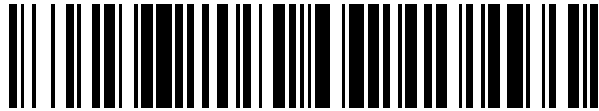


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 923**

51 Int. Cl.:

C21C 5/52 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012** **E 12780166 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2015** **EP 2742157**

54 Título: **Procedimiento para el funcionamiento de un horno de arco**

30 Prioridad:

03.11.2011 EP 11187639

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

09.10.2015

73 Titular/es:

**PRIMETALS TECHNOLOGIES GERMANY GMBH
(100.0%)
Schuhstrasse 60
91052 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:

**KRÜGER, KLAUS;
MATSCHULLAT, THOMAS y
DÖBBELER, ARNO**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 547 923 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

Procedimiento para el funcionamiento de un horno de arco

5 La presente invención se relaciona con un procedimiento para el funcionamiento de un horno de arco, particularmente de un horno de arco eléctrico, con al menos un electrodo, fundiéndose el material de fundición en el horno de arco por medio de un arco de plasma generado por al menos un electrodo. Por material de fundición se entiende en este contexto un sólido, un metal fluido y/o también una escoria a fundir. La presente solicitud se relaciona además con un dispositivo de procesamiento de señales para un horno de arco, un código de programa mecánicamente legible para un dispositivo de procesamiento de señales para un horno de arco así como un medio de almacenamiento con un código de programa mecánicamente legible allí almacenado. La solicitud se relaciona finalmente con un horno de arco, particularmente un horno de arco eléctrico, con un dispositivo de procesamiento de señales de este tipo.

15 Se utiliza un horno de arco para la producción de metal fundido, generalmente acero. El metal fundido se elabora a partir de un material sólido de fundición, por ejemplo chatarra o hierro reducido, junto con otros aditivos. Para ello se aporta chatarra y/o hierro reducido al horno de arco al inicio del proceso y posteriormente se activan los arcos de plasma entre los electrodos del horno de arco y el material de fundición. La energía aportada por el arco de plasma en el horno de arco permite la fusión del material de fundición restante. Estos hornos de arco se describen, por ejemplo, en los documentos de divulgación DE 0 122 910 A1, DE 41 30 397 A1 y EP 0 292 469 A1.

20 La potencia eléctrica requerida por parte de los hornos de arco se está incrementando. Durante los años 80 aún eran útiles 100 MVA como cantidad máxima, sin embargo, la potencia típica de las nuevas instalaciones de hornos se encuentra en el orden de los 150 MVA. Se han descrito ya hornos de arco con más de 200 MVA de potencia eléctrica en funcionamiento. Resultan por tanto atractivas las potencias de conexión fundamentalmente altas, pues posibilitan una alta productividad con bajos costes de personal especializado y de inversión.

25 Altas potencias de fusión van acompañadas de altas corrientes de arco y particularmente de altas tensiones de arco. Los correspondientes arcos de largas dimensiones y de alta potencia suponen un reto considerable para la gestión del proceso. A los propios arcos se les debe aportar en todo momento suficiente chatarra y/o espuma de escoria, para posibilitar una transferencia eficiente de energía y evitar daños en el propio recipiente de horno. Correspondientemente, ante una baja fusión de la chatarra o el desplome de la espuma de escoria hay que reaccionar rápidamente para proporcionar una destacada reducción de la longitud del arco y, por tanto, de la potencia de fusión. Particularmente, por ejemplo, en la producción de acero inoxidable, debido a que no se forma la espuma de escoria, en caso de baño líquido, sólo se puede trabajar con una potencia de arco reducida.

30 Otro tipo de incremento de la potencia de arco trifásico y monofásico a través del incremento de tensión parece apenas posible debido al arco de larga dimensión resultante. En contra del incremento de la corriente de potencia, se manifiestan las altas pérdidas de conducción resultantes, limitaciones en los recursos, como por ejemplo los electrodos.

35 Durante la fusión de la chatarra se producen en el arco considerables fluctuaciones de corriente debido a los desplazamientos de la chatarra y por las propias condiciones variables del plasma. Estas fluctuaciones de corriente originan perturbaciones en la red de distribución, que se describen mediante el llamado valor de parpadeo. Para una potencia de cortocircuito de la red dada, el valor de parpadeo se recupera proporcionalmente a la potencia del horno.

40 Los retos citados se abordan hasta ahora de diferentes modos. La potencia de fusión se automatiza, por ejemplo, adaptada a las condiciones reales de proceso; en el caso más simple, se lleva a cabo mediante regímenes de potencia basados en condiciones térmicas, tal y como se describe en Dorndorf, M., Wichert, W., Schubert, M., Kempken, J., Krüger, K.: Holistic Control of EAF's Energy and Material Flows. 3rd International Steel Conference on New Developments in Metallurgical Process Technologies, Düsseldorf, 11.-15.06.2007, S. 513-520.

45 Más recientemente, el ajuste de la potencia de fusión a las condiciones reales de proceso se lleva a cabo también a través de una regulación de la potencia basada en el ruido estructural, véase Dittmer, B., Krüger, K., Rieger, D., Matschullat, T., Döbbeler, A.: Asymmetrical Power Control of AC-EAFs by Structure-Borne Sound Evaluation, Iron & Steel Technology Conference 2010, Pittsburgh, 03.-06.05.2010, S. 937-946.

50 Fundamentalmente, con las regulaciones se evita el desgaste excesivo del recipiente de horno, para ello se tendrán en cuenta, sin embargo, prever secciones de producción con una clara reducción parcial de la potencia de fusión. Posteriormente se regula automáticamente la inyección de carbono fino y, por tanto, la formación de espuma de escoria, véase Homeyer, K.: Automatisierung der Kohlezugabe zur Schaumschlackenbildung im Lichtbogen, Dr.-Ing. Dissertation, Universität der Bundeswehr Hamburg (2000), VDI-Forschungsberichte, Serie 8, 862, VDI-, Düsseldorf

2001 y Matschullat, T., Wichert, W., Rieger, D.: Foaming Slag en More Dimensions - A New Detection Method with Carbon Control, AISTech 2007, Indianapolis 07. -10. 2007.

5 Finalmente han de citarse los esfuerzos en crear, también en la producción acero inoxidable, algún elemento similar a espuma de escoria, véase Reichel, J., Rose, L., Cotchen, J.K., Damazio, M.A., Loss, H.B., Pinto E.M.: EAF Foamy Slag en Stainless Steel Production: Industrial Experiences and Further Development, Iron & Steel Technology Conference 2010, Pittsburgh, 03. -06. 05.2010, S. 793-799.

10 Con la formación exitosa de espumas de escoria, lo que está "per se" garantizado, es también posible durante la fase de baño líquido una potencia de fusión principal con mayor potencia. Para limitar el valor de parpadeo es necesaria, en hornos de arco, una mayor potencia en las redes débiles y respectivamente, la instalación de una planta dinámica de compensación de potencia ciega. Sin embargo, con estas instalaciones es también posible una reducción de como máximo 5 veces de un valor de parpadeo.

La presente invención se basa en el objeto de realizar un incremento de la eficiencia y potencia de un horno de arco.

15 El objeto se resuelve conforme a la invención mediante un procedimiento para el funcionamiento de un horno de arco con al menos un electrodo, con lo que el material de fundición se funde en el horno de arco por medio de un arco de plasma generado por al menos un electrodo y con lo que el arco de plasma se regula, introduciendo en el plasma un aditivo que afecta a la composición del plasma. Además, para reducir la intensidad de campo del arco de plasma se aporta en el plasma por lo menos un aditivo de baja energía de ionización, particularmente un metal o sal metálica, y para elevar la intensidad de campo del arco de plasma se aporta en el plasma por lo menos un aditivo con mayor energía de ionización, particularmente un gas inerte.

20 Por composición del plasma se entiende aquí particularmente una atmósfera de plasma. Las propiedades del plasma dependen además de la composición del plasma.

Hasta ahora se partía de que la composición del plasma del arco venía dada por el proceso antes indicado. Además, la composición real del plasma determina la estabilidad y la capacidad de ignición del arco. Todo esto tiene durante la fusión una Influencia considerable sobre el comportamiento de parpadeo.

25 La presente invención se basa en la idea de introducir diversos aditivos, particularmente gases, aunque también sólidos, aerosoles y/o polvos, de manera regulada en el plasma del arco, para ajustar las propiedades del arco de plasma acertada y dinámicamente a las necesidades reales del proceso. Los aditivos se alimentan particularmente directamente en el plasma y actúan directamente sobre el plasma y modifican sus propiedades físicas y/o químicas como por ejemplo su ionizabilidad, tiempo de recombinación, conductividad y/o intensidad de campo. El comportamiento del plasma puede ajustarse selectivamente tanto a través del tipo como también de la proporción del (de los) aditivo(s) introducido(s) en el plasma. La influencia sobre la composición del plasma y, por consiguiente, del arco de plasma puede utilizarse tanto en arcos monofásicos como también en trifásicos. La regulación de la conductividad del arco de plasma puede aplicarse asimismo también a hornos de cucharas. También para las plantas de fundición especiales, como un horno reductor eléctrico (en inglés: Submerged Arc Furnace), puede transferirse el ajuste selectivo de la conductividad y/o de la intensidad de campo del arco de plasma.

35 Punto de partida es una corriente de arco constante, que se ajusta mediante una correspondiente regulación. La potencia de arco es además proporcional al producto de la longitud de arco, intensidad de campo del arco y corriente de arco. Si la corriente de arco fuera constante, la intensidad de campo y/o la longitud de arco podrían, por consiguiente modificarse, para alcanzar una potencia deseada. Mediante una modificación de la atmósfera de plasma puede ajustarse la intensidad de campo de manera definida.

El incremento de la potencia de fusión del arco de plasma mediante una modificación selectiva del plasma es sinónimo de un ajuste sin necesidad de etapas sobre las propiedades del plasma en base a las condiciones reales del plasma, por lo que se realiza un funcionamiento más silenciosos del arco con una introducción de potencia mayor y más eficiente.

45 Para reducir la intensidad de campo (y/o aumentar la conductividad) del arco de plasma se aporta en el plasma un aditivo con baja energía de ionización, particularmente un metal o sal metálica. Son apropiados para elevar la conductividad y prolongar el tiempo de recombinación del portador de carga en el plasma del arco, por ejemplo, litio, sodio, potasio y aluminio como metales o las sales correspondientes. Para el arranque y para la fundición de chatarra y/o generalmente en fundiciones no silenciosas, se modifica el plasma de forma que sea fácilmente ionizable, lentamente recombinante y tenga una alta conductividad y/o una baja intensidad de campo. El plasma con mayor conductividad y baja intensidad de campo es especialmente ventajoso en la fundición de chatarra, es decir si la proporción de sólidos en el horno de arco es alta. Mediante el aditivo se estabiliza el arco y se reduce el valor de parpadeo. Hay además una fundición de gran volumen de la chatarra.

5 Para aumentar la intensidad de campo (y/o para reducir la conductividad) del arco de plasma se aporta en el plasma de nuevo un aditivo con mayor energía de ionización, particularmente en gas inerte. Particularmente para el funcionamiento en baño líquido se modifica el plasma de forma que tenga una baja conductividad y/o alta intensidad de campo. Esto se logra, por ejemplo, mediante la inyección de helio o argón. Alternativamente también son apropiados para esta aplicación el hidrógeno y/o gases conteniendo hidrógeno, como propano, nitrógeno, así como oxígeno y/o monóxido o dióxido de carbono. Los arcos cortos resultantes significan menor carga de radiación para la pared abierta. Se obtienen además altas potencias incluso con bajos niveles de escoria. También se puede evitar la conmutación repetida de la etapa del transformador.

10 Por aditivo con mayor energía de ionización se entiende en este contexto aquel aditivo, cuya energía de ionización se encuentra por encima de 10 eV, particularmente por encima de 15 eV. A ellos pertenecen los gases nobles, así como los gases conteniendo hidrógeno, como por ejemplo el propano. Por aditivo con baja energía de ionización se entiende además aquel aditivo, cuya energía de ionización es inferior a 10 eV, particularmente inferior a 8 eV. Son aditivos con baja energía de ionización, por ejemplo, los metales alcalinos y el aluminio, así como sus sales metálicas.

15 Preferentemente se determina el estado de proceso del proceso de fusión, particularmente el estado real del proceso, y en función del estado del proceso se regula la intensidad de campo (y/o la conductividad) del arco de plasma. Se entiende por estado de proceso en este contexto el estado real de proceso del proceso de fusión. El proceso de fusión muestra diversas fases de desarrollo, en las que la relación entre el sólido y el baño líquido en el horno de arco se distingue porque los requisitos del arco son asimismo diferentes. La determinación del estado real de proceso del proceso de fusión es, por consiguiente, la condición para una regulación óptima de las propiedades del arco y, por consiguiente, un incremento de la eficiencia y/o de la potencia del horno de arco. La detección del estado actual del proceso se lleva a cabo por ejemplo a través de la energía aportada. Para una descripción más precisa del proceso de fusión pueden utilizarse particularmente el estado térmico del horno de arco, el curso temporal de la corriente y de las tensiones, así como las señales acústicas en general o las acústicas estructurales de los electrodos.

25 Además del tipo del aditivo introducido, se prevé también un ajuste de las condiciones y/o propiedades del plasma también a través de la cantidad de, al menos, un aditivo. La cantidad de, al menos, un aditivo introducido se deduce del volumen del arco; es, por tanto, proporcional a la potencia del arco. Preferentemente se dosifica, por tanto, la cantidad de los aditivos introducidos en el rango de 0,1 a 50 m³/h por MW de potencia del arco, particularmente en el rango de 5 a 10 m³/h por MW de potencia del arco. Eficazmente se lleva a cabo un control indirecto a través de la presión previa P_{abs} del sistema.

30 Conforme a un modo de ejecución preferente, los aditivos son gaseosos o se encuentran como aerosol y se dosifican a través de una regulación de la presión del gas. La regulación de la corriente gaseosa se basa aquí particularmente en la determinación del estado del proceso, por ejemplo a una carga térmica demasiado alta del recipiente del horno se tomarán las correspondientes medidas para regular el arco de plasma. Complementaria- o alternativamente, para la regulación de la corriente gaseosa puede existir un diagrama de manejo del horno de arco, basado en datos empíricos.

35 Más favorablemente se configura el, al menos un, electrodo como electrodo hueco y al menos un aditivo se aporta a través del electrodo. Si se integra una alimentación de gas en el electrodo de grafito, esto conlleva el efecto secundario positivo de que el gas inyectado enfría el electrodo y, dado el caso, hasta lo envuelve, lo que reduce la combustión del electrodo durante la operación del electrodo. En el caso de un electrodo de grafito puede conllevar, en función del aditivo introducido, también una reacción de reformado, que conduce asimismo a un enfriamiento del electrodo debido a su consumo de energía.

40 Alternativa o complementariamente al electrodo hueco, los aditivos se aportan más favorablemente mediante inyectores a través de una pared abierta o cubierta abierta en el horno de arco o los aditivos se inyectan mediante tapones porosos en el fondo del horno de arco. Los dispositivos de alimentación o inyectores separados en la pared abierta, en la cubierta abierta o en el fondo del horno desembocan particularmente lo más cerca posible del electrodo y, por consiguiente, del plasma, de forma que el aditivo se inyecte particularmente directamente en el plasma.

45 El objeto se resuelve además conforme a la invención mediante un dispositivo de procesamiento de señales para un horno de arco eléctrico, con un código de programa mecánicamente legible allí almacenado, que presenta instrucciones de control, que generan que el dispositivo de procesamiento de señales ejecute el procedimiento según uno de los modos de ejecución descritos. El objeto se resuelve además conforme a la invención con un código de programa mecánicamente legible para un dispositivo de procesamiento de señales para un horno de arco, con lo que el código de programa mecánicamente legible allí almacenado presenta instrucciones de control, que provocan que el dispositivo de procesamiento de señales ejecute el procedimiento según uno de los modos de

ejecución descritos. El objeto se resuelve además conforme a la invención mediante un medio de almacenamiento con un código de programa mecánicamente legible allí almacenado.

Finalmente, el objeto conforme a la invención se resuelve mediante un horno de arco, particularmente un horno de arco eléctrico, con al menos un electrodo para fundir un elemento fusible por medio de un arco de plasma generado por al menos un electrodo y con el dispositivo de procesamiento de señales antes indicado. El electrodo se configura además preferentemente como electrodo hueco para la alimentación de los aditivos. Aparte de esto se prevén inyectores convenientes para los aditivos en una pared abierta o en una cubierta abierta o tapones porosos para la inyección de los aditivos en el fondo del horno de arco eléctrico.

El incremento de la conductividad del plasma y el retardo de la recombinación en las fusiones de chatarra conllevan un funcionamiento claramente más estable del arco con considerablemente menores fluctuaciones de corriente y valores de parpadeo y una evolución sinusoidal de la corriente. Asimismo el arco estable actúa positivamente sobre la erosión del electrodo.

Un ejemplo de ejecución de la invención se describe más en detalle en base a un diseño. Aquí muestran:

FIG 1 una conducción de un horno de arco eléctrico convencional,

FIG 2 una conducción óptima de un horno de arco con una regulación del plasma y

FIG 3 un diagrama de bloques de la regulación de inyección de un aditivo influyente sobre la composición del plasma.

En las FIG 1 y 2 se muestra la evolución de las etapas del transformador TS, de una potencia activa WL [MW], así como de una longitud del arco L [cm] a lo largo del tiempo t [min] durante la operación de un horno de arco eléctrico convencional (FIG 1) y de un horno de arco con una regulación del plasma a través de un aditivo (FIG 2).

En ambos modos de operación se carga el horno de arco correspondiente, mostrado aquí en detalle con un cesto de materiales de fundición sólidos y se pone en funcionamiento. El encendido del arco se lleva a cabo aproximadamente en el minuto 3. En la siguiente fusión del material de fundición, los arcos arden debido a la dinámica del material aportado y el desplazamiento de la base de forma relativamente inestable. Conforme a la FIG 2 se añade, por tanto, al plasma del arco un aditivo con mayor energía de ionización, como por ejemplo gas inerte, hidrógeno o metano, para elevar la conductividad del plasma y/o reducir su intensidad de campo. La longitud del arco alcanza aquí particularmente aprox. 70 cm, es decir es aproximadamente 20 cm más larga que la longitud del arco en los hornos de arco convencionalmente empleados conforme a la FIG 1. El arco de plasma alargado funde la chatarra sólida en mayor volumen que el arco conforme a la FIG 1. Existe además una operación de fundición más eficiente, que tiene como consecuencia una menor demanda energética. El ajuste de la conductividad del horno tiene además la ventaja de que reduce claramente las fluctuaciones de corriente y particularmente el valor de parpadeo. Mediante la existencia de una atmósfera de plasma apropiada puede obtenerse en adelante una evolución sinusoidal de la corriente y la tensión del arco. El coeficiente de distorsión de la corriente y/o los armónicos de la corriente se atenúan, por tanto, claramente. Correspondientemente pueden suprimirse circuitos filtrantes y/o cargar menos la red de distribución.

Aproximadamente 15 min tras el inicio del proceso de fusión se aporta al respectivo horno de arco eléctrico una segunda cesta con chatarra. Para la fusión del segundo cesto se alarga asimismo el arco.

Aproximadamente a partir de minuto 24 también el sólido del segundo cesto está ya fundido. Para que ahora no se emita demasiada radiación a las paredes abiertas, se ajustará conforme a la FIG 2 la conductividad baja y la longitud del arco L más corta, introduciendo en el arco de plasma un metal o sal metálica fácilmente ionizables, por ejemplo aluminio, calcio o potasio. Puede verificarse además una reducción de la carga de radiación de en torno a 2/3 o para la misma carga de radiación se obtiene una potencia de fusión un 50% mayor. Además, mediante el ajuste del plasma se evita una conmutación múltiple de las etapas del transformador TS, tal y como puede deducirse de la comparación de las FIG 1 y 2 en el intervalo entre el minuto 24 y el minuto 37. De la comparación de ambas figuras puede deducirse además que el proceso de fusión en un modo de operación óptimo con un ajuste de la conductividad del plasma es menor que en los hornos de arco accionados convencionalmente.

Un diagrama de bloques para una regulación continua de la composición del plasma en el funcionamiento optimizado de un horno de arco mostrado en detalle se representa en la FIG 3. La regulación se basa en una determinación de un estado del proceso en el horno de arco, ajustándose en función del estado del proceso las propiedades del plasma, particularmente su intensidad de campo.

5 Como magnitud de entrada de un arco de plasma 2 generado en el horno de arco eléctrico sirve el punto de operación eléctrico 4, dado por una regulación de potencia del horno de arco eléctrico. Además es interesante, que la proporción Δ de la longitud del arco L filtra la espuma de escoria o los escombros de chatarra. Con H se designa en este contexto una altura de espuma de escoria. Como esta proporción Δ conlleva incrementar la carga térmica, se pueden emplear como medida de ésta las temperaturas del agua de refrigeración T del recipiente del horno. Las temperaturas T determinadas se introducen junto con la energía específica aportada en el insumo E_{sp} en un dispositivo de procesamiento de señales 8.

10 Paralelamente a la determinación del estado térmico del horno de arco eléctrico se realizan mediciones del ruido estructural y de mediciones de la corriente, que suministran directamente informaciones respecto a, en qué medida los arcos se comportan y cuanto establemente arden. Las señales de medida 10, 12 de estas mediciones se introducen asimismo en la unidad de control o regulación 8.

15 En función de las informaciones de entrada se calcula por medio del dispositivo de procesamiento de señales 8 la cantidad y el tipo de los aditivos ZS_1 , ZS_2 , que se introducirán en el arco 2. La cantidad de aditivo ZS_1 , ZS_2 es además proporcional a la potencia del horno de arco. En el caso de un aditivo gaseoso ZS_1 , ZS_2 , se dosificará particularmente a través de una presión del gas en la línea para el aditivo ZS_1 , ZS_2 . El aporte del aditivo ZS_1 , ZS_2 sucede particularmente a través de un electrodo hueco del horno de arco eléctrico, alternativamente se pueden prever dispositivos de alimentación o inyectores en las paredes, la tapa o el fondo del horno de arco.

20 Es válido en general durante la regulación de la composición del plasma a través de los aditivos ZS_1 , ZS_2 , en caso de fusión de chatarra, particularmente al inicio del proceso de fusión, que sea necesario un plasma con alta conductividad; por ello se aporta al plasma el aditivo ZS_1 con baja energía de ionización y en un baño predominantemente líquido en el horno de arco, particularmente al final del proceso de fusión, se ajusta a la baja la conductividad del plasma, introduciendo el aditivo ZS_2 con mayor energía de ionización en el arco.

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de un horno de arco eléctrico con al menos un electrodo, donde un material de fundición se funde en el horno de arco eléctrico por medio de un arco de plasma (2) generado por al menos un electrodo, caracterizado porque el arco de plasma (2) se regula, gracias a que uno o varios aditivos (ZS_1 , ZS_2), que influyen sobre la composición del plasma, se aportan en el plasma, con lo que para reducir la intensidad de campo del arco de plasma (2) se aporta en el plasma por lo menos un aditivo (ZS_1) con baja energía de ionización, particularmente un metal o sal metálica, y para aumentar la intensidad de campo del arco de plasma (2) se aporta en el plasma por lo menos un aditivo (ZS_2) con mayor energía de ionización, particularmente un gas inerte.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se determina un estado del proceso del proceso de fusión y la intensidad de campo del arco de plasma se regula en función del estado del proceso.
3. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque la cantidad de aditivos introducidos (ZS_1 , ZS_2) se dosifica en el rango de 0,1-50 m³/h por MW de potencia del arco, particularmente en el rango de 5-10 m³/h por MW de potencia del arco.
- 15 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la cantidad de aditivos introducidos se regula por una presión de admisión P_{abs} .
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los aditivos (ZS_1 , ZS_2) se encuentran en estado gaseoso o como aerosol y se dosifican controlando la presión del gas.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el, al menos un, electrodo se configura como electrodo hueco y los aditivos (ZS_1 , ZS_2) se alimentan por medio del electrodo.
- 20 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los aditivos (ZS_1 , ZS_2) se inyectan en el horno de arco eléctrico a través de inyectoras a través de una pared abierta o una cubierta abierta.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los aditivos (ZS_1 , ZS_2) se inyectan a través de tapones porosos en el fondo del horno de arco eléctrico.
- 25 9. Dispositivo de procesamiento de señales (8) para un horno de arco eléctrico, con un código de programa mecánicamente legible con instrucciones de control, que provocan que el dispositivo de procesamiento de señales (8) ejecute el procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 30 10. Código de programa mecánicamente legible para un dispositivo de procesamiento de señales (8) para un horno de arco eléctrico, presentando el código de programa mecánicamente legible allí almacenado instrucciones de control, que provocan que el dispositivo de procesamiento de señales ejecute el procedimiento según al menos una de las reivindicaciones 1 a 8.
11. medio de almacenamiento con un código de programa mecánicamente legible allí almacenado según la reivindicación 10.
- 35 12. Horno de arco eléctrico con al menos un electrodo para la fusión de un material de fundición por medio de un arco de plasma (2) generado por al menos un electrodo y con un dispositivo de procesamiento de señales (8) según la reivindicación 9.
13. Horno de arco eléctrico según la reivindicación 12, caracterizado porque el electrodo se configura como electrodo hueco para la alimentación de los aditivos (ZS_1 , ZS_2).
14. Horno de arco eléctrico según la reivindicación 12 ó 13, caracterizado porque en una pared abierta o en una cubierta abierta se prevén inyectoras para los aditivos (ZS_1 , ZS_2).
- 40 15. Horno de arco eléctrico según al menos una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado porque en el fondo del horno de arco eléctrico se prevén tapones porosos para la inyección de los aditivos (ZS_1 , ZS_2).

FIG 1

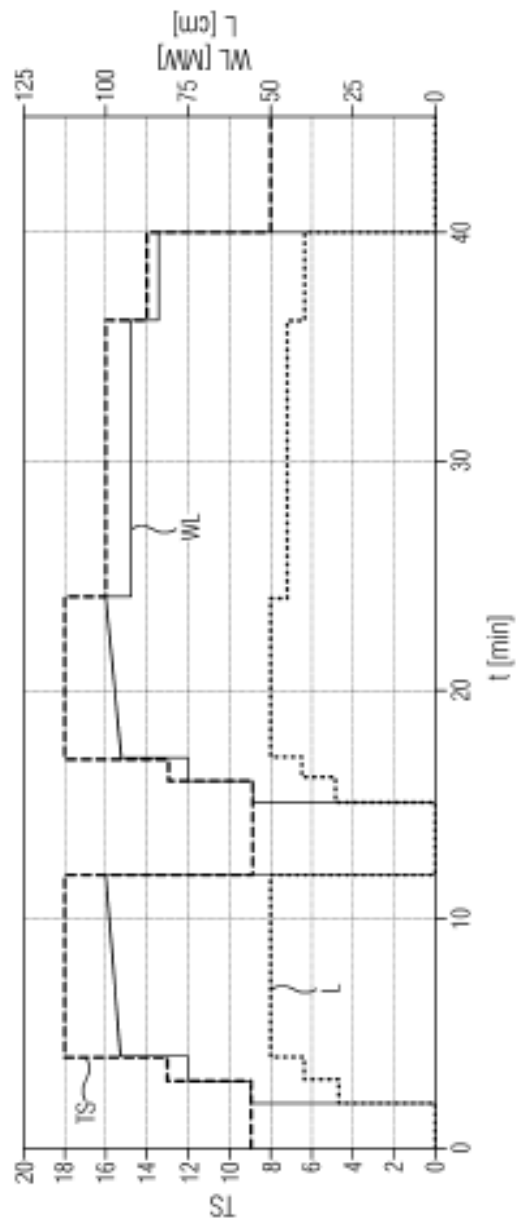


FIG 2

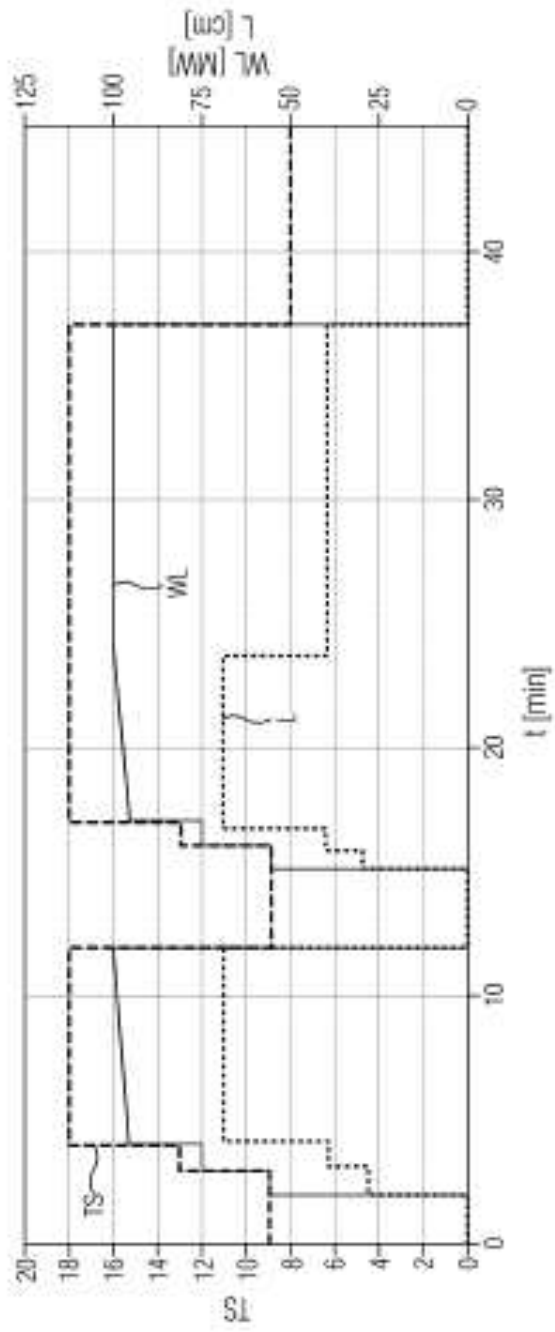


FIG 3

