos ladrillos carbonáceos especiales y unos medios de refrigeración por agua se combinan y se ensamblan bajo la forma de varias capas intercaladas.

En general, la pared de un horno destinado a la fusión de metales debe presentar una excelente resistencia al fuego y a la erosión, unas propiedades de aislamiento térmico, y una elevada resistencia a las temperaturas altas. Aunque estos requisitos sean aplicables a otros hornos de recalentamiento, en un horno de fabricación de acero previsto para fabricar acero partiendo de chatarra de acero como materia prima, existe una necesidad particular de una excelente resistencia a los desperfectos tales como el desconchado de las superficies de los ladrillos del horno.

Para satisfacer estos requisitos, se conoce como procedimiento eficaz la utilización como matriz de ladrillos carbonáceos obtenidos por aglomeración de carbono con un material refractario tal como magnesita y que presentan una temperatura de ablandamiento de 1.500 a 1.900°C, y una resistencia al calor y al desconchado, y una resistencia a las temperaturas elevadas que son superiores a las de los demás ladrillos de pared de horno. Sin embargo, los ladrillos carbonáceos presentan algunas de

ficiencias tales como la reducción de su resistencia al ataque de la escoria a altas temperaturas y un elevado valor de conductividad térmica que es aproximadamente diez veces el de un ladrillo refractario corriente.

5 De acuerdo con el invento, la pared de horno de arco incluye refractarios de pared de horno en los cuales, por el contrario, se aprovecha la característica de elevada conductividad térmica de los ladrillos carbonáceos para obtener refractarios de pared de calidad superior en el horno de arco de fabricación de acero, que presentan una combinación de excelente resistencia al calor, resistencia al ataque de la escoria y elevada resistencia a altas temperaturas. Más precisamente, la pared del horno que se eleva a partir de un punto situado un poco por encima de la línea de escoria en el horno de arco está hecha de ladrillos carbonáceos, y además, se sitúan un cierto número de hileras de dispositivos de refrigeración por agua de tal manera que los ladrillos carbonáceos estén interpuestos y situados entre estos medios. Gracias a esta construcción, se impide una elevación excesiva de la temperatura de los ladrillos carbonáceos propiamente dichos, con lo cual se aumenta la resistencia de los ladrillos carbonáceos al ataque de las escorias, y se utilizan eficazmente tan solo las otras características adecuadas de estos ladrillos.

15 Los ladrillos carbonáceos empleados en la práctica del invento tienen un contenido de carbono superior al 99%, una porosidad de 28 a 29%, una densidad aparente de 1,5 a 1,6, y una conductividad térmica de 120 a 150 kcal/m.h. °C.

25 Haciendo referencia a la figura 7, se ve que el horno de arco 1 ilustrado en ésta tiene una pared superior 2 que se eleva a partir de un nivel situado aproximadamente 200 mm encima de la línea de escorias 40 y hecha de ladrillos carbonáceos.

30

Esta pared 2 del horno contiene una multiplicidad de hileras (tres en el ejemplo ilustrado) de cajas refrigeradas por agua incorporadas 41, estando la hilera inferior situada 300 a 500 mm por encima de la línea de escoria 40 y estando las demás hileras distribuidas sucesivamente hacia arriba a partir de la primera con intervalos de separación del orden de 300 mm.

Cuando el espesor de la pared 2 del horno es del orden de 350 mm, por ejemplo, cada caja enfriada por agua 41 tiene una dimensión paralela a la dirección del espesor de la pared 2 del horno, del orden de 200 mm, y una altura aproximadamente de 130 mm, y está dispuesta más cerca de la superficie externa de la pared del horno. En un ejemplo de esta caja enfriada por agua 41 instalada en una pared de horno de un espesor del orden de 350 mm (espesor de los ladrillos carbonáceos) y que tiene dimensiones de sección transversal de 130 x 200 mm aproximadamente, se ha suministrado agua de refrigeración bajo una presión de 2 kg/cm^2 , con una velocidad de circulación en el interior de la caja de 9,5 a 10 m/minuto. La razón de ello consiste en que gracias a la utilización de una gran superficie de contacto con los ladrillos carbonáceos para aumentar el efecto de refrigeración y con ello reducir el efecto sobre la atmósfera en el interior del horno, y manteniendo constantemente la superficie de sección transversal de la caja 41 en un valor inferior a $0,03 \text{ m}^2$ para facilitar la rotura y el acabado de los ladrillos durante el trabajo de mampostería y para mantener la velocidad de circulación en el interior de la caja en un valor superior a 8m/minuto, es posible conseguir los objetos del invento.

Además, en cada hilera la caja 41 enfriada por agua puede tener la forma de una sola estructura continua en forma de anillo, o puede estar dividida a lo largo de la circunferencia en tres o cuatro bloques, que están provistos cada uno de una

circulación de agua refrigerante que pasa por unos tubos de entrada y de salida de agua refrigerante conectados con ellos. De este modo, dividiendo la caja 41 refrigerada por agua situada en cada hilera como en el dispositivo mencionado en último lugar, es posible facilitar el trabajo de mantenimiento y de reparación cuando se producen defectos tales como escapes de agua.

Aunque en el ejemplo ilustrado en la figura 7 se empleen tres hileras de cajas 41 enfriadas por agua, y la caja 41 de cada bloque está dividida en tres bloques, el número de hileras (por ejemplo 2 ó 4) y el número de divisiones (por ejemplo 2, 3 ó 4) de la caja enfriada por agua situada en cada hilera, pueden elegirse adecuadamente de acuerdo con unos factores tales como el tamaño del horno de arco.

Haciendo pasar el agua de refrigeración a través de las cajas 41 enfriadas por agua en el interior de la pared 2 del horno del tipo de construcción descrito más arriba, la pared del horno se enfría en razón de la elevada conductividad térmica de los ladrillos carbonáceos. Por tanto, se impide el calentamiento de los ladrillos carbonáceos a una temperatura elevada, y no pueden producirse fácilmente los desperfectos debidos a la adherencia de óxidos metálicos tales como óxido de hierro. Al mismo tiempo, la pared 2 del horno conserva y puede desarrollar totalmente su elevada resistencia al calor, su elevada resistencia a la disociación y su elevada resistencia a las altas temperaturas que son las ventajas características de los ladrillos carbonáceos. Por tanto, este horno de arco para fabricación de acero presenta un rendimiento general muy alto.

A título de ejemplo, hemos efectuado una serie de experimentos con un horno de arco de una capacidad de calentamiento nominal de 50 toneladas en el cual se combinan ladrillos

carbonáceos y dispositivos de refrigeración por agua en la pared del horno, y que se ha hecho funcionar con un elevado rendimiento utilizando tres quemadores de oxígeno especiales. Como resultado de estas pruebas se ha comprobado que la pared del horno tenía una vida útil de 240 cargas en la parte de la zona caliente de la pared del horno donde la distancia entre un electrodo y la pared del horno es la más corta, y una vida total de 1.440 cargas efectuando reparaciones en esta zona. También se ha comprobado que el consumo de unidades de ladrillos de la pared del horno en el transcurso de los últimos 6 meses de utilización de este procedimiento ha sido inferior a 1,8 kg/tonelada. Este resultado es excelente ya que es la mitad o la tercera parte del consumo de unidades de ladrillos que se producen cuando se utilizan los ladrillos de manera convencional.

15 2-2. Refractarios del techo del horno

El techo del horno de arco utilizado en la práctica del invento debe hacerse con refractarios para techo de horno capaces de soportar elevadas temperaturas y que tienen una larga vida útil para que sea posible obtener un funcionamiento estable y eficaz del horno de arco en un largo periodo de tiempo. A este efecto, se utilizan ladrillos de magnesita-cromo recubiertos de acero para el material refractario de la parte periférica externa del techo del horno; una masa de relleno con elevado contenido de alumina (Al_2O_3) en la parte central del techo del horno alrededor de los agujeros de penetración de los electrodos; y se sitúa un aro enfriado por agua en el agujero de descarga de humos donde los desperfectos y las pérdidas de refractarios son más importantes en techos de hornos de este tipo, situando alrededor de este aro una masa de relleno con elevado contenido de alumina.

30 En general, para los techos refractarios de

horno de arco para fabricación de acero, se han utilizado hasta la fecha ladrillos de sílice (con un contenido de sílice superior al 96%) y ladrillos de bauxita, que presentan una excelente resistencia al calor y una excelente resistencia mecánica a temperaturas elevadas y son relativamente económicos. Sin embargo, cuando se han desarrollado el procedimiento U.H.P y el procedimiento de combustión auxiliar ya mencionado, y que se inyecta una cantidad elevada de energía en el horno, la durabilidad de los ladrillos de sílice convencionales empezó a ser insuficiente y por tanto, se empezó a aumentar el contenido de alumina del ladrillo o adoptar ladrillos de magnesita-cromo. A pesar de estas precauciones, sin embargo, cuando se utiliza además un colector de polvo del tipo de evacuación directa para mejorar el ambiente de la fábrica de acero y sus alrededores, no es posible evitar una reducción de la vida útil de los refractarios del techo del horno en razón de los desperfectos producidos por la fusión en la región periférica del agujero de evacuación de humos formado en el techo de los hornos de la técnica anterior.

De acuerdo con este invento, es posible aumentar la durabilidad del techo del horno y obtener los objetos originales del invento, utilizando un anillo enfriado por agua recientemente inventado del tipo que se describe más adelante, en el agujero de descarga de humos formado en el techo del horno.

Más precisamente, según se ilustra en las figuras 8 a 11, el anillo refrigerado por agua mencionado más arriba situado en el techo 4 del horno tiene un cuerpo de anillo 42 refrigerado por agua que se instala por un método el cual, contrariamente al método convencional, que consiste en instalar en el techo del horno los elementos refractarios después de efectuar su ensamblado, consiste en instalar el cuerpo 42 del anillo empo

trado en los refractarios y en fijar este cuerpo con un tornillo 45 por medio de un soporte 44 en un bastidor 43 de anillo de techo de horno enfriado por agua, estando la estructura que rodea este cuerpo de anillo enfriado por agua 42 constituida por una
5 masa de relleno 46 con elevado contenido de alumina. El anillo enfriado por agua 42 está provisto de un tubo de suministro de agua de refrigeración 47 y de un tubo de descarga de agua 48 conectados con él.

Hasta la fecha, los refractarios del agujero de escape de humos del horno habían sido sometidos a los desperfectos y a la dilatación del agujero debidos al paso del gas a alta temperatura procedente del interior del horno hasta que llegaban a ser inutilizables, reduciendo así la vida útil de todo el techo del horno. De acuerdo con el invento, sin embargo, la utilización del
10 anillo enfriado por agua 42 permite impedir una reducción de la vida útil del techo del horno debida a la dilatación del agujero de descarga de gases prolongando así la vida de todo el techo del horno.

En unas pruebas, en las cuales se instaló un
20 techo de horno 4 de acuerdo con el invento, en un horno de arco de 50 toneladas, haciendo funcionar el horno con elevado rendimiento, se comprobó que la vida útil de la masa de relleno con elevado contenido de alumina situada en la parte central del techo del horno, era de 120 a 130 cargas, y que la vida útil de la parte de
25 ladrillos de magnesita-cromo recubiertos de acero situados en la parte periférica externa y del agujero de evacuación de gases provisto del arco refrigerado por agua 42, era de 240 a 250 cargas.

Por consiguiente, si la parte central del techo 4 del horno se reconstruye después de 120 a 130 cargas, la
30 vida útil de todo el techo del horno será de 240 a 250 cargas. En

comparación con estas cifras, cuando se instala un aro enfriado por agua en los ladrillos refractarios después de instalar éstos, como en el procedimiento convencional, la vida útil del agujero de evacuación de humos es de 100 a 120 cargas. Si se retiran los refractarios de esta parte conjuntamente con la parte central, las demás partes de ladrillos de magnesita-cromo se desmoronarán, y la vida del techo de horno completo no será diferente de la vida de la parte central y de la zona donde está situado el agujero de descarga de humos.

10 3. Sistema de Evacuación de Humos

Para aumentar el rendimiento de combustión de los quemadores de oxígeno-combustible especiales, es indispensable efectuar una regulación de la presión en el interior del horno de arco durante la operación de fusión. Como resultado de nuestros estudios, se ha comprobado que este rendimiento de combustión se eleva manteniendo el interior del horno a una presión negativa situada en la gama de -0,5 a -2,5 mm de H₂O.

Se ha comprobado que si esta presión es superior a -0,5 mm de H₂O, la cantidad de aire aspirada en el horno a partir del exterior será pequeña, con lo cual los combustibles cargados conjuntamente con la carga fría de chatarra o material parecido no quemará suficientemente, y el rendimiento térmico de los quemadores disminuirá notablemente. Si la presión en el interior del horno es superior a la presión atmosférica, las llamas serán proyectadas a partir de los orificios del horno. Por otra parte, si la presión es inferior a -2,5 mm de H₂O, la cantidad de aire que penetrará en el horno será importante, dando lugar a una fuerte erosión de los electrodos y de la pared del horno, y al mismo tiempo, ya que se descargan gases a alta temperatura a través del orificio de salida de humos, la posibilidad de que

se produzcan dificultades relacionadas con el agujero de descarga de humos y el sistema de evacuación de humos aumentará. Por consiguiente, por los motivos indicados más arriba, el sistema de evacuación de humos según el invento es del tipo de aspiración directa capaz de mantener la presión en el interior del horno entre -0,5 y -2,5 mm de H₂O.

Para aumentar el rendimiento de combustión de los quemadores de oxígeno-combustible especiales, la presión en el horno de arco en el momento de la fusión del acero se mantiene siempre negativa, y se aspira aire a través de unos orificios tales como la compuerta de escoria en el horno. Por tanto, el sistema de evacuación de humos utilizado en la práctica del invento, debe, en este sentido, ser un sistema de evacuación de humos del tipo de aspiración directa.

A título de ejemplo, se estudiará la capacidad (volumen de gas tratado) de un sistema de evacuación de humos instalado con un horno de arco de una capacidad nominal de 50 toneladas. Este horno está provisto de los quemadores de oxígeno-combustible especiales, de un recubrimiento de paredes del horno, de dispositivos de refrigeración por agua, y de los demás dispositivos originales previstos para obtener una larga vida útil que se han descrito más arriba, haciendo funcionar el horno con alto rendimiento como componente principal de un equipo de fabricación de acero integrado y utilizando la técnica de utilización según el invento.

Este horno de arco tenía un recinto de un diámetro interno de 5,1 metros y un transformador de una capacidad de 22.000 kVA, y además estaba provisto de tres quemadores de oxígeno-combustible especiales. Las especificaciones básicas de funcionamiento de este horno estaban previstas para un consumo

unitario de aceite de 6 litros/tonelada (de acero) un consumo unitario de oxígeno de 35 Nm³/tonelada (28 Nm³/tonelada para los quemadores solamente), un consumo unitario de energía eléctrica de 360 kWh/tonelada, y un tiempo entre sangrado y sangrado de 1 hora 10 minutos.

Se supondrá ahora que los demás combustibles (por ejemplo aceite, grasa y otra materia combustible adherida a la chatarra) introducidos en el horno al mismo tiempo que el aceite combustible inyectado en él a través de los quemadores y al mismo tiempo que la chatarra de acero, el coque de mezclado y recarburación, así como otras materias, se queman completamente con el oxígeno inyectado al mismo tiempo a través de los quemadores durante el periodo de función del acero transformándose en CO₂, H₂O y otros productos, compensándose cualquier falta de oxígeno por medio del oxígeno contenido en el aire que penetra en el interior del horno a través de unos orificios tales como la compuerta de extracción de escorias, obteniéndose así una combustión completa.

En estas condiciones, la cantidad total o caudal de gases de escape procedentes del horno es aproximadamente de 375 Nm³/minuto, y su temperatura se calcula en 1.300°C aproximadamente. Este gas a alta temperatura puede mezclarse con el aire aspirado a través de los intervalos formados entre el codo de aspiración enfriado por agua y el conducto enfriado por agua y el aire aspirado a través de otros orificios en los conductos enfriados por agua. Para obtener un gas mezclado con una temperatura final de 600°C, se necesita la penetración de aproximadamente 600 Nm³/minuto de aire. Por tanto, el caudal de aspiración total necesario es de 975 Nm³/minuto. Para una temperatura de tratamiento de 250°C, este caudal total pasa a ser aproximadamente

de 1.870 m³/minuto.

Además, se utiliza un sistema de limpieza de gas que incluye unos filtros del tipo de bolsas en el sistema de evacuación de humos según el invento. Las bolsas del filtro están hechas de fibra tratada con sílica y se limpian periódicamente por circulación inversa del aire de limpieza con un caudal de aproximadamente 300 m³/minuto. Este caudal añadido al total obtenido más arriba da un caudal total de aproximadamente 2.170 m³/minuto que representa el caudal volumétrico total de gases de escape que ha de ser tratado, es decir, la capacidad de tratamiento del sistema de evacuación de humos. A partir de este resultado, y teniendo en cuenta la posibilidad de aumentar la capacidad deseada, se eligió una capacidad de diseño de 2.200 m³/minuto (a 250°C).

4. Ejemplo de Utilización Práctica

Un ejemplo particular de utilización práctica se describirá ahora detalladamente con relación a un ejemplo de un equipo de fabricación de acero de acuerdo con el invento, que incluye un horno de arco de 50 toneladas que tiene las siguientes características.

4-1. Fusión con elevado rendimiento

Las características del horno de arco según el invento se indican en la tabla 4. En este horno, se utilizaron tres quemadores de oxígeno-aceite especiales del tipo indicado en la tabla 3. Las características de construcción de este horno y de las piezas relacionadas con él son las que se indican más arriba, y se utilizó un sistema de evacuación de humos que presenta las características indicadas en la tabla 5.

TABLA 4

Características del horno de arco de 50 toneladas

Componente	Característica	Especificación
Estructura del horno		
5	Capacidad nominal	50 toneladas
	Cantidad de la carga (real)	54 toneladas
	Diámetro interno del recinto	5.100 mm
	Altura del recinto	3.635 mm
	Profundidad del baño fundido	850 mm
10	Volumen interno del horno	40 m ³
Transformador		
15	Capacidad	22.000 kVA
	Tensión en el primario	22 kV
	Tensión en el secundario	145 - 400 V
	Tensión nominal del secundario	366 V
	Corriente nominal	31.700 A
Electrodos		
20	Diámetro	457,2 mm (18 pulgadas)

TABLA 5

Características del sistema de evacuación de humo

	Característica	Especificación
25	Tipo de aspiración	Parte superior del horno, tipo de aspiración directa
	Tipo de filtro	Filtro del tipo de bolsas
30	Cantidad de gas que ha de ser tratada	22.000 m ³ /minuto (a 250°C)
	Zona de infiltración	3.000 m ² (aproximadamente)
	Motor del ventilador	450 kW, 1.200 rpm

El horno de arco indicado en la tabla 4, teniendo en cuenta la capacidad de su transformador, está incluido en la gama de los de tratamiento de alta potencia, pero, como horno de este tipo se sitúa actualmente en el lado inferior de esta gama. Sin embargo, mediante un funcionamiento con alto rendimiento y gracias al aparato según el invento, es posible acortar en una hora el tiempo necesario para fabricar el acero (entre sangrado y sangrado). Con dos de estos hornos de arco la producción anual de lingote fundido en continuo es aproximadamente de 600.000 toneladas.

En general, la capacidad de producción de un horno de arco puede expresarse por el número de cargas diarias (24 horas). Sin embargo, la capacidad de un horno de arco de una capacidad nominal del orden de 50 toneladas es normalmente de 8 a 10 cargas por día, e incluso en el caso en el que se emplea un procedimiento de alto rendimiento, por ejemplo un procedimiento U.H.P. o el procedimiento F.O.S., se estima que es de 12 a 14 cargas por día. Sin embargo, se ha comprobado que utilizando el procedimiento y el aparato según el invento, se obtienen de 20 a 22 cargas por día en funcionamiento continuo durante un largo período de tiempo.

Aunque la tabla 2 indique los resultados de rendimiento de funcionamiento en un día, esta tabla permite observar numerosas características originales. Por ejemplo, el tiempo de fabricación del acero (entre sangrado y sangrado) es de una hora como mínimo y como máximo de 1 hora y 11 minutos, con un promedio de 1 hora y 7 minutos, es decir un tiempo muy corto. Además, se observará que la cantidad de oxígeno gastada es de 45,1 Nm³/tonelada, cantidad muy importante, que la cantidad de combustible gastado es inferior a la del oxígeno, y que el con-

sumo de energía eléctrica es de 335 kWh/tonelada, lo que es muy poco.

Tres quemadores de oxígeno-aceite especiales están instalados en este horno de arco de la manera descrita más arriba, y una característica particular de su funcionamiento es que la cantidad de oxígeno es muy importante en comparación con el consumo de combustible. Más particularmente, la cantidad teórica de oxígeno puro necesaria para obtener la combustión completa de un litro de aceite combustible es de $2,2 \text{ Nm}^3$ aproximadamente. Sin embargo, de acuerdo con los resultados de funcionamiento reales, se utilizan en los quemadores $36,5 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$, lo que corresponde aproximadamente al 80% de la cantidad total de oxígeno de $45,1 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$. Esto significa que se utiliza en los quemadores una cantidad de oxígeno aproximadamente igual a 2,8 veces la cantidad de oxígeno necesaria teóricamente. A partir de la descripción que antecede, puede verse que esta cantidad de oxígeno suplementaria es consumida para el desmenuzado de la chatarra de acero en razón de la reacción de oxidación que se produce directamente con la chatarra de acero y para producir la combustión de las materias combustibles (por ejemplo el aceite adherido a la chatarra) que se introducen conjuntamente con la chatarra de acero en el horno. El restante 20% de la cantidad total de oxígeno se consume en la inyección de oxígeno realizada en el momento del desmenuzado y de la oxidación de refinado de la chatarra de acero por medio de tubos de inyección a través de las puertas de descarga de escoria y de inspección, de la manera que se realiza igualmente durante el funcionamiento de un horno de arco corriente.

Aunque el consumo unitario de energía eléctrica durante el funcionamiento de un horno de arco corriente está

en general, incluido entre 500 y 550 kWh/tonelada, en el caso del horno según el invento este consumo es de 335 kWh/tonelada, cifra muy baja. La única explicación de esta cifra es que el calor de la combustión del aceite combustible y el calor de oxidación debido al oxígeno sobrante y a los combustibles mencionados más arriba que se introducen conjuntamente con la chatarra de acero contribuyen a la fusión de la chatarra de acero, contribuyendo también el oxígeno sobrante en la operación de desmenuzado de la chatarra de acero.

10 4-2. Ejemplo de análisis de balance térmico

En general, el consumo unitario de energía en el caso en el cual se hace funcionar un horno de arco de manera muy normal está incluido entre 500 y 550 kWh/tonelada. La energía gastada solamente para la fusión de la chatarra de acero durante el periodo de fusión es del orden de 410 a 440 kWh/tonelada, y el resto de la energía, es decir 90 a 110 kWh/tonelada representa la energía gastada después de la fusión, es decir durante el periodo de refinado.

Sin embargo, en el ejemplo de funcionamiento real indicado en la tabla 2, este consumo unitario de energía se indica como siendo de 335 kWh/tonelada. En este caso, la energía gastada solamente para la fusión de la chatarra de acero es de 278 kWh/tonelada, y se consume una energía de 57 kWh/tonelada durante el periodo de refinado. Teniendo en cuenta la cantidad de energía gastada durante el periodo de refinado, la diferencia de 132 a 162 kWh/tonelada entre la cantidad indicada más arriba y la que se gasta durante el periodo de fusión en un horno de arco que se hace funcionar de la manera normal, es comparable al total del calor de combustión del aceite combustible, del calor generado cuando la chatarra de acero es desmenuzada por el

oxígeno sobrante, y al calor de combustión de los demás combustibles introducidos simultáneamente con la chatarra de acero en el interior del horno.

Más precisamente, el consumo de oxígeno necesario para efectuar la combustión completa del aceite es aproximadamente de $13 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$, y el calor así generado es de $59.400 \text{ Kcal/tonelada}$. Además, la cantidad total de oxígeno utilizada en los quemadores es de $36,5 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$, y cuando la cantidad de oxígeno necesaria para la combustión del aceite combustible se resta de esta cifra, queda una cantidad de oxígeno de $23,3 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$. Si se supone que se gasta para desmenuzar por fusión la chatarra de acero el 40% ó $9 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$ de este resto, suponiendo además que el 60% ó $14,3 \text{ Nm}^3/\text{tonelada}$ del mismo se gasta para la combustión de los demás combustibles que se introducen conjuntamente con la chatarra de acero en el horno, la cantidad de calor generada en el primer caso es de $51.813 \text{ Kcal/tonelada}$, mientras que en el último caso es de $16.874 \text{ Kcal/tonelada}$.

El total de estas cantidades de calor generadas por el aceite combustible y el oxígeno sobrante pasa a ser entonces de $128.087 \text{ Kcal/tonelada}$, lo que pasa a ser 149 kWh/tonelada cuando se transforma en energía eléctrica. Por consiguiente, se observará que existe una correspondencia sustancial entre este valor y la diferencia de 132 a 162 kWh/tonelada en los consumos unitarios de energía de los resultados de funcionamiento reales indicados en la tabla 3 y del horno de arco que funciona de la manera normal. Por tanto, puede verse que los quemadores de oxígeno-combustible especiales según el invento cumplen una misión importante para facilitar la fusión de la chatarra de acero.

Además, en el periodo de refinado, una cantidad de oxígeno de 8,6 Nm³/tonelada que resulta de la substracción de la cantidad de oxígeno de 36,5 Nm³/tonelada empleada solamente en los quemadores de la cantidad de oxígeno total de 45,1 Nm³/tonelada de la tabla 2, se proyecta en el baño de acero fundido facilitando así la agitación y la decarburación del acero fundido. Sin embargo, en el funcionamiento de acuerdo con el invento el contenido de carbono del baño de acero fundido en la parte inicial del periodo de refinado es del orden de 0,20%, y la mayor parte del oxígeno proyectado en el acero fundido se utiliza en su reacción de oxidación con Fe.

Sin embargo, una propiedad particular del invento consiste en que, ya que se introduce en el procedimiento una energía elevada al ser soplado oxígeno en el baño de acero fundido para producir con ello una elevación de temperatura, el calor de la oxidación de Fe contribuye directamente a la elevación de la temperatura. El calor de oxidación de Fe producido por 8,6 Nm³/tonelada de oxígeno es de 49.540 Kcal/tonelada, lo que corresponde a 57,6 kWh/tonelada. Por consiguiente, se explica la contradicción constituida por el reducido valor de 57 kWh/tonelada de consumo unitario de energía durante el periodo de refinado.

4-3. Refractarios de la pared del horno

Como se ha indicado más arriba, cuando se introduce una gran cantidad de energía térmica en un corto tiempo, en el interior del horno de arco, se producen rápidamente desperfectos debidos al calor en los ladrillos de la pared del horno que están hechos de magnesita o de magnesita-cromo que se han utilizado hasta la fecha, y los ladrillos de la pared del horno no pueden soportar este tipo de funcionamiento. En razón de la necesidad de efectuar reparaciones, el factor de utilización práctica

del horno disminuye. Este problema ha sido estudiado con relación al procedimiento U,H.P. y al procedimiento F.O.S. mencionados más arriba y este problema se presenta también en la práctica del invento.

5 De acuerdo con el invento, sin embargo, este problema ha sido solucionado mediante la utilización de un recubrimiento de pared de horno desarrollado sobre la base de un concepto totalmente nuevo que consiste en combinar ladrillos carbonáceos y dispositivos enfriados por agua, según se ha descrito más arriba. 10 En el horno de arco descrito anteriormente, dotado de una capacidad nominal de 50 toneladas, funcionando con alto rendimiento con tres quemadores de oxígeno-combustible especiales, se utiliza el recubrimiento mejorado en toda la pared del horno entre una línea situada a 300 mm aproximadamente encima de la línea de escoria y una línea situada aproximadamente 700 mm debajo de la 15 extremidad superior de la pared del horno. Como resultado de un experimento efectuado recientemente durante un periodo de 6 meses, el consumo unitario de los ladrillos de la totalidad de la pared del horno, ha sido de 1,8 kg/tonelada, y el consumo unitario solamente de ladrillos carbonáceos ha sido de 1,2 kg/tonelada. En 20 este caso, la vida útil de las diferentes partes de ladrillos carbonáceos variaba con el emplazamiento, y se efectuaron reparaciones intercambiando parcialmente los ladrillos carbonáceos, obteniéndose así en conjunto una vida útil de 1.440 cargas.

25 4-4. Refractarios de techo del horno.

Los refractarios de techo del horno han sido desarrollados exactamente de la misma manera que los refractarios de la pared del horno. Utilizando ladrillos de sílice (más de 97% de sílice) o ladrillos de bauxita de tipo conocido, éstos no pudieron soportar la introducción de energía elevada en el horno y 30

tuvieron que ser sustituidos por ladrillos básicos o ladrillos de elevado contenido de alumina. Sin embargo, en un horno de arco provisto de un sistema de evacuación de humos del tipo de aspiración directa, es preciso prever un orificio de descarga de humos para extraer los humos del horno, constituyendo así un cuarto orificio además de los agujeros destinados a los tres electrodos.

Los refractarios situados en la región que rodea este cuarto orificio están sometidos a desperfectos mecánicos y físicos importantes debido a la circulación de humos a alta temperatura que pasan en contacto con ellos, y la vida de los refractarios del techo del horno es extremadamente corta incluso en hornos de arco convencionales.

Por tanto, de acuerdo con el invento, este problema ha sido solucionado instalando un anillo metálico refrigerado por agua de la manera descrita más arriba, alrededor de este cuarto orificio, y disponiendo refractarios del tipo descrito más arriba, lo que ha permitido obtener una prolongación importante de la vida útil del techo del horno. En el horno de arco del tipo mencionado más arriba dotado de una capacidad nominal de 50 toneladas y provisto de un techo de horno dotado de un anillo enfriado por agua, se obtuvieron los resultados de funcionamiento descritos anteriormente. Es decir, que se ha comprobado que la vida útil del techo del horno en su conjunto, era de 240 a 250 cargas, es decir más del doble de la cifra que podía obtenerse con techos de la técnica anterior.

4-5. Sistema de evacuación de humos

En la práctica del invento, con el objeto de obtener un funcionamiento eficaz de un horno de arco provisto de los quemadores de oxígeno-combustible especiales, el sistema de evacuación de humos tiene una función muy importante e indis-

5 pensable. Más precisamente, para que los quemadores de oxígeno-
combustible especiales puedan efectuar una combustión eficaz, se
ha comprobado que era necesario mantener el interior del horno
continuamente bajo presión negativa durante todo el periodo de
10 fundición de la chatarra durante el cual se emplean estos quemadores, haciendo que el aire se infiltre a través de los intervalos de la puerta de evacuación de escorias y orificios parecidos, en el interior del horno. Esta característica particular constituye un punto de importancia vital del "know-how" de la tecnología del invento.

15 En un ejemplo de funcionamiento eficaz del horno de arco descrito más arriba dotado de una capacidad nominal de 50 toneladas provisto de quemadores de oxígeno-combustible especiales, el equipo de fabricación de acero según el invento incluía un sistema de evacuación de humos de acuerdo con las especificaciones de la tabla 5. El valor de 2.200 m³/minuto (a 250°C) de la cantidad de gases de escape a tratar, determinada de la manera descrita más arriba, es superior a la cantidad de gases que ha de ser tratada en un horno de arco de 50 toneladas del tipo normal. En
20 este colector de polvo del tipo de evacuación directa, los humos son aspirados a partir del horno de arco a través del cuarto orificio, es decir, el orificio de evacuación formado en el techo del horno, pasan a través de un codo de aspiración enfriado por agua del tipo de doble tubería hecho de acero, y son conducidos a través de un conducto refrigerado por agua hasta una cámara de
25 combustión del tipo de tubería doble refrigerada por agua. Una tubería de refrigeración por agua del tipo deslizante doble está interpuesta entre el codo de aspiración y el conducto refrigerado por agua. Produciendo el deslizamiento de esta tubería, el aire
30 secundario que se filtra a través del intervalo formado entre el

codo de aspiración y el conducto, conserva un volumen mínimo. Por este motivo, el gas CO incompletamente quemado procedente de los gases incompletamente quemados extraídos del horno, está sometido a una combustión con el aire aspirado a través de la parte superior de la cámara de combustión vertical, y al mismo tiempo, con una cantidad todavía superior de aire fresco, la temperatura de los gases de escape disminuye. Los gases que han atravesado la cámara de combustión pasan a continuación por un conducto de tubería doble refrigerado por agua y son enfriados aproximadamente a 300°C por una torre de refrigeración de gas del tipo de refrigeración por agua indirecta, instalada fuera del taller de fundición. A continuación los gases así enfriados, atraviesan unos conductos enfriados por aire continuando la descarga del calor hasta que alcancen el ventilador, y cuando los gases alcanzan una temperatura predeterminada, se mandan a un filtro del tipo de bolsas.

En lo que sigue, se da un ejemplo de mediciones reales de diversos valores numéricos encontrados en el circuito de circulación de este sistema de evacuación de humos.

El factor más importante es la velocidad del aire que penetra a través de la puerta de escoria. Esta velocidad ha sido medida y se ha determinado que es de 4,8 a 5,5 m/segundo. Utilizando este valor en la siguiente ecuación (1) la presión en el interior del horno está incluida entre -1,0 y -2,0 mm de H₂O.

$$\frac{v^2}{2g} \rho = P \quad \text{--- (1)}$$

siendo: v la velocidad del gas, en m/segundo;

g la aceleración, en m/segundo;

ρ la densidad del aire; y

P la presión (mm de H₂O)

Los resultados del análisis de los gases de escape en la proximidad del orificio de salida de aspiración, que constituyen un segundo factor importante, se ilustran en la tabla 6. El tiempo de muestreo ha sido de 6 minutos después de la segunda carga.

TABLA 6

Composición de los gases de escape

Elemento constitutivo	Contenido (%)
O ₂	0,3
CO ₂	25
CO	11
Otros	63,7

En este momento, el caudal y la temperatura de los gases de escape inmediatamente por delante del ventilador de evacuación, que constituyen un tercer factor importante, eran de 1.180 m³/minuto y 180°C respectivamente. La operación que se efectúa en el momento de la medición de la característica en cuestión se indica en la figura 12. Es decir, que esta operación es la carga número 2.400 indicada en la tabla 2.

Como se ve en la tabla 2, las características de esta carga son las siguiente: consumo de aceite de 5,4 l/tonelada; consumo de oxígeno de 45,0 Nm³/tonelada (de los cuales la cantidad de oxígeno empleada en los quemadores ha sido de 36 Nm³/tonelada); un periodo de fusión de 48 minutos (durante el cual se utilizaron los quemadores tres veces separadamente con un total de 36 minutos); un periodo de refinado de 13 minutos; un tiempo de sangrado a sangrado de 67 minutos (1 hora 7 minutos); y un

consumo unitario de energía de 337 kWh/tonelada.

5 Cuando, a partir de estos resultados de funcionamiento, se tiene en cuenta este colector de polvo del tipo de aspiración directa, se observará que el carbono del aceite combustible soplado en el horno a través de los quemadores, de los combustibles introducidos conjuntamente con la chatarra en el horno (suponiendo que 1,5% del aceite se adhiera a la chatarra mezclada en una cantidad de 25%), de los electrodos, de los ladrillos carbonáceos, de un agente de recarburación, y de materiales parecidos, se transforma en CO y en CO₂ por medio del oxígeno inyectado a partir de los quemadores. Cualquier deficiencia de O₂ es compensada por el oxígeno contenido en el aire que se filtra a través de los orificios tales como la puerta de evacuación de escorias, con lo cual se forman de la misma manera CO y CO₂, con una relación de 11 a 25.

10 Además, la cantidad de 63,7% de "Otros" indicada en la tabla 6 puede ser considerada como constituida por gas N₂. Por tanto, se establece un equilibrio entre la cantidad total de gases de escape, la cantidad de oxígeno soplado, y la cantidad de aire que se ha infiltrado. La cantidad de O₂ contenida en el gas inmediatamente después de su salida del horno es muy pequeña, ya que es inferior en un 0,3% al resultado de funcionamiento real. Esto indica que la introducción en el horno del aire que se filtra a través de la puerta de evacuación de escoria para aumentar el rendimiento de combustión de los quemadores según el invento, no da lugar a una atmósfera excesivamente oxidante en el interior del horno. Por otra parte, se ve claramente que un procedimiento de fabricación de acero de acuerdo con el invento presenta una gran eficacia para aumentar el rendimiento de un horno de arco.

15

20

25

30

La determinación de la capacidad de funcionamiento del sistema de evacuación de humos en el equipo de fabricación de acero según el invento, puede efectuarse de la manera descrita más arriba, pero se ha descubierto que existe una relación específica entre la capacidad de fusión (toneladas/hora) solamente durante el periodo de fusión y el caudal de los gases de escape (Nm³/minuto) del horno de arco. Más particularmente, si se expresa por A el caudal de gases de escape y por B la capacidad de fusión, la siguiente ecuación (2) es siempre constante.

5

10

$$\frac{A}{B} = K \quad - - - - - (2)$$

En este caso, K es una constante. Cuando el valor de esta constante K se introduce en la ecuación siguiente (3), el valor resultante V pasa a ser la capacidad (caudal de gas que ha de ser tratado) del sistema de evacuación de humos.

15

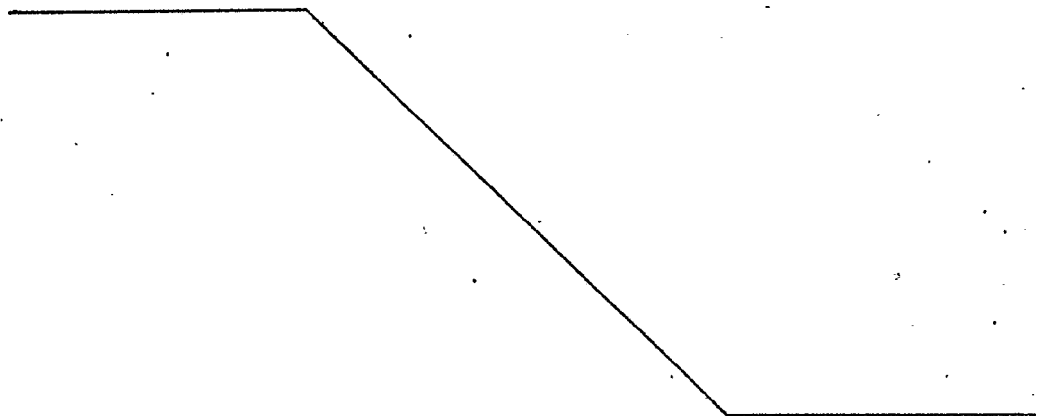
$$TK = V \quad - - - - - (3)$$

siendo: V la capacidad (Nm³/minuto) del sistema de evacuación de humos;

T la capacidad de fabricación de acero (toneladas/hora).

En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes:

20



REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de acero que consiste en introducir una carga de chatarra de acero fría como materia prima en un horno de arco eléctrico provisto de electrodos generadores de arco del tipo utilizado para producir aceros y aleaciones de acero corrientes, una pluralidad de quemadores para ayudar a la fundición de la chatarra, y un dispositivo de evacuación para aspirar los gases de combustión del horno, caracterizado porque dicho procedimiento comprende:

a) inyectar una corriente de una mezcla de aire y de aceite combustible atonizado en dicho aire, dentro del horno a través de cada uno de los quemadores con el fin de quemar el aceite combustible para calentar la chatarra de acero al rojo;

b) inyectar oxígeno puro en el horno en una cantidad de más del doble de la cantidad teórica requerida para completar la combustión bajo forma de corrientes convergentes a alta velocidad que rodean cada corriente de mezcla hasta que dichas corrientes de oxígeno convergen en un punto de intersección con dicha corriente de mezcla situado a una cierta distancia río abajo del quemador a fin de intensificar el calor de dicha chatarra de acero al rojo y retirar los trozos fundidos de la chatarra de acero fundida para hacer que los cortes de chatarra fundida caigan sobre la piscina de fundición en el fondo del horno, de esta forma, se ayuda a la fundición de la chatarra junto con la chatarra de acero al rojo y, al mismo tiempo, se queman los combustibles que han sido introducidos en el horno junto con la chatarra de acero, las prolongaciones de ambas corrientes están separadas de los electrodos generadores de arco;

y

c) durante dichas operaciones, mantener el interior

del horno a una presión negativa mediante el control de dicho dispositivo de evacuación con el fin de aspirar aire secundario desde el exterior hacia el interior del horno, aumentando así la efectividad de combustión del horno.

5

2. Un procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha corriente de una mezcla de aire y aceite combustible y dicha corriente de oxígeno puro se descargan de cada quemador de combustible de oxígeno instalado en zonas frías de la pared del horno formando un ángulo de inclinación del orden de 15 a 25° con respecto al plano superior de la línea de escoria de acero y con orientaciones tales que las prolongaciones de las líneas centrales del quemador no pasen por los electrodos generadores de arco y convergan e intersecten dicho plano de la línea de escoria de forma que estén en mutua unión en un punto cercano de la línea central vertical del horno.

10

15

3. Un procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la presión negativa en el horno es del orden de -0,5 a -2,5 mm. de agua.

20

4. Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:
PROCEDIMIENTO DE FABRICACION DE ACERO.

25

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de cincuenta y una páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

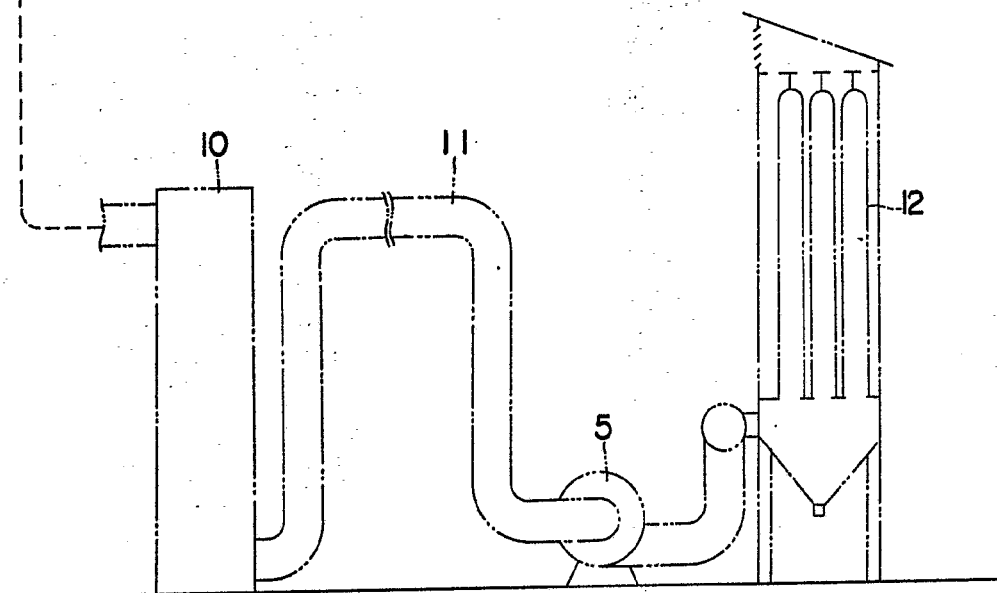
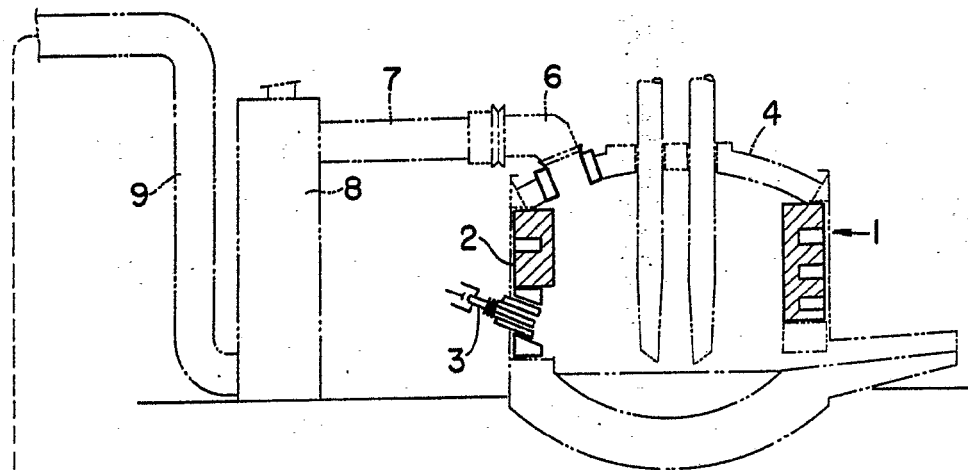
Madrid, 13 septiembre 1.975

BERNARDO UNGRÍA

P.P.

30

FIG. 1



ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 septiembre 1.975
BERNARDO UNGRIA
n.p.

**POOR
QUALITY**

FIG. 2

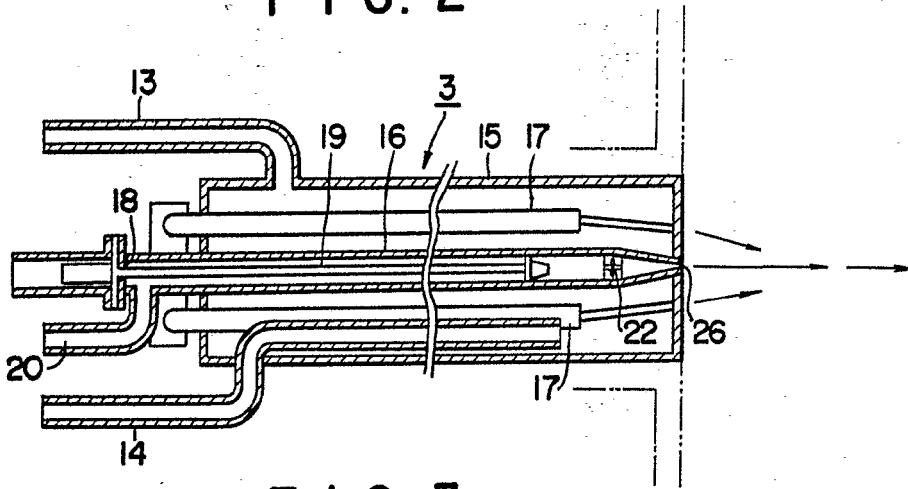


FIG. 3

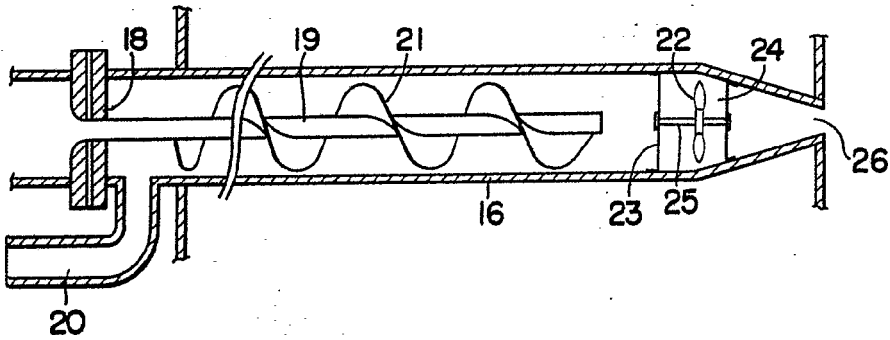


FIG. 4

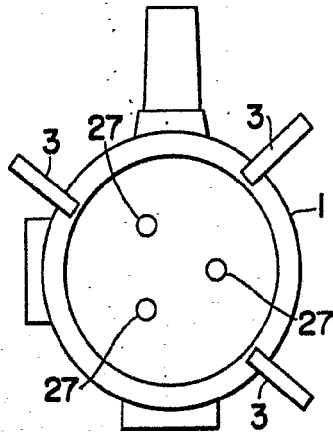
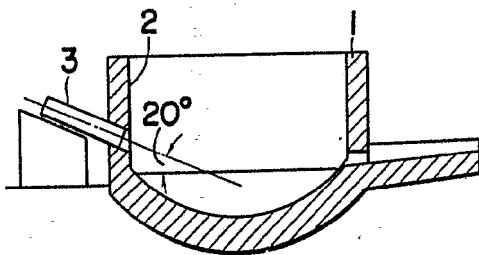


FIG. 5



ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 septiembre 1.975
BERNARDO UNCRÍA
p.p.

FIG. 6

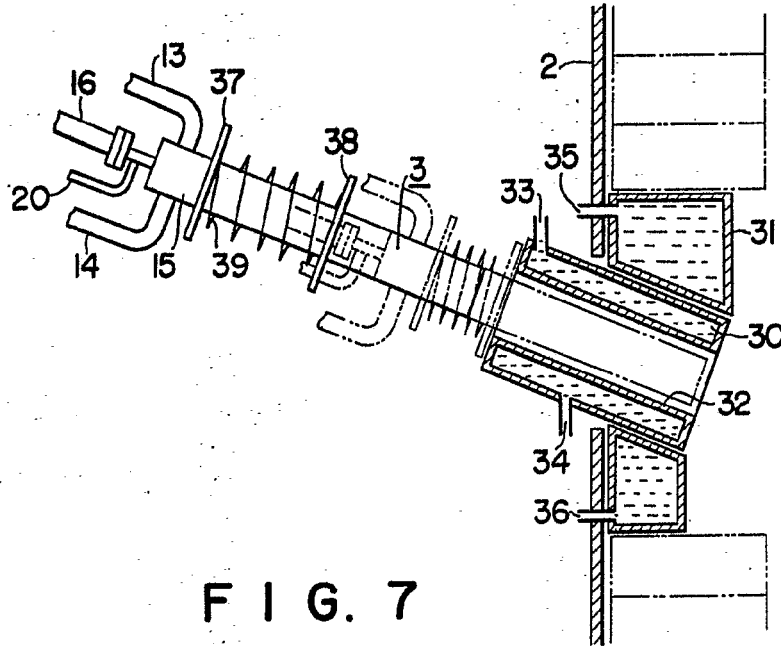
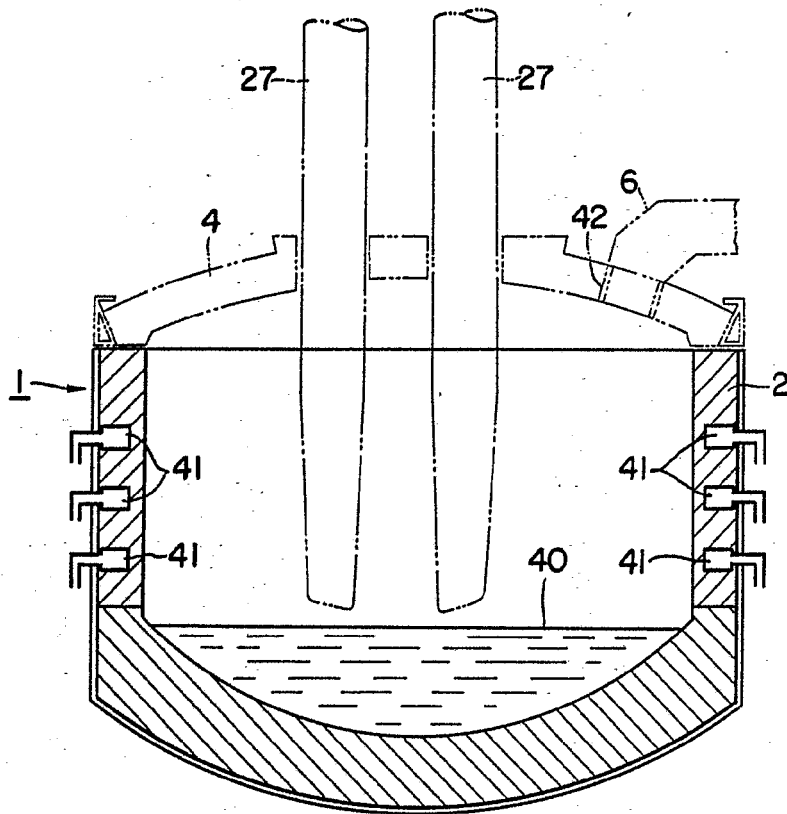


FIG. 7



ESCALA VARIABLE
Ma drid, 13 septiembre 1.975
BERNARDO UNGRIA
P.D.

POOR
QUALITY

FIG. 8

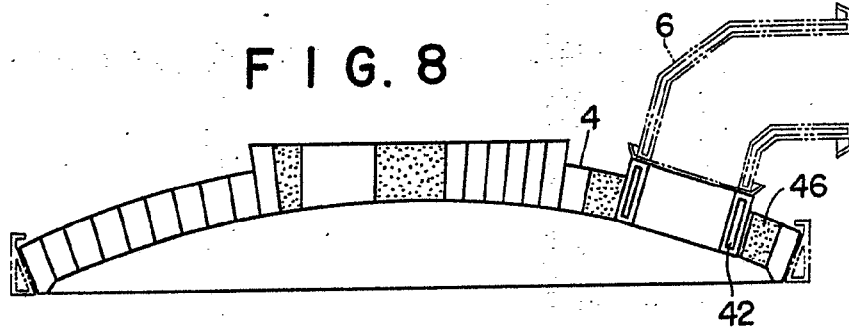


FIG. 9

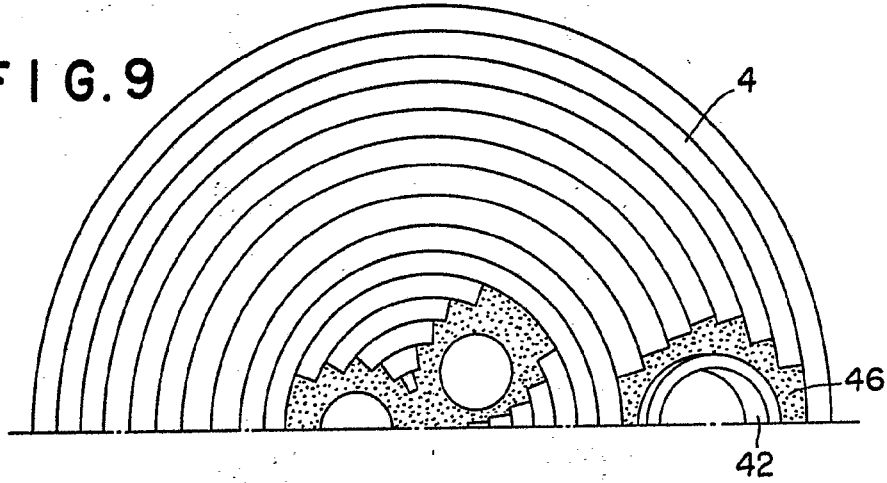


FIG. 10

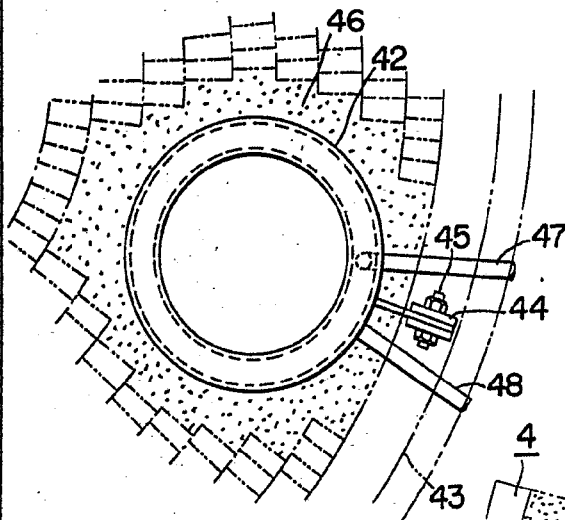
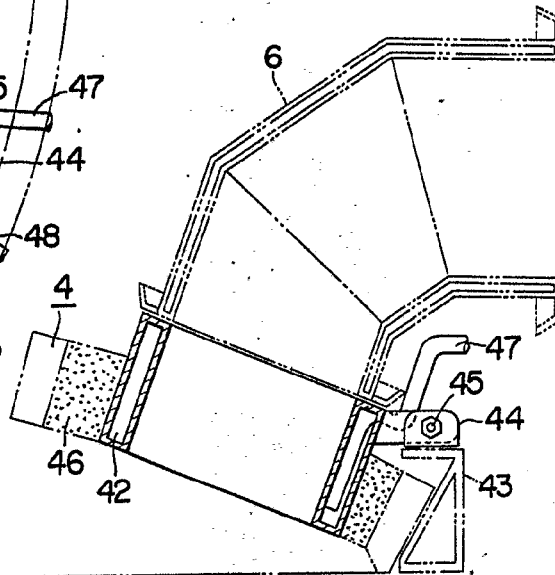


FIG. 11

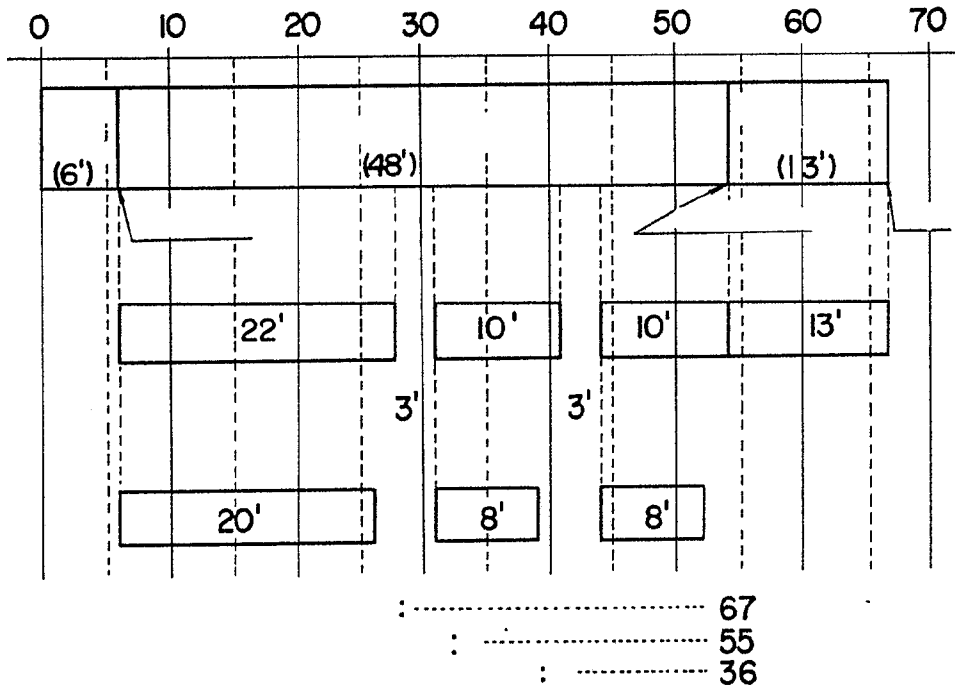


ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 septiembre 1.975
BERNARDO UNZUETA

P.P.

**POOR
QUALITY**

FIG. 12



ESCALA VARIABLE
Madrid, 13 septiembre 1.975
BERNARDO UNGRIA'
P.P.