

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 728**

51 Int. Cl.:

C21C 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.01.2012 E 12704373 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015 EP 2800823**

54 Título: **Un método para fundir acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2015

73 Titular/es:

**ABB RESEARCH LTD. (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**BEL FDHILA, REBEI;
ERIKSSON, JAN- ERIK;
HJORTSTAM, OLOF;
RAHMANI, MOHAMED ALI;
SANDER-TAVALLAEY, SHIVA;
WIDLUND, OLA;
YANG, HONGLIANG y
ZHANG, XIAOJING**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 537 728 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un método para fundir acero

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para fundir acero en un horno de arco eléctrico (EAF), cuyo método incluye las etapas de:

- proporcionar un talón caliente en el EAF,
- cargar la chatarra de metal en el EAF y
- fundir la chatarra de metal en el EAF,

Antecedentes de la invención

10 La producción de acero en un EAF es un proceso altamente intensivo de energía. Consume una gran cantidad de energía eléctrica y química. El talón caliente es el acero líquido que permanece en el horno después de la operación de fundición precedente. Tal talón de acero permanece en muchos procesos de fundición de acero tradicionales debido a los aspectos prácticos. Cuando el proceso de fundición de acero está completo, el acero fundido es cargado tradicionalmente simplemente elevando el horno, de manera que se queda una parte del acero fundido debido a la geometría del horno. Otra razón para el mantenimiento de un talón caliente ha sido evitar fluctuaciones demasiado grandes de la temperatura en las paredes del horno. Un efecto positivo del talón caliente es, además, que se puede reducir la energía eléctrica suministrada al proceso de fundición.

15 Con el fin de proporcionar condiciones óptimas para el proceso es ventajoso proporcionar agitación de la colada. Esto es debido a que sin agitación, la colada está tan estancada que conduce a problemas graves. Se producen puntos fríos debido a la fundición no-uniforme. Con el fin de alcanzar una calidad deseada de la colada, el tiempo de fundición y la temperatura del baño deben incrementarse para alcanzar un baño plano. Esto da como resultado un consumo alto de energía. Además, se requiere mucho tiempo para fundir las piezas grandes de chatarra. Se producirá una estratificación térmica severa de la colada de acero con alto gradiente de la temperatura del baño. Los gradientes causan una zona de reacción irregular.

20 Mediante agitación se pueden eliminar o al menos reducir los problemas relacionados. Tecnologías principales conocidas aplicadas para agitación son agitación electromagnética (EMS) y agitación con gas. La agitación con gas tiene algunos inconvenientes en comparación con EMS.

25 EMS puede mover chatarra sólida transversalmente, lo que no es el caso para la agitación con gas EMS. El efecto de agitación con gas es también limitado debido a la insuficiencia de la geometría del EAF adecuado. La agitación con gas tiene baja fiabilidad debido a las dificultades de mantenimiento y funcionamiento e implica el riesgo del bloqueo del taladro de inyección del fondo. Puede ocurrir fuga de acero fundido desde los taladros de inyección de gas.

30 Para un EMS efectivo es necesario que una parte sustancial del contenido del horno esté en el estado líquido. Con un talón caliente de un tamaño aplicado tradicionalmente, la carga de la chatarra en el talón caliente da como resultado que al menos parte del talón caliente se solidifica, puesto que es refrigerada por la chatarra. Entonces la proporción del estado líquido se incrementará gradualmente debido al calentamiento por el arco eléctrico y tardará algún tiempo hasta que la fracción líquida es suficientemente grande para poner en marcha efectivamente el EMS. Esto no está presente normalmente hasta que una parte importante del proceso ha pasado, típicamente de aproximadamente 40 a 50 % del tiempo total del proceso. Con el tiempo del proceso se entiende normalmente el periodo de tiempo desde la carga inicial del horno con la chatarra de metal hasta que se descarga el acero fundido desde el mismo y éste es el significado también en la presente solicitud.

35 Por lo tanto, los beneficios de la aplicación del EMS se obtienen solamente durante una parte del proceso.

40 Un ejemplo ilustrativo de la técnica anterior se describe en el documento GB 2192446 A, que describe un proceso de fundición de acero que aplica agitación con gas. El horno funciona con un talón caliente de un tamaño limitado que se menciona en la descripción que está en el rango de 10 a 30 % de la carga previa. Como se ha mencionado anteriormente, la masa de tal talón caliente limitado no es normalmente suficiente para evitar la solidificación de partes del talón caliente cuando se carga la chatarra. Por lo tanto, la agitación en una etapa precoz del proceso no será efectiva, en particular cuando se utiliza EMS.

45 El documento DE 9422137 U1 describe también un proceso de fundición, en el que se mantiene un talón caliente desde el ciclo previo del proceso. La masa del talón caliente no está definida y si el talón caliente tiene una masa dentro del rango convencionalmente presente, no sería suficiente para evitar la solidificación de al menos partes del

talón caliente.

La agitación de EMS es tal como se describe, por ejemplo, en el documento GB 1601490.

En su artículo "A new metallurgical model for the control of EAF operations", publicado por el Centre de Recherches Metallurgiques (Bélgica) y A.R.E.S. Schiffange (Luxemburgo), P. Nyssen y col. describen las consideraciones teóricas que subyacen entre otras cosas, a la determinación del peso del talón caliente.

Sumario de la invención

El objeto de la presente invención es mejorar un proceso de fundición de acero del tipo en cuestión. Más específicamente, el objeto es reducir el consumo de energía eléctrica para el proceso. En particular, el objeto es hacer posible aplicar EMS efectivamente durante una mayor parte del proceso, con preferencia durante el proceso completo.

Este objeto se consigue porque un método del tipo especificado en la introducción de esta descripción incluye las etapas específicas adicionales de proporcionar el talón caliente en una cantidad que corresponde a la fórmula

$$m_h = R \frac{(T_m - T_s) \times C_p^s}{(T_h - T_m) \times C_p^h + Q} m_s$$

en la que m_h es la masa del talón caliente proporcionado, m_s es la masa de la chatarra cargada inicialmente que está más allá de la superficie del talón caliente, T_m es la temperatura de fundición de la chatarra, T_s es la temperatura de la chatarra durante su carga, T_h es la temperatura del talón caliente durante la carga de la chatarra, C_p^s es la capacidad térmica específica de la chatarra, C_p^h es la capacidad térmica específica del talón caliente, Q es el calor específico de la colada para la chatarra y R es un coeficiente que es al menos 0,75, y en el que se aplica agitación electromagnética al proceso.

El término "talón caliente" significa convencionalmente el acero líquido que queda en el horno después de la descarga en el proceso previo. Esto se entiende también por este término en la presente solicitud. No obstante, en la presente solicitud, este término debe entenderse como la cantidad de metal líquido que está presente en el horno independientemente de dónde proceda. El término "talón caliente" en esta solicitud incluye, por lo tanto, cualquier acero líquido que es suministrado inicialmente al horno como una adición al acero líquido desde el proceso precedente o incluso en lugar del acero líquido desde el proceso precedente.

La fórmula especifica un mínimo para la masa del talón caliente con relación a la masa del acero en función de las condiciones térmicas que están presentes. El mínimo de acuerdo con la fórmula representa una masa del talón caliente que es suficientemente grande para alcanzar una cantidad suficiente del estado líquido que permite una aplicación efectiva de EMS en una etapa mucho más temprana en el proceso que la que es posible con un talón caliente del tamaño que está presente convencionalmente. La ventaja del EMS se obtiene, por lo tanto, durante una parte mucho mayor del tiempo total del proceso, resultando un proceso más efectivo con respecto al consumo de energía eléctrica.

La fórmula se basa en el cálculo del balance térmico, por una parte, entre el calor requerido para calentar la masa de chatarra más allá de la superficie del talón caliente hasta la temperatura de fundición y, por otra parte, el calor que se puede extraer desde el talón caliente sin que se produzca solidificación. El equilibrio teórico ocurre cuando $R = 1$.

No obstante, en la práctica, el equilibrio teórico no reflejará con exactitud lo que ocurrirá durante la parte inicial del proceso, sino que se considera más bien como una guía aproximada. Existen factores que influyen en el proceso en esta etapa que tienden a dar como resultado la solidificación a pesar del balance térmico. Más importante a este respecto es el hecho de que la transferencia de calor hasta la chatarra no es uniforme. Algunas partes del talón calientes se pueden enfriar, por lo tanto, más pronto que otras. La refrigeración irregular del talón caliente dará como resultado que partes del mismo se solidificarán a pesar de la presencia de una cantidad suficiente del mismo para mantenerlo teóricamente en fase líquida.

Otros factores tienen el efecto opuesto. El arco eléctrico se enciende ya al comienzo del proceso. De esta manera, se proporciona un suministro de calor continuo que contribuye al potencial térmico del talón caliente. Considerando este efecto, el balance de calor está afectado en una dirección que previene la solidificación del talón caliente. Este efecto significa que el talón caliente se mantendrá en la fase líquida incluso para un valor de R que es inferior a 1.

La suma de estos dos efectos es una función el tiempo y también depende de varias condiciones prevalentes. Por lo tanto, es difícil de calcular y no se puede generalizar fácilmente. El valor mínimo $R = 0,75$ especificado para la presentación general de la invención representa una condición, en la que la segunda influencia anterior se da por el peso máximo y la influencia es pequeña. Para condiciones óptimas del proceso con respecto al balance de calor

durante la fase inicial, este valor de R debería ser suficiente para mantener el talón caliente en fase líquida. Se pueden producir algunos puntos solidificados locales menores en el talón caliente, pero no hasta la extensión de que reduzca significativamente el efecto del EMS.

5 A través del método de acuerdo con la invención, en el que el EMS se puede aplicar en etapa más temprana que de acuerdo con la técnica anterior, se consiguen muchas ventajas:

- un ahorro grande de energía a través de la fundición eficiente de chatarra durante todo el ciclo de funcionamiento o al menos una parte mayor del mismo que de acuerdo con la técnica anterior,
- rendimiento incrementado de hierro y aleaciones,
- productividad incrementada a través de tiempo más cortos entre toma y toma,
- 10 - consumo reducido de oxígeno aprovechando totalmente las ventajas del talón caliente junto con el EMS,
- desgaste reducido del agujero de toma,
- consumo reducido de electrodo debido a menos movimientos de la chatarra,
- riesgo reducido de la rotura del electrodo,
- se puede aplicar una entrada más alta de potencia en una etapa más temprana,
- 15 - estabilidad mejorada del arco,
- potencia de reducida a tiempo,
- prevención de la acumulación de la escoria,
- exactitud y fiabilidad mejoradas del control de punto final,
- 20 - posición de la escoria del EMS para empujar la escoria hasta la puerta de escoria para la retirada de la escoria,
- tiempo de reacción más largo de la interfaz entre la escoria y el metal y área de reacción uniforme,
- eficiencia incrementada de la fundición y homogeneización del baño,
- ciclo de tiempo de proceso más corto.

De acuerdo con una forma de realización preferida, R es al menos 1.

25 Esta forma de realización significa que la masa relativa mínima del talón caliente es algo mayor que la que se especifica para la invención en su forma más generalizada. Como se ha descrito anteriormente, R = 1 representa el equilibrio térmico cuando se considera solamente el contenido de calor del talón caliente y la chatarra, respectivamente. Por lo tanto, esta forma de realización es más segura con respecto a evitar la solidificación de partes del talón caliente y se basa en el supuesto de que el efecto de refrigeración no-homogénea del talón caliente y el efecto del calor suministrado por el arco eléctrico se compensan aproximadamente entre sí. Por lo tanto, existirá un grado más alto de certeza de que se aprovecharán las ventajas de EMS.

30

De acuerdo con otra forma de realización preferida, R es al menos 1,2.

35 Esta forma de realización proporciona un margen todavía mayor contra el riesgo de solidificaciones en el talón caliente, puesto que el contenido teórico de calor del talón caliente es 20 % mayor que el que se requiere teóricamente para mantenerlo líquido. Incluso en casos en los que el efecto de solidificación no-homogénea pudiera dominar en comparación con el efecto del suministro de calor desde el arco eléctrico, el talón caliente permanecerá sustancialmente líquido.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, la masa del talón caliente es menor que 1,5 veces el mínimo especificado de acuerdo con la invención.

40 La presencia de un mínimo de talón caliente está estipulada con el propósito de mantener el talón caliente líquido. No obstante, no es necesario tener un talón caliente que es mucho mayor que el mínimo con relación a la masa de la chatarra más allá de la superficie del talón caliente. Por el contrario, un talón caliente demasiado grande desperdicia energía. Limitando la cantidad relativa de talón caliente, se tiene en consideración la productividad del proceso y un límite superior de acuerdo con esta forma de realización es, por lo tanto, ventajoso con relación al aspecto de la productividad.

45

Para la forma de realización, en la que la masa mínima del talón caliente se define con $R = 0,75$, la masa máxima de acuerdo con esta forma de realización se define por R que es inferior a 1,125. Para las formas de realización en la que R_m es 1 y 1,2, respectivamente, el R_{max} correspondiente será 1,5 y 1,8, respectivamente.

5 De acuerdo con otra forma de realización preferida, la puesta en marcha del EMS es antes de que haya transcurrido al menos el 20 % del proceso de fundición total.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los aspectos importantes de la invención es que permitirá la aplicación de EMS en una etapa precoz del proceso y, por lo tanto, se obtienen las ventajas de EMS durante un periodo más largo. Con esta forma de realización, el periodo durante el que EMS no se puede aplicar se reduce a menos que la mitad de acuerdo con la técnica convencional.

10 De acuerdo con otra forma de realización preferida, la puesta en marcha del EMS es antes de que haya transcurrido al menos el 10 % del proceso de fundición total. El tiempo de aplicación para EMS de acuerdo con esta forma de realización se incrementa de esta manera todavía más y con ello las ventajas relacionadas con tal agitación.

15 De acuerdo con otra forma de realización preferida, la puesta en marcha del EMS es antes de que haya transcurrido al menos el 2 % del proceso de fundición total. Esto significa que el EMS comienza prácticamente desde el inicio del proceso, lo que es particularmente ventajoso.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal juntas es al menos el 30 % de la masa total del acero en el horno al final del proceso.

20 Éste es otro criterio para asegurar una cantidad suficiente de calor en la fase líquida en el horno para proporcionar condiciones para un EMS efectivo. Con este criterio se tienen en consideración también otros criterios que influyen en el balance térmico en el contenido del horno, a saber, el efecto de la masa de chatarra que está inicialmente por encima de la superficie del talón caliente, el efecto de cargar más chatarra posteriormente durante el proceso en el caso de que se utilice carga con cubos múltiples y el efecto de suministrar metal caliente, es decir, metal líquido durante el proceso de fundición.

25 De acuerdo con otra forma de realización preferida, la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente es al menos el 30 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

Esta forma de realización contribuye, además, a que el EMS funcione suficientemente durante el proceso completo.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente juntas es inferior al 60 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

30 Por lo tanto, el criterio relacionado con la influencia de los componentes del baño que se añaden después de la carga inicial se tiene en consideración para el límite superior del talón caliente con el fin de evitar una cantidad de talón caliente que está por encima de lo que representa una productividad eficiente.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente es inferior 60 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

35 Esta forma de realización contribuirá, además, correspondientemente a que la masa del talón caliente está limitada a mantener la productividad eficiente.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, se determina la distribución de tamaños en la chatarra suministrada inicialmente al talón caliente.

40 La masa de la chatarra que estará por debajo de la superficie del talón caliente es una función de la estructura de la chatarra. Debido a la forma irregular y a los diferentes tamaños de las piezas en la chatarra existirán muchos huecos entre las piezas, de tal manera que la densidad general que incluye los huecos será mucho menor que la densidad de las piezas de chatarra como tales. Esta densidad está normalmente en el intervalo de 2 a 3 kg/dm². Esto se puede utilizar como guía cuando se calcula la masa del talón caliente requerida para cumplir el criterio de acuerdo con la invención. Mediante la determinación de la distribución del tamaño en la chatarra, se puede evaluar con mayor precisión la densidad general de la chatarra. Por lo tanto, el criterio para la masa del talón caliente tendrá una exactitud mejorada, dando como resultado una mejor posibilidad para proporcionar una masa óptima del talón caliente, por una parte, con el fin de asegurar una masa suficiente del talón caliente para el EMS y, por otra parte, para evitar un talón caliente demasiado grande con respecto a la productividad.

45 La determinación del tamaño de las piezas en la chatarra podría incluir determinar el tamaño de cada pieza o solamente de una selección representativa de las piezas.

50 La distribución del tamaño afecta también a la transferencia de calor desde el talón caliente hasta la chatarra. Cuando mayores son las piezas de chatarra, más lenta será la transferencia de calor. Con el conocimiento de la

distribución del tamaño, se puede tener en cuenta este efecto también cuando se determina la masa óptima del talón caliente.

De acuerdo con otra forma de realización preferida, se determina la geometría de las piezas en la chatarra.

5 Esto contribuye adicionalmente a evaluar un valor más preciso de la densidad general de la chatarra y afecta también a la densidad de la transferencia de calor, resultando ventajas del tipo mencionado más arriba. También cuando se determina la geometría, se puede realizar para cada pieza o solamente para una selección representativa de piezas.

10 Las formas de realización preferidas descritas anteriormente de la invención están especificadas en las reivindicaciones dependientes. Se entiende que se pueden constituir otras formas de realización preferidas, naturalmente, por cualquier combinación posible de las formas de realización preferidas anteriores y por cualquier combinación posible de éstas y de características mencionadas en la descripción de ejemplos siguientes.

La invención se explicará en detalle a través de la descripción detallada siguiente de ejemplos de la misma y con referencia a los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

15 Las figuras 1a-e representan de forma esquemática lateralmente (figuras 1a-c y 1a) y vistas en alzado desde arriba (figura 1d) de un EAF, para el que es adecuado el método de la invención.

20 Las figuras 2a-b representan en diagramas el consumo de potencia eléctrica (figura 2a) y el flujo de suministro de oxígeno (figura 2) como una función del tiempo durante la fundición de chatarra en un proceso de fundición EAF de acuerdo con una forma de realización de un proceso de acuerdo con la invención en comparación con el proceso de fundición de la técnica anterior.

Descripción de ejemplos

25 En las figuras 1a-e se ilustra un horno de arco eléctrico (EAF) durante diferentes etapas de un proceso de fundición EAF de acuerdo con una forma de realización de la invención. El EAF 10 comprende un agitador electromagnético (EMS) 11 y electrodos 12. Un sistema de suministro de potencia 13 conectado operativamente a los electrodos 12 y se proporciona un dispositivo de proceso y de control 14 (ilustrado solamente en la figura 1a) conectado operativamente al sistema de suministro de potencia 13 y al EMS para su control.

30 A través del dispositivo de proceso y de control 14 se puede calcular la masa adecuada del talón caliente sobre la base de valores registrados y medidos para los parámetros en la fórmula que determina la masa del talón caliente. El talón caliente está formado totalmente o en su mayor parte por la colada que se deja en el horno después de descargar el ciclo previo del proceso. Por lo tanto, el cálculo de la masa adecuada del talón caliente se realiza con preferencia ya justo antes de la descarga del proceso de fundición previo.

35 La figura 1a ilustra una etapa de encendido del arco, en la que el talón caliente 15 ha sido dejado en el EAF 10 desde un ciclo previo del proceso, es decir, que cuando la chatarra metálica fundida ha sido vaciada en el ciclo previo del proceso se ha dejado una cantidad controlada de chatarra de metal fundido, es decir, el talón caliente 15, en el EAF para el ciclo de fundición siguiente. Además, una cantidad controlada de chatarra de metal fundido ha sido cargada en el EAF 10. Se encienden los arcos entre los electrodos 12 y la chatarra.

40 La figura 1b ilustra una etapa de perforación, en la que los electrodos 12 están fundiendo chatarra metálica sólida 16 mientras penetran más profundamente en la chatarra metálica 16. La colada está constituida ahora por el talón caliente 15 y alguna chatarra fundida. El consumo de potencia eléctrica y el flujo de suministro de oxígeno durante las etapas del encendido del arco y de la perforación de las figuras 1a-b se ilustran en las figuras 2a-b cuando han transcurrido entre aproximadamente 6 y 12 minutos desde el comienzo del proceso.

45 A continuación se realiza una carga opcional de metal caliente. Aquí, el metal fundido es suministrado al EAF desde una instalación de fabricación de acero (no ilustrada). Durante la carga de metal caliente, que ocurre entre aproximadamente 12 y 17 minutos desde el comienzo del proceso, no se suministra ninguna potencia eléctrica a los electrodos 12 y no se suministra oxígeno al EAF 10.

50 A continuación se realiza el proceso de fundición principal como se ilustra en las figuras 1c-d, durante el que la potencia eléctrica y el suministro de oxígeno son máximos. A continuación se realiza una etapa de refinado opcional como se ilustra en la figura 1e con menos potencia para calentar la colada a la temperatura de toma. Las etapas principales de fundición y de refinado tienen lugar entre aproximadamente 17 y 37 minutos desde el comienzo del ciclo, durante los cuales se reduce progresivamente la potencia eléctrica. El ciclo del proceso de fundición EAF termina con el vaciado de la chatarra metálica fundida, excepto el talón caliente requerido para el siguiente ciclo de fundición.

La figura 2a es un diagrama del consumo de potencia eléctrica durante el proceso de fundición EAF de acuerdo con la invención, en comparación con el consumo de potencia eléctrica para un proceso de fundición de la técnica anterior, representado por las líneas inferior y superior de las partes en sección en el diagrama, respectivamente. De manera similar, la figura 2b es un diagrama del flujo de suministro de oxígeno durante el proceso de fundición EAF invertido en comparación con el flujo de suministro de oxígeno para un proceso de fundición de la técnica anterior.

REIVINDICACIONES

1.- Un método para fundir acero en un horno de arco eléctrico (EAF), que incluye las etapas de:

- proporcionar un talón caliente (15) en el EAF,
- 5 - cargar la chatarra de metal (16) en el EAF, y
- fundir la chatarra de metal (16) en el EAF,

caracterizado por que la masa del talón caliente (15) proporcionada está de acuerdo con la fórmula

$$m_h = R \frac{(T_m - T_s) \times C_p^s}{(T_h - T_m) \times C_p^h + Q} m_s$$

10 en la que m_h es la masa del talón caliente proporcionado, m_s es la masa de la chatarra cargada inicialmente que está más allá de la superficie del talón caliente, T_m es la temperatura de fundición de la chatarra, T_s es la temperatura de la chatarra durante su carga, T_h es la temperatura del talón caliente durante la carga de la chatarra, C_p^s es la capacidad térmica específica de la chatarra, C_p^h es la capacidad térmica específica del talón caliente, Q es el calor específico de la colada para la chatarra y R es un coeficiente que es al menos 0,75, y en el que se aplica agitación
15 un proceso y un dispositivo de control (14) basado en valores registrados y medidos para los parámetros de la fórmula.

2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por que R es al menos 1.

3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por que R es al menos 1,2.

20 4.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la masa del talón caliente (15) es al menos 1,5 veces el mínimo especificado de acuerdo con la invención.

5.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la puesta en marcha del EMS (11) es antes de que haya transcurrido al menos el 20 % del proceso de fundición total.

6.- Un método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado por que la puesta en marcha del EMS (11) es antes de que haya transcurrido al menos el 10 % del proceso de fundición total.

25 7.- Un método de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado por que la puesta en marcha del EMS (11) es antes de que haya transcurrido al menos el 2 % del proceso de fundición total.

8.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal juntas es al menos el 30 % de la masa total del acero en el horno al final del proceso.

30 9.- Un método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado por que la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente juntas es al menos el 30 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

35 10.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente juntas es inferior al 60 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

11.- Un método de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizado por que la masa del talón caliente y la masa de la carga de metal caliente es inferior al 60 % de la masa total de acero en el horno en cualquier etapa del proceso.

12.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que se determina la distribución de tamaños en la chatarra suministrada inicialmente al talón caliente.

40 13.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que se determina la geometría de las piezas en la chatarra.

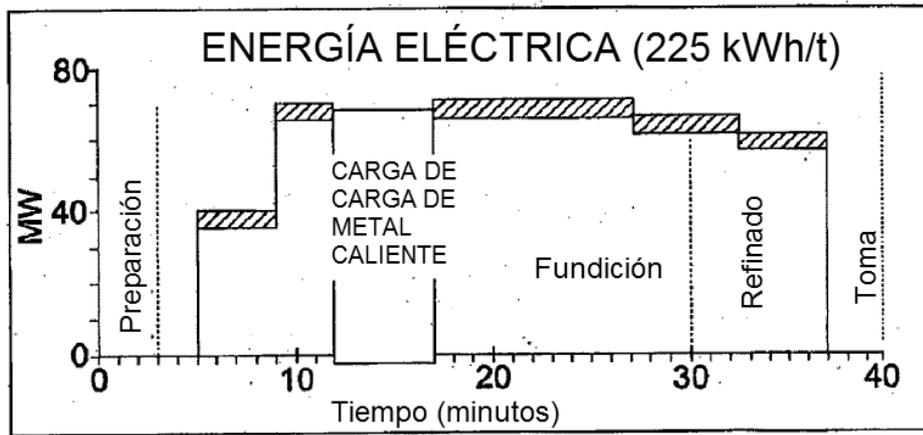
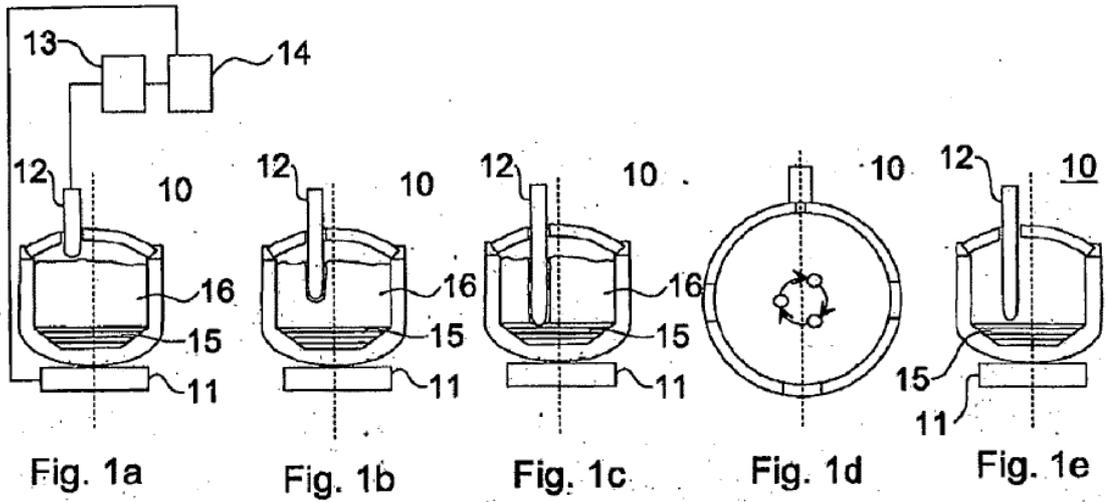


Fig. 2a

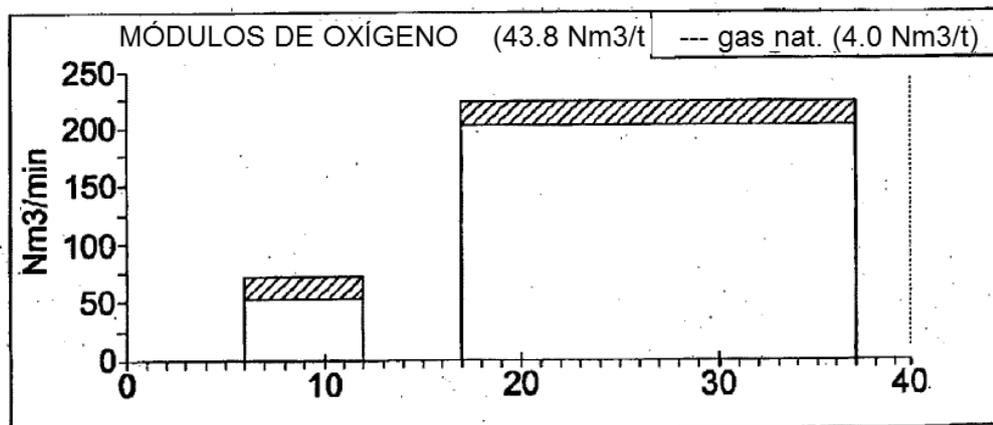


Fig. 2b